



Prof. dr. Dalibor Ballian
Doc. dr. Velid Halilović



VARIJABILNOST
OBIČNE JELE
(Abies alba Mill.)
U BOSNI I HERCEGOVINI



Sarajevo,
2016. godine

IMPRESSUM

ZNANSTVENA MONOGRAFIJA

Varijabilnost obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini

IZDAVAČ: Udruženje inženjera i tehničara šumarstva Federacije Bosne i Hercegovine (UŠIT FBiH)

SUIZDAVAČ: *Silva Slovenica* - izdavački centar Šumarskog instituta Slovenije, Ljubljana

GODINA IZDANJA: 2016.

RECENZENTI: Prof. dr. Davorin Kajba, Prof. dr. Milan Mataruga

TEHNIČKA UREDNICA: Leila Čmajčanin, Art7

LEKTOR I KOREKTOR: Samira Mazalović

GRAFIČKI DIZAJN I TEHNIČKA PRIPREMA: ART 7

AUTOR FOTOGRAFIJA NA OMOTU: Prof. dr. Faruk Bogunić

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i univerzitetska biblioteka
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

582.475(497.6)

BALLIAN, Dalibor
Varijabilnost obične jele (*Abies alba* Mill.) u
Bosni i Hercegovini [Elektronski izvor] /
Dalibor Ballian, Velid Halilović. - Sarajevo :
Udruženje inženjera i tehničara šumarstva
Federacije Bosne i Hercegovine ; Ljubljana :
Silva Slovenica - izdavački centar
Šumarskog instituta Slovenije, 2016

Sistemski zahtjevi nisu navedeni
Dostupno i na: <https://www.usitfbih.ba>. -
Nasl. s nasl. ekrana

ISBN 978-9926-8071-0-8
(Udruženje inženjera i tehničara šumarstva
Federacije Bosne i Hercegovine)
1. Halilović, Velid
COBISS.BH-ID 22841862



Ova publikacija je sufinansirana iz LIFE GEN MON projekta, koji je financijski podržan od strane LIFE (Financijskog instrumenta za okoliš) Europske unije, Ministarstva zaštite okoliša i prostornog planiranja Slovenije i Šumarskog instituta Slovenije.



Ova publikacija je tiskana u suradnji sa *Silva Slovenica* izdavačkim centrom Šumarskog instituta Slovenije, Ljubljana, Slovenija



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Nijedan dio ove knjige ne smije se umnožavati ili na bilo koji način reproducirati bez dopuštenja autora.

Prof. dr. Dalibor Ballian
Doc. dr. Velid Halilović

VARIJABILNOST
OBIČNE JELE
(*Abies alba* Mill.)
U BOSNI I HERCEGOVINI

Sarajevo, Ljubljana
2016. godine

PREDGOVOR

Posljednjih se desetljeća u susjednim zemljama i Europi objavio veliki broj monografija vezanih za ekonomski značajne vrste šumskog drveća. U te monografije su ugrađene mnoge spoznaje iz brojnih suvremenih istraživanja koja su aktualna za suvremeno šumarstvo. U Bosni i Hercegovini za sada nemamo takvih kapitalnih publikacija, te se već duže vrijeme osjeti njihov nedostatak. To nas je potaknulo da krenemo u izradu ove manje i usko specijalizirane monografije o običnoj jeli, za nas najvrednijoj vrsti među četinjačama. Sama monografija sadržava suvremena istraživanja o varijabilnosti jele u Bosni i Hercegovini i njoj genetskoj strukturi do koje se došlo kroz niz istraživanja tijekom proteklih 18 godina. Većina podataka je ranije objavljena u brojnim znanstvenim radovima kod nas i u inozemstvu, ali ima i jedan dio podataka koji se prvi put objavljuje.

U monografiji se mogu naći i osnovni podaci o sistematici obične jele, njoj morfologiji, rasprostriranju i ekologiji obične jele, te praktične i osnovne znanstvene spoznaje o morfološkoj varijabilnosti i genetskoj strukturi na temelju cpDNK, mtDNK i izoenzima. Iako su kroz monografiju i rasprave prikazana i brojna svjetska iskustva s jelom, ipak srž ove knjige je prilagođena potrebama bosanskohercegovačkog šumarstva i svih ostalih koji žele proširiti svoja saznanja o običnoj jeli, kraljici bosanskohercegovačkih šuma.

Prilikom rada na ovoj monografiji susretali smo se sa brojnim problemima i izazovima, te su nam brojne kolege izašle u susret i pomogli u realizaciji ovog za nas veoma značajnog posla. Zahvalnost dugujemo i kolegi prof. dr. Faruku Boguniću zbog pomoći pri izradi fotografija sa morfološkim detaljima cvijeta, češera, sjemena i iglica obične jele, što poglavlju morfologije daje posebnu vrijednost i specifičnost.

Zahvalu dugujemo kolegama i šumarskim poduzećima koji su nam tijekom 18 godina nesebično pomagali prilikom sabiranja materijala za brojna istraživanja koja smo provodili s običnom jelom, kao i na postavljanju terenskih pokusa. Nadam se da nam kolege neće zamjeriti što ih nismo poimenično pobrojali, ali bi spisak bio jako veliki i moglo bi nam se desiti da smo koga izostavili. Ipak svi se mogu prepoznati kada pročitaju ovu monografiju i vide koji je materijal obrađen.

Recenzentima se posebno zahvaljujemo na primjedbama i korisnim prijedlozima, čime su znatno unaprijedili i poboljšali tekst. Unaprijed zahvaljujemo svim kolegama i čitateljima koji će nas upozoriti na propuste ili nedostatke u tekstu kako bismo zajednički pridonijeli proširenju znanja o toj problematici.

Autori
Sarajevo, 2016.

SADRŽAJ

UVOD	11
SISTEMATIKA OBIČNE JELE	21
<i>Pregled taksonomskih jedinica s njihovim osnovnim karakteristikama</i>	23
MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE OBIČNE JELE	26
PRIRODNA RASPROSTRANJENOST OBIČNE JELE	30
DINAMIKA POPULACIJA OBIČNE JELE	37
EKOLOŠKE OSOBITOSTI OBIČNE JELE	44
Klimatski uvjeti	44
<i>Svjetlost</i>	44
<i>Toplina</i>	45
<i>Vlaga</i>	45
Uvjeti tla	45
Priraščivanje	46
Uzgojna svojstva jele	47
Ekološko-vegetacijska pripadnost obične jele	49
Pripanonska oblast	50
1. Sjevernobosansko područje	50
2. Sjeverozapadno bosansko područje	51
Prelazno ilirsko-mezijska oblast	51
1. Donje-drinsko područje	51
2. Gornje-drinsko područje	52
Oblast unutrašnjih Dinarida	53
1. Područje cazinske Krajine	53
2. Zapadnobosansko vapnenačko-dolomitno područje	53
3. Srednjobosansko područje	54
4. Zavidovičko-tesličko područje	55
5. Područje istočnobosanske visoravni	56
6. Jugoistočnobosansko područje	56
Mediteransko-dinarska oblast	58
1. Submediteransko-planinsko područje	58
2. Submediteransko područje	59
Pregled najznačajnijih fitocenoza obične jele	59

ISTRAŽIVANJA VARIJABILNOSTI

OBIČNE JELE U BOSNI I HERCEGOVINI 63

MORFOLOŠKO-FIZIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA 64

ISTRAŽIVANJA ČEŠERA I SJEMENA

OBIČNE JELE U SREDIŠNJOJ BOSNI 64

Izbor i opis terenskih objekata 64

Način skupljanja uzoraka i mjerenja istraživanih svojstava 65

Obrada podataka istraživanih svojstava 67

Morfologija češera 67

 Dužina češera 67

 Širina češera na sredini dužine 69

 Širina češera 2 cm od baze češera 72

 Širina češera 1 cm od vrha češera 73

Morfologija sjemena 74

 Dužina sjemena s krilcem 74

 Širina krilca na najširem dijelu 78

 Dužina sjemena 79

 Širina sjemena na širem dijelu 80

 Debljina sjemena 81

 Težina 1.000 komada sjemenki 81

Morfologija ljuske češera 83

 Dužina ljuske češera 83

 Širina ljuske češera 84

Klijavost sjemena 85

 Energija klijavosti sjemena 85

 Klijavost sjemena 88

PROCJENA GENETSKOG OPTEREĆENJA NA TEMELJU

ISTRAŽIVANIH FIZIOLOŠKIH SVOJSTAVA SJEMENA OBIČNE JELE 90

Izbor i opis terenskih objekata 90

Obrada podataka 90

Deskriptivna analiza 91

Analiza varijanse za subpopulacije 92

Analiza varijanse za populacije 93

Diskriminantna analiza 94

<i>Klaster analiza</i>	95
Korelacijske veze istraživanih svojstava	96
PRIMJENA MULTIVARIJATNE ANALIZE	
PRI OCJENI MEĐUPOPULACIJSKE VARIJABILNOSTI	
OBIČNE JELE IZ PET POPULACIJA SREDIŠNJE BOSNE	100
Analiza varijanse	101
Analiza kovarijanse	102
Diskriminantna analiza	102
Regresiona analiza	105
TESTIRANJE POLUSRODNIKA I PROVENIJENCIJA OBIČNE JELE	110
RANO TESTIRANJE POLUSRODNIKA	
OBIČNE JELE U RASADNIKU BUSOVAČA	110
Svojstva majčinskih stabala	113
Unutarpopulacijska varijabilnost	114
a) Populacija Fojnica	114
b) Populacija Kakanj	115
c) Populacija Igman	115
d) Populacija Crepoljsko	115
e) Populacija Olovo	116
Međupopulacijska varijabilnost	116
<i>Promjer iznad vrata korijena</i>	117
Promjer iznad vrata korijena u prvoj godini	117
Promjer iznad vrata korijena u drugoj godini	118
Promjer iznad korijenovog vrata u trećoj godini	120
Promjer iznad korijenovog vrata u četvrtoj godini	121
<i>Visina sijanaca</i>	123
Visina sijanaca u prvoj godini	123
Visina sijanaca u drugoj godini	125
Visine u trećoj godini	127
Visine biljaka u četvrtoj godini	128
<i>Broj bočnih izbojaka</i>	130
Broj bočnih izbojaka u trećoj godini	130
Broj bočnih izbojaka u četvrtoj godini	132
<i>Stupanj vitkosti</i>	133
Stupanj vitkosti u trećoj godini	133
Stupanj vitkosti u četvrtoj godini	134
Korelacijski odnosi	135

Korelacijski odnos prsnog promjera majčinskog stabla	
i promjera iznad vrata korijena linije polusrodnika	135
a. Prva godina	135
b. Druga godina	136
Korelacijski odnos visine majčinskog stabla	
i visine biljaka linije polusrodnika	136
a. Prva godina	136
b. Druga godina	137
Korelacijski odnos apsolutne mase sjemena (1.000 kom.)	
i promjera iznad vrata korijena linije polusrodnika	137
a. Prva godina	137
b. Druga godina	137
Korelacijski odnos apsolutne mase sjemena (1.000 kom.)	
i visine biljaka linije polusrodnika	137
a. Prva godina	137
b. Druga godina	137
ISTRAŽIVANJE VARIJABILNOSTI MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA	
OBIČNE JELE U TESTU PROVENIJENCIJA DELIMUSA	140
Opis staništa na kome je podignut provenijenični test	142
Priprema površine i shema testa	144
Premjer pokusa	146
Statistička obrada podataka	147
Preživljavanje biljaka	148
Pojava rašljivosti	149
Visina biljaka	149
Visinski prirast	156
<i>Promjer biljaka</i>	<i>161</i>
Promjer na vratu korijena	161
Prsni promjer	163
Odnos između visina biljaka i promjera na vratu korijena	
po provenijencijama u 5-toj i 20-toj godini starosti	165
Stupanj vitkosti	167
Broj grana u pršljenu	169
Analiza asimilacijskog aparata	174
Analiza broja iglica po cm dužnom po provenijencijama i područjima	174
Analiza dužine i širine iglica po provenijencijama i područjima	176
Unutarpopulacijska varijabilnost	178
Korelacijska analiza ispitivanih morfoloških pokazatelja	180
<i>Klaster analiza</i>	<i>182</i>
Morfološke karakteristike	184

MOLEKULARNA I BIOKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA	192
ANALIZA KLOOROPLASTNE DNK KOD OBIČNE JELE	192
Izbor i opis terenskih objekata	192
Izbor stabala	193
Način skupljanja uzoraka	193
Metoda izolacije ukupne DNK	194
Lančana reakcija polimerazom (PCR)	195
Elektroforeza na poliakrilamidnom gelu	197
Očitavanje gelova i statistička obrada podataka	199
<i>Genetska varijabilnost haplotipova</i>	202
Broj nađenih haplotipova	202
Broj haplotipova (H)	203
Postotak specifičnih haplotipova u populaciji (Ph)	204
Efektivni broj haplotipova	205
Haplotipska raznolikost	205
Unutarpopulacijska varijabilnost s alelnim vrijednostima (Sw)	206
Haperdingov test	207
Haplotipska diferencijacija između individua unutar populacije (Xij)	207
<i>Međupopulacijska varijabilnost na temelju cpDNK analize</i>	207
Međupopulacijska odstupanja dobivena metodom parova (FST/GST)	207
Međupopulacijska odstupanja ustanovljena linearnom metodom parova	208
Cjelokupna haplotipska (Rts) odstupanja dobivena metodom parova	209
Linearna cjelokupna haplotipska (Rts) odstupanja (-ln (1-Rst))	209
Ukupna raznolikost (diferencijacija) među populacijama	210
PCA na temelju parova (1-Rst)	211
ANALIZA OBIČNE JELE MITIHONDRIJSKOM DNK (mtDNK)	216
Rezultati analize mtDNK i geografska distribucija haplotipova	217
TAKSONOMSKA ISTRAŽIVANJA OBIČNE JELE -	
SLUČAJ SUBMEDITERANSKE POPULACIJE BOKOVO	223
<i>IZOENZIMSKE ANALIZE</i>	224
<i>ANALIZA MITOHONDRIJSKE DNK</i>	226
IZOENZIMSKE ANALIZE POPULACIJA	
OBIČNE JELE U BOSNI I HERCEGOVINI	232
Izbor i opis terenskih objekata	232
Izbor stabala	232
Izoenzimi	234
Metoda pripreve macerata	234

Priprava gela	235
Elektroforeza	235
Očitavanje gelova i statistička obrada podataka	236
Genetska raznolikost enzimskih sustava	236
Alelna raznolikost	237
Osnovni genetski pokazatelji	250
Heterozigotna raznolikost	253
Raznolikost	255
Fiksacijski indeks (Wrightov koeficijent inbridinga)	255
Diferenciranost	257
<i>Klaster</i> - na temelju odstojanja po Gregoriusu (1978) i binarne matrice alela	257
Analiza hibridne zone prema istraživanim alelima	259
PROCJENA GENETIČKOG OPTEREĆENJA U NEKIM SASTOJINAMA OBIČNE JELE NA TEMELJU FIKSACIJSKOG INDEKSA I NJEGOV ZNAČAJ	
	271
GENETSKA STRUKTURA OBIČNE JELE SA PODRUČJA OČEVIJE	
	279
Genetska varijabilnost enzimskih sustava	280
Enzimsku varijabilnost	280
Raznolikost alela	280
Raznolikost genotipova	281
Heterozigotna raznolikost	281
Raznolikost	282
Unutarpopulacijska diferencijacija	283
PREPORUKE ZA GOSPODARENJE OBIČNOM JELOM NA TEMELJU GENETSKIH ISTRAŽIVANJA	
	287
Genetske razlike između populacija zbog različitih uvjeta okoline	287
Očuvanje genetske raznolikosti	290
Očuvanje genetske raznolikosti prirodnim pomlađivanjem	290
Preporuke za održavanje genetske raznolikosti	290
Potvrda genetskog bogatstva u populacijama	295
Broj potrebnih populacija za banke gena <i>in situ</i>	297
Obnova genetskih potencijala	301
LITERATURA	302
SAŽETAK	328
SUMMARY	337



UVOD

Obična je jela (*Abies alba* Mill.), jedna od najznačajnijih vrsta šumskog drveća s gospodarskog i ekološkog stajališta u Bosni i Hercegovini, a i u više srednjoeuropskih zemalja.

Ime *Abies* (Jela) proizlazi iz riječi "Abed", stare riječi iz latinskog jezika, a znači drvo - jela (Dallimore i Jackson 1967, Weber 1987). Teofrast je još davne (371-286 BC), napisao da obična jela raste na planini Ida (danas Kaz Dag u Turskoj) koja se koristi u brodogradnji, a vjerovatno se odnosi na trojanski jelu *Abies equi-trojani* (Thanos 2003), ili možda na *Abies cephalonica* Loud. i / ili *Abies pectinata* DC. (sad *Abies alba* Mill.) (Thanos 2003). Spomen imena jela (*Alba*) prvi put je dao Plinije Stariji u djelu *Historiae Naturalis* iz 77 godine (Liu 1971).

Da bi se shvatio kakav je to značaj jelovih šuma treba nešto reći i o strukturi šuma i šumskih tala. Bosna i Hercegovina raspolaže sa 2.710.000 ha šuma i šumskog tla, što je oko 53% od njene površine (Matić i sur. 1971, Stojanović i sur. 1986). U strukturi šuma i šumskih tala možemo primijetiti da su visoke šume zastupljene na 51,10% površine šuma, izdanačke šume 38,70%, šikare 4%, te goleti i čistine sa 5,80% i ostale neproduktivne površine sa 0,40% (Višnjjić i sur. 2010), a jela je zastupljena u mješovitim šumama bukve i jele, te bukve, jele i smreke, i vrlo



Slika 1. Čista sastojina obične jele na planini Vranici (Središnja Bosna)

rijetko čistim šumama jele, na površini od oko 50% svih visokih šuma. Obična jela u gorskom pojasu gradi šumske zajednice sa smrekom i ponekad s običnim borom, te sa bukvom, kao našu najznačajniju šumsku zajednicu, zajednicu bukovo-jelovih šuma (*Abieti fagetum*) (Stefanović 1977; Stefanović i sur 1983; Beus 1984). Treba naglasiti da obična jela kod nas predstavlja najznačajniju vrstu četinjača u šest dobro očuvanih i zaštićenih prašuma i to Ravna Vala na Bjelašnici (Pintarić 1978, 1997), Janj (Maunaga i sur. 2001), Lom (Maunaga i sur. 2001), Trstionica (Ballian i Mikić 2002), Plješevica (Višnjić i sur. 2009), i prašumi Perućica (Fukarek 1962, 1964a, 1964b; Leibungut 1982; Stefanović 1970, 1988).

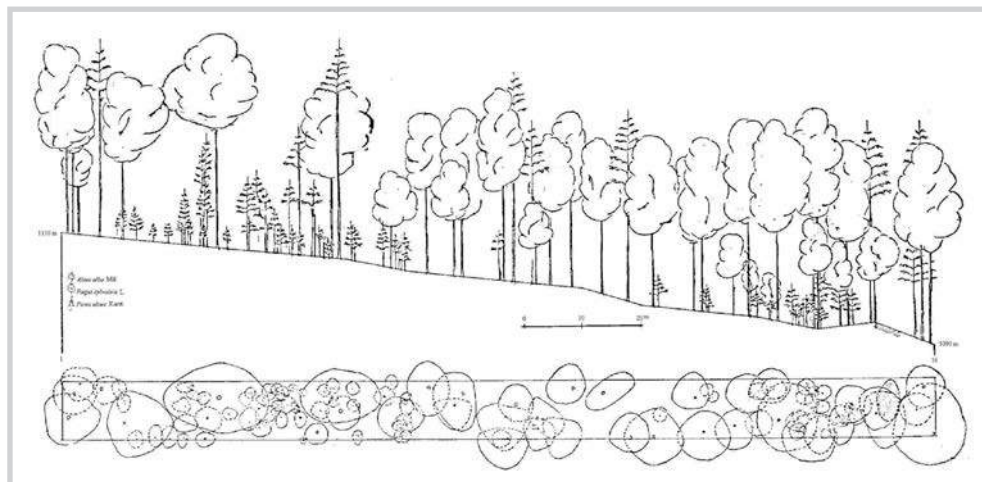
Ukupna površina šuma gdje je zastupljena jela, čistih i mješovitih, iznosi 562.237 ha ili u oko 50% svih visokih šuma, sa ukupnom masom drvine zalihe obične jele u šumama od 63.923.000 m³, što je oko 23% od ukupne drvine zalihe unutar svih visokih šuma pa je i takvo učešće jelovog drveta u drvo prerađivačkim pogonima (Uščuplić 1992). Ti podaci ukazuju na to koliko je obična jela značajna za naše proizvodno šumarstvo. Jela ima jako važnu ulogu u šumarstvima i drvnoj preradi, u nekim europskim zemljama, te pridolazi na značajnim šumskim površinama: u Hrvatskoj 200.000 ha (Vukelić i Baričević 2001), Švicarskoj 180.000 ha (LFI 1988), u Češkoj na 28.000 ha (Anonimus 1993), u Slovačkoj na 87.664 ha (Anonimus 1993), u Poljskoj na 215.600 ha (Hutte 1986), u Sloveniji na 100.670 ha (Remič 1988), u Ukrajini na 90.000 ha (Švidenko 1980), u Rumunjskoj na 300.000 (Radu 1994; Barbu i Barbu 2005), u Bugarskoj na 31.939 ha (Dobrinov i Gagov 1985), u Italiji na 200.000 ha (Bernetti 1995), u Njemačkoj na 150.000 ha (osobni kontakt sa dr. Wolfgangom Tzschupkeom).

Kada govorimo o običnoj jeli, treba naglasiti da rod *Abies* obuhvaća veći broj vrsta koje su prirodno rasprostranjene u sjevernoj hemisferi. U Europi osim obične jele pridolaze još *Abies cephalonica* i *Abies pinsapo* i dva spontana hibrida, križanca obične jele i grčke jele, *Abies borisii regis* i *Abies nebrodensis*. U Sjevernoj Americi najznačajnije su *Abies concolor*, *Abies grandis*, *Abies procera* itd., u Aziji *Abies sibirica*, *Abies koreana*, itd.. U području sjeverozapadne Afrike, točnije u Maroku i Alžiru na Atlaskom Gorju raširene su, *Abies marocana* i *Abies numidica*, a na području Male Azije, *Abies cilica* i *Abies nordmanniana*. Značajno je da se šest vrsta jela, među njima i obična jela, nalazi u području Sredozemnog mora, odnosno submediterana. Ipak, najčešće

područje rasprostiranja obične jele jest središnja Europa i Balkanski poluotok (Vidaković 1982, 1993).

Tijekom posljednjih desetak milenija obična jela je bila izložena stalnom dinamičnom kretanju, odnosno migraciji iz svojih glacijalnih pribježišta koja su se nalazila na jugu Europe, prema središnjoj, zapadnoj i istočnoj Europi, te formiranju svog današnjeg rasprostiranja. Te su migracije šumskog drveća uzrokovane periodičnim, velikim klimatskim promjenama, a što je i najvažniji čimbenik tih migracija. Nakon zadnje velike glacijacije, koja je trajala oko 100.000 godina, a maksimum dosegla prije nekih 15.000 godina, sve populacije šumskog drveća umjerene zone, u Holocenskim populacijama preživljavaju u nekoliko glacijalnih pribježišta na jugu Europe i sjeverne Afrike (Petit i sur. 2002a i b, Slade 2001, Fady 2005, Slade i sur. 2008), te nakon zatopljenja i kreću u širenje ka sjeveru (Sitte i sur. 1998). Tako je krenula u migraciju i obična jela iz svoja tri pribježišta, centralnih Apenina, juga Balkanskog poluotoka i centralnog masiva u Francuskoj, dok su dva pribježišta ostala izolirana, ono u Kalabriji na jugu Apenina i ono smješteno na Pirinejima (Konnert i Bergmann 1995). Prije provedenoga istraživanja od strane Konnert i Bergmanna (1995), najbolji prikaz tih dinamičnih seoba drveća, pa i obične jele dobiven je pomoću analize peludi (Ravazzi 2002), mada nepotpun, posebno za područje Balkana. Za sada se uspješnim pokazao prikaz općih smjerova kretanja šumskog drveća u Europi od strane Huntley i Birksa (1983), a time se ukazivalo i na moguća glacijalna pribježišta. Ta istraživanja sa peludi nisu mogla da daju odgovore gdje i kad je došlo do kontakta između populacija i individua podrijetlom iz različitih pribježišta, a vrlo često se nisu mogle ni razdvojiti vrste unutar jednog *Roda* tijekom tih analiza. Razvojem tehnike i metoda sa analizom biokemijskih i DNK biljega kod šumskog drveća omogućeno je da se mogu jednostavno odrediti postglacijalni migracijski putovi. Za istraživanje koje su proveli Konnert i Bergmann (1995) kod obične jele, možemo reći da je predstavljao prekretnicu, u filogenetskim istraživanjima, iako je i ranije bilo sličnih pokušaja. Kako su filogenetska istraživanja napredovala, posebice osamdesetih godina prošlog stoljeća, javilo se i nekoliko hipoteza o broju i lokaciji glacijalnih pribježišta i migracijskih putova obične jele (Kral 1980, Larsen 1986). Ipak te hipoteze na molekularnoj razini uspješno razrješava Bergmann (1991) za jedno uže područje, a zatim Konnert i Bergmann (1995) za cijelo područje rasprostiranja jele, Longauer

(1994, 2001) za Karpate i Tatre, Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) za šire područje centralne i istočne Europe, a Hüssendorfer za Švicarsku (1996).



Slika 2. Profil prašume Trstionica sa starim stablima jele i bukve u gornjoj i podmlatkom jele u donjoj etaži

Dobra kvaliteta drveta, koje je imalo široku upotrebu u gospodarstvu, djelomično je pridonijelo nestajanju jele zbog velikih sječa, odnosno umanjenu površine šuma pod jelom u prošlosti. U novije vrijeme zagađivanje zraka i tla glavni je razlog propadanja jelovih šuma. O obnovi jelovih šuma nije se dovoljno vodilo računa, jer je manipulacija sjemenom prilično otežana i skupa, kao i proizvodnja sadnog materijala jele. Ipak u posljednje se vrijeme ulažu veliki naponi za očuvanje genofonda obične jele, kako bi se ona očuvala od potpunog nestajanja za buduće generacije.

Jela kao značajan stabilizator vrsta naših najvažnijih šumskih ekosustava u posljednje vrijeme zaokuplja pažnju vrlo širokog kruga europskih znanstvenika. Razloge za to treba tražiti u stoljetnoj ugroženosti jele kao vrste drveća u srednjoeuropskim šumama, uslijed posljedica promijenjenih uvjeta sredine i sustava gospodarenja s njom. Tek se sredinom prošlog stoljeća počelo intenzivno raditi na poboljšavanju ekoloških uvjeta na staništima jele i stvaranju stabilnijih ekosustava kao puta za revitalizaciju postojećih zajednica. Jedan

drugi put, koji zahtijeva dugoročno djelovanje je iznalaženje vitalnijih provenijencija (Mekić 1991).

Kada je riječ o propadanju šuma u Europi, jelove su šume najugroženije u određenim područjima središnje Europe, gdje običnoj jeli prijete potpuni nestanak. Ovom problematikom se bavilo više znanstvenika (Barbu 1991, Badea i sur. 2004, Elling 1993, Elling i sur. 1999, Filipiak 2006, 2006, Filipiak i Napierała-Filipiak 2009, Wentzel 1980) koji naglašavaju da joj prijete potpuni nestanak iz šuma središnje Europe. Pokušalo se na više načina objasniti razlog nestajanja, odnosno sušenja jelovih šuma, ali se ustanovilo da je to vrlo složen problem. Do sada prikupljeni rezultati ukazuju da je vjerojatno osnovni razlog zagađenost zraka i tla različitim industrijskim onečišćenjima, koji veoma štetno djeluju na jelu, ali i na druge vrste drveća. Obično ti onečišćivači fiziološki slabe drveće, što određenim patogenima (gljivama i insektima) omogućuje da se veoma lako nasele na fiziološki oslabljeno drveće i ubrzaju njegovo propadanje. Tako je na području susjedne Hrvatske, u Gorskom kotaru oštećeno 81,2% stabala jele (Tikvić i sur. 1995), dok u nekim područjima Austrije, Češke i Njemačke jeli već prijete potpuni nestanak. Zbog toga je potrebno u procese očuvanja hitno uključivati zdrave, neoštećene sastojine jele i krenuti u postupak njihovog razmnožavanja uz osnivanje banki i arhiva gena od plus stablima, uz primjenu osnovnih metodama *in situ* i *ex situ*. Sve aktivnosti bi se provodile na staništima koja zasada nisu pod utjecajem onečišćenja, a koja ni u budućnosti ne bi bila izložena onečišćenjima (Mekić 1988, Larsen i Fridrich 1988, Ulrich 1989, Larsen i Mekić 1991, Ducci 1991). Također, paralelno je potrebno raditi na selekciji tolerantnih individua koje bi mogle podnijeti zagađenja, odnosno na hibridizaciji unutar vrsta s provenijencijom jele iz Kalabrije koja je u određenim pokusima pokazala tolerantnost na određene zagađivače kao što su SO₂ i fluor (Larsen 1986b; Mekić 1988, Larsen i Fridrich 1988, Larsen i Mekić 1991), a i hibridizacijama s drugim vrstama jela iz Sjeverne Amerike i Azije (Kobliha i sur. 2013a i b, 2014; Kormuťák i sur. 2013).

Zdravstveno se stanje u jelovim šumama Bosne i Hercegovine pogoršava zbog neodgovarajućeg gospodarenja, jer se ne uzimaju u obzir ekološke značajke obične jele prilikom gospodarenja šumama, te se narušava stabilnost jelovih šuma, a što u konačnici uzrokuje širenje imele *Viscum album* var. *abietis* Beck. (Uščuplić 1992, Uščuplić

i sur. 2007), kao primarnog parazita, a zatim slijede mnogo opasniji sekundarni patogeni. Osim što imela fiziološki slabi običnu jelu, ona smanjuje sposobnost njezine prirodne obnove (Ballian 2013), a zatim u šumske sastojine jele prodire agresivnija bukva i vremenom jela potpuno nestaje. Oštećenja i propadanje jelovih šuma u Bosni i Hercegovini, zbog onečišćenja atmosfere, mogla su se prije rata uočiti ponegdje uz hrvatsko-bosansku granicu, točnije u bosanskoj Krajini (planina Plješivica) i u mikro područjima uz velike zagađivače okoliša (termoelektrane, kemijsku industriju, željezare, autoceste, itd.), ali do tada propadanje nije poprimilo veće razmjere.

Kada su u pitanju istraživanja varijabilnosti obične jele, možemo ih podijeliti na dvije značajne faze. Prva faza je analiziranje svojstava na razini vrste u cilju dobivanja nekih osnovnih morfoloških pokazatelja o čemu svjedoče brojni radovi i pokazatelji iz udžbenika, a druga faza je usmjerena na istraživanje međupopulacijske varijabilnosti, o čemu nemamo dovoljno relevantnih istraživanja. Tako u konačnici, o morfologiji češera obične jele ne postoji mnogo radova. Među prvima je poznat rad Vincenta (1931), slijedi rad Gajića (1962), i Gudeskog (1965) koji je provodio mjerenja na razini formi obične jele u nacionalnom parku Risnjak, te je razdvojio prema Gajiću određene forme obične jele. U Slovačkoj je Kočiova (1974) vršila mjerenja na češerima obične jele iz sedam oblasti, na ukupno 14 lokacija. Za te češere izvršila je procjenu nasljednosti. U Rumunjskoj je Nanu (1977) također mjerio dužine i širine češera, u Hrvatskoj Gradečki-Poštenjak (2002), u Bosni i Hercegovini Ballian (1999, 2000) sljedeći autori su istraživali dužinu sjemena: Beissner-Fitschen (1930), Panov (1951), Kolpikov (1954), Mitruchi (1955), Valin (1956), Jovanović (1956), Stefanov i Gančev (1958), Gulisašvili (1958), Čabrajić (1960), Korpel i Vinš (1965), Gudeski (1965,1967), Gagov (1973), Popnikola (1967, 1969, 1979), Ballian (1999, 2000) i Gradečki-Poštenjak (2002). Za širinu sjemena značajni su radovi sljedećih autora: Panov (1951), Stefanov i Gančev (1958), Čabrajić (1960), Gudeski (1965,1967), Gagov (1973), Popnikola (1979), Gradečki-Poštenjak (2002) i Ballian (1999, 2000). Podaci o debljini sjemena su nepoznati u literaturi. Za dužinu sjemena s krilcem značajni su radovi sljedećih autora: Gudeski (1967), Mitruchi (1955), Panov (1951), Čabrajić (1960), Ballian (1999, 2000) i Gradečki-Poštenjak (2002). Popnikola (1979) je dužinu krilaca stavio u zavisnost od boje krilaca. Od navedenih radova samo radovi Gudeskog, Gagova,

Popnikole, Balliana i Gradečki-Poštenjak mogu se uzeti kao radovi koji su rađeni da pokažu unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost. Za težinu sjemena imamo radove Debazac (1967), Kantor (1967), Maksić i Galeva (1957), a Čabrajić (1960), Rohmeder (1960), Gagov (1973), Laffers (1978), Popnikola (1979), Ballian (1999, 2000) i Gradečki-Poštenjak (2002). Kočiva (1974) navodi za područje Slovačke podatke o i nasljednosti težine sjemena.

Za kljavost sjemena u literaturi se susreću podaci različitih autora, kao Negulesku i Savulescu (1957), Valin (1960), Čabrajić (1960), Rohmeder (1960), Gajić (1962), Machaniček (1967), Kantor (1967), Gagov (1973), Popnikola (1979), Ballian (1999, 2000, 2013) i Gradečki-Poštenjak (2002).

Od svih istraživanja na temu varijabilnosti najbrojnija su ona koja se odnose na unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost obične jele u testovima provenijencija. Tako su pedesetih godina 20. stoljeća, mnogi istraživači (Pavari 1951, Løfting 1954, 1955, 1959) utvrdili da jela ima veliku geografsku i fiziološku varijabilnost, što je donekle demantiralo mišljenje o njezinoj uniformnosti, a što upućuje na oprez pri unošenju iz sastojina drugačijih staništa. Do prije izvijesnog vremena jela je baš zbog tog ograničenog areala imala samo regionalni značaj, ali njenim nestajanjem u srednjoevropskim razmjerama dobija sve više na značaju u okviru tzv. "Neuartige Waldschäden" (Ulrich 1981,



Slika 3. Populacija obične jele iz istočne Bosne (populacija Donja Stupčanica - Klis kod Olova)

Blaschke 1981, Schütt 1981, Evers 1981, Arndt i sur. 1982, Bauch i Schröder 1982, Lichtentaler i Buschmann 1983, Mitscherlich 1983, Cramer i Middendorf 1984, Paule i sur. 1985, Konopka 1985, Linng 1986), kako navodi Mekić (1991) u svom istraživanju.

Inače, istraživanja koja su u osnovi karakterizirala zemljopisno-genetsku varijabilnost šumskih vrsta drveća imaju stoljetnu tradiciju, ali kada je u pitanju jela, kako navodi Mekić (1991), spoznaje su vrlo oskudne. Razloge treba tražiti u tome što je jela unutar svoga prirodnoga područja rasprostiranja smatrana uniformnom vrstom, temeljem starih istraživanja koja je proveo Engler (Kajba 2001) i takvo mišljenje se godinama zadržalo u znanstvenim krugovima. Osnovni nedostatak Englerovog istraživanja, kako navodi Kajba (2001), je nedostatak većeg broja populacija u istraživanju, te rezultata provenijencijskih pokusa.

Početkom osamdesetih godina 20. stoljeća počinju istraživanja o varijabilnosti obične jele biokemijskim biljezima, a pionirskih istraživanja je bio Mejnartowicz (1981, 1996) koji analizira varijabilnost genetskog sustava (Lap i Got). Slijedi ga Kormut'ák i sur. (1982), Larsen (1986a), Möller (1986), Schroeder (1988, 1989, 1989a, 1989b), Bergmann i sur. (1990), Breitenbach-Dorfer i sur. (1992, 1997), te Konnert (1993, 1995a) i Henkel i sur. (1997). Nakon njihovih istraživanja, u kojima je potvrđena velika varijabilnost obične jele, slijede i druga istraživanja koja to potvrđuju, kao što je to dobio Longauer (1994) i Longauer u sur. (2001), Giannini i sur. (1994), Brus i Longauer (1995) i brojni drugi istraživači. Sprovedena su istraživanja i sa drugim vrstama jela, te su Neale i Adams (1981) radili na *Abies balsamea*; Jacobs i sur. (1984) na *Abies fraseri*; Shea (1988) na *Abies lasiocarpa*; Davidson (1990) na *Abies ambilis*; Fady i Conkle (1992) na *Abies borisi regis*; Pascual i sur. (1993) na *Abies pinsapo*; Konnert i sur. (1992) na *Abies nordmandiana* i Kormut'ák i Yang na *Abies kawakamii* (1998).

Razvojem pak molekularno-genetskih biljega ubrzavaju se istraživanja varijabilnosti, a uporabom kloroplastne DNK (cpDNK) uspješno se rješava i pitanje postglacijalnih migracija šumskog drveća. U prvoj fazi se radi s nekim od listača, uz primjenu cpDNK (Petit i sur. 2002a i b, Slade i sur. 2008), dok se to kod četinjača, zbog specifičnog načina nasljeđivanja kloroplasta (Salaj i sur. 1998), to se nije moglo primijeniti, sve do otkrivanja i primjene mtDNK od strane Liepelta i sur. (2002). Za običnu jelu je to možda najbolje prikazano u radu od

strane Liepelta i sur. (2008) gdje daju sintezu postglacijalne migracije, a to se dopunjuje određenjem kontaktne zone obične jele podrijetlom sa Balkana i Karpata od strane Gömöry i sur. (2004).

Područje Balkanskog poluotoka jedno je od ključnih područja za poznavanje očuvanja i diferencijacije Europskih genetskih izvora šumskog drveća, a što je izravna posljedica više sukcesivnih glacijacija tijekom Quartara (Petit i sur. 2003). Razlog je i to što je većim dijelom pod izravnim utjecajem svih klimatskih promjena koje su se zbivale u području Mediterana. U ovom slučaju mislimo na zapadno-balkansko područje rasprostiranja obične jele, gdje su dugi niz godina bile usmjerene oči mnogih znanstvenika koji su se bavili ekološkim istraživanjem obične jele (Horvat-Marolt i Kramer 1982, Kramer 1992). Osnovni razlog je ležao u tome što je obična jela sa tih prostora pokazivala veoma interesantnu morfološku diferenciranost, a o čemu izvješćuju Gudeski (1967), Ballian (1999, 2000), Gradečki-Poštenjak (2002), te Ballian i Čabaravdić (2005), a iz toga se može naslutiti da je genetska varijabilnost veoma interesantna. To se također potvrdilo u brojnim pokusima provenijencija o čemu izvješćuje Mayer i sur. (1980), Ruetz i sur. (1998), Ballian (2000, 2005a), Ivanković (2003, 2005), Halilović i sur. (2009a i b, 2013). O kakvoj se genetičkoj strukturi zapadno-balkanskih populacija radi moglo se vidjeti tek iz brojnih istraživanja sa genetskim biljezima, ali koji su većinom rađeni sa manjim brojem uzoraka i koji upravo zbog toga nisu mogli da predstavljaju stvarno stanje na terenu (Konnert i Bergmann 1995; Liepelt i sur. 2002; Ballian 2003, 2008, 2009; Ballian i Kajba 2005; Bilela i Ballian 2007; Ballian i sur 2012).

Prvo filogeografsko istraživanje na običnoj jeli (Konnert i Bergmann 1995) je značajno razjasnilo situaciju. Potvrdilo se da je obična jela preživjela zadnju glacijaciju u pet glacijalnih pribježišta, te kako je dalje tekla migracija i naseljavanje jele u centralnu Europu, samo iz tri pribježišta. O toj migraciji dosta ranije naslućuje Fukarek (1964) i Svoboda (1953) kada su običnu jelu u Europi podijelili na rase, na temelju njene ekološke i regionalne pripadnosti.

Tijekom tih migracija došlo je do miješanja jela iz različitih pribježišta, te su Konnert i Bergmann (1995) predložili više introgresivnih zona, odnosno zone kontakta između dva migracijska puta u području Slovenije i južne Austrije, te zapadnih Karpata i Tatra, odnosno to su zone gdje bi se mogla osjetiti hibridizacija između

jele podrijetlom iz različitih glacijalnih pribježišta u većem obimu. Ovom problematikom u središnjoj Europi se bavi Breitenbach-Dorfer i sur. (1997), te daju rezultate za područje Austrije i Bavarske. U oba istraživanja (Konnert i Bergmann 1995; Breitenbach-Dorfer i sur. 1997) daju naznake da je područje zapadnog Balkana veoma interesantno, te ukazuju o njegovom utjecaju na genetsku strukturu srednjoeuropske populacije jele. Do tih rezultata su došli jer su uspješno registrirali i pratili određene alele koji su svojstveni za balkansko područje, u središnjoj Europi, odnosno u južnoj Bavarskoj (Konnert i Bergmann 1995; Breitenbach-Dorfer i sur. 1997).

Razvojem novih metoda, odnosno mtDNK biljega (Liepelt i sur. 2002), bilo je moguće da se detaljno razriješi pitanje kontaktnih zona između migracijskog puta jele podrijetlom iz centralno talijanskog i balkanskog glacijalnog pribježišta, a ujedno su uspješno određene DNK specifične sekvence i za druge vrste jela (Ziegenhagen i sur. 2005). Razvojem tih metoda, odnosno uporabom biljega "nad5-4", Gömöry i sur. (2004) uspješno rješavaju pitanje kontaktnih zona u zapadnoj Bosni i u masivu centralnih Karpata, te se znatno revidira istraživanje Konnert i Bergmann (1995), a zona kontakta iz južne Bavarske, Austrije i Slovenije se pomjera u zapadnu Bosnu. Ipak je pored toga ostalo neriješeno koliki se osjeti utjecaj pojedinih glacijalnih pribježišta na obje strane od kontaktne zone, odnosno koliko je velika hibridna zona. To se u istraživanju sa mtDNK, odnosno uporabljenim biljegom "nad5-4" nije moglo registrirati jer se on nasljeđuje po majčinskoj liniji i vezano je samo za kretanje sjemena, dok kretanje gena pomoću peludi nije obuhvaćeno. U drugom slučaju, kod peludi imamo brzi tok gena, gdje se jačina i učestalost vjetra u vrijeme cvjetanja javlja kao poseban vektor, a što se može uspješno riješiti izoenzimskim analizama.

Kada je u pitanju zaštita obične jele, kao jedan od osnovnih preduvjeta za uspješnu zaštitu i očuvanje obične jele metodama *in situ* i *ex situ* je i poznavanje njezine genetske konstitucije (Eriksson i Ekberg 2001, Eriksson i sur. 2006).

SISTEMATIKA OBIČNE JELE

Sistematika golosjemenjača (gimnospermi) pokazala se kao postojanija i nesklona većim promjenama, za razliku od kritosjemenjača (angiospermi). Linnaeus (1753) je svrstao običnu jelu sa smrekama i borovima u rod *Pinus*, da bi Miller (1754) običnu jelu svrstao u zaseban rod *Abies*. Nakon Millera više autora izdiže rod do reda *Abietales* (Koechne 1893), familije *Abieaceae* (Berchtold i Presl 1820), subfamilije *Abietoideae* Rich ex Sweet (Sweet 1826), razreda *Abieteeae*. Rich ex Dumort (Dumortier 1827) i nadrazreda *Abietinae* (Eichler 1878). O problemu roda kod jela u novije vrijeme bavili su se i Liu (1971) i Rushforth (1987), da bi Fajron i Rushforth (1989) dali prijedlog nove klasifikacije, te se u suvremenoj, modernoj sistematici, primjećuju znatne razlike u usporedbi sa starim načelima, i izdvajanju taksona na temelju morfologije. Time se pokazuje da se moderna taksonomija i sistematika nalaze u znatnom previranju, zbog primjene novih molekularnih metoda u istraživanjima (Crawford 1989). Jele su autohtone na sjevernoj hemisferi, i široko su rasprostranjene (Liu 1971) uglavnom u umjerenim i hladnim zonama, od razine mora do visine od 4.700 m. Tako Liu (1971) navodi više od 70 vrsta, iako je broj onih koji se trenutačno prepoznao je između 39 (Liu 1971) ili 40 (Vidaković 1982, 1992), 46 (Farjon 1990), do približno 50 (Welch 1991), te 55 (Rushforth 1987), ovisno o tome da li su uključene i niže taksonomske kategorije od vrste.

Ovdje ćemo se osvrnuti na shematski pregled taksonomskih jedinica obične jele koji je dan prema Mägdefrau i Ehredndorferu (1997) i Sitte i sur. (1998):

odjeljak	<i>Spermatophyta</i>
pododjeljak	<i>Coniferophytina</i>
razred	<i>Pinatae</i>
podrazred	<i>Pinidae</i>
red	<i>Pinales</i>
porodica	<i>Pinaceae</i>
podporodica	<i>Abietoideae</i>
rod	<i>Abies</i>
vrsta	<i>Abies alba</i> Mill.

Više je autora pokušalo raščlaniti običnu jelu na niže taksonomske jedinice od vrste, na ekotipove i klimatipove, podijelivši ih samo na temelju regionalne pripadnosti (Fukarek 1964c; Svoboda 1953), bez egzaktnih istraživanja, samo na temelju ekoloških razlika u staništima. Vidaković (1993) smatra da se razlike između pojedinih populacija svode na ekotipsku varijabilnost, ali ih za razliku od prethodnih autora ne dijeli prema regionalnoj pripadnosti.

Prema morfološkim istraživanjima dimenzija ljuski češera ili oblika krune, Gajić (1960) i Gagov (1971) dijele običnu jelu na niže taksone od vrste na tzv. "forme". Tako Gajić (1960) dijeli jelu na Goču na temelju dužine i širine češera, veličine i boje sjemena u slijedeće forme: *Abies alba* f *alba* koja je tipična, *Abies alba* f *paucibractrata*, *Abies alba* f *oblongicarpa*, *Abies alba* f *multibracteata* na temelju veličine češera i *Abies alba* f *fuscoviolacea* smeđeg sjemena i *Abies alba* f *rosca* ružičastog. Ovom problematikom se na planini Risnjak bavi Gudeski (1965), te razdvaja običnu jelu na Gajićeve forme.

Bergmann (1992), Konnert i Bergmann (1995), Longauer (1994) te Ballian (2003, 2005b) smatraju da se obična jela na osnovu molekularnih istraživanja može podijeliti na niže taksone, ekotipove, te je Ballian (2005b) to prikazao s biokovskom jelom o čemu će biti riječi u posebnom poglavlju.

U niže sistematske jedinice pridolaze i kultivari, čija je primjena karakteristična u hortikulturi, ali se obična jela ne može pohvaliti njihovom velikom zastupljenošću.

U zoni rasprostiranja obične jele u Europi nalaze se i spontani hibridi, i to na Balkanskom poluotoku i na Siciliji. Oba su hibrida križanci obične jele i grčke jele, s tim što u prvom slučaju imamo *A. borisi regis* (*A. alba* x *A. cephalonica*), a u drugom *A. nebrodonsis* (*A. cephalonica* x *A. alba*), iako u novijoj literaturi imaju status vrste. Suvremena istraživanja pokazuju stvarnu pripadnost *A. borisi regis* i genetičku odvojenost tog hibrida spram obične grčke jele u Grčkoj i Bugarskoj (Krajmerová i sur. 2015).

Ipak, još su vrlo česte nejasnoće u taksonomiji obične jele. Takav je slučaj obična jela s Biokova *Abies alba*. Mill.. Ona zbog vrlo karakterističnih ekoloških uvjeta pokazuje razlike u morfologiji, kao što se za druge vrste može vidjeti kod Silvertowna i Dousta (1995), ali to ne znači da je riječ o drugoj vrsti, ili pak podvrsti, što su pokušali prikazati u radovima Borzan i sur. (1992), Lovrić i Rac (1992), Rac

i Lovrić (1992), Šoljan i Šolić (1987), Šoljan (1990). Te nejasnoće uspješno rješava Trinajstić (1999, 2001) i Ballian (2005b), time što argumentirano dokazuje da obična jela s Biokova nije *Abies pardei* Gaussen., nego da podrijetlo *Abies pardei* treba tražiti u sjevernoj Africi. Tako je zaključeno da *Abies biokovoensis* kao posebna vrsta ne postoji, nego je to obična jela koja se stjecajem okolnosti našla izoliranom na Biokovu, u specifičnim ekološkim uvjetima.

Pregled taksonomskih jedinica s njihovim osnovnim karakteristikama

Coniferophytina su poznate od gornjeg karbona i u vezi su s devonskim pragimnospermama. Obuhvaćaju oko 600 vrsta (800 vrsta) i kao šumsko drveće vrlo su rasprostranjene i važne. Rod *Abies* ima danas poznatih oko četrdeset vrsta jela u sjevernoj hemisferi (Vidaković 1982, 1992).

- Odjeljak: *Spermatophyta*, sjemenjače pokazuju heteromorfnu izmjenu generacija s gametofitom i sporofitom, a time i odgovarajuću izmjenu faza s haplofazom i diplofazom.
- Pododjeljak: *Coniferophytina (Pinicae)*, rašljaste i igličaste golosjemenjače, karakterizira vrlo jednostavna građa vegetativnih i ferilnih organa. Listovi su u obliku iglica, prašnici (mikrosporofili) sastoje se od nosilaca pojedinih skupina prašnica, a plodni listovi (megasporofili) razvijeni su u obliku jednostavnih nosilaca sjemenih zametaka.
- Razred: *Pinatae*, muški i ženski cvjetovi imaju skraćenu os na kojoj se postrance, a i terminalno, nalaze gusto poridane skupine prašnica na dršku (prašnici), odnosno sjemeni zametci (plodni listovi), koji su sjedeći ili su na dršku, a gotovo uvijek imaju i sterilne lisne organe. Cvjetovi, napose ženski cvjetovi, često su skupljeni u cvatove nalik na resu ili češere.
- Podrazred: *Pinidae (Coniferae)*, četinjače. Ženski su cvjetovi reducirani i sjedinjeni u sjemene ljuske, najčešće su srasli i s njihovim braktejama (pokrovnim ljuskama). Srasle sjemene i pokrovne ljuske skupljaju se u cvatove nalik na češere. Oplodnja se odvija peludnom mješavinom

(sinfonogamija). Listovi su igličasti, s pravilnom dihotomom-paralelnom nervaturom. Iz klice s dvije ili više supki razvijaju se u razgranjena ili monopodijalna stabla na kojima su bočni ogranci različitih redova često poredani u katove.

Red: *Pinales*, ženski je cvijet reduciran samo na sjemenu ljusku te je manje-više srastao s njezinom pokrovnom ljuskom.

Porodica: *Pinaceae*, zavojito poredani igličasti listovi i drvenasti češeri s po dvije sjemenke na pojedinoj sjemenoj ljusci. Ovamo se ubrajaju sve važnije četinjače (vazdazelene) koje imaju manje-više kseromorfne igličaste listove.

Potporodica: *Abietoideae*, iglice su samo na dugim izdancima, muški cvjetovi nose na osnovi ose nekoliko ljuskavih listića, a iznad njih brojne zavojito poredane prašnike. Svaki prašnik ima kratak držak, ljusku i vrh savijen prema gore, a odozdo dvije prašnice koje se otvaraju pomoću eksotecija. Ženski cvatovi nose brojne sterilne, zavojito poredane pokrovne ljuske, a u njihovu pazušcu po jednu sjemenu ljusku. Sjemeni ljuska nosi dva sjemeni zametka.

Rod: *Abies*, ženski cvatovi su u vrijeme oprašivanja uvijek uspravni, a tako stoje do sazrijevanja, kada otpadaju pojedine ljuske sa ose češera.

Vrsta: *Abies alba* Mill., obična jela, ima svijetlu koru, plosnate i na vrhu urezane iglice kojima su na naličju dvije bijele voštane pruge. S obzirom na tlo i klimu ona je srednje-planinsko i južnoeuropsko planinsko drvo koje se najčešće pojavljuje u mješovitim sastojinama s bukvom i smrekom. Zbog osjetljivosti na mraz i zagađenje ona polako nestaje.

Iako nije bilo nekih značajnih taksonomskih istraživanja obične jele u Bosni i Hercegovini, nađene su individue kojima su dodijeljene niže taksonomske kategorije, odnosno pridodat im je status forme koji nije trajna taksonomska kategorija. Fukarek (1959) izdvaja dva tipa grananja kod obične jele u Bosni, koje nalazi na nekoliko lokaliteta i to *Abies alba* var. *pyramidalis* s uskom krošnjom i *Abies alba* var. *atrata* s visećim granama.



Slika 4. *Abies alba* Mill. *dichotoma* (Ballian, for. nov.)

Nešto ranije, Maly (1935), opisuje dva oblika kore kod jele, te daje taksonomski status *Abies alba* f. *verrucosus* s krupnom pluto i *Abies alba* f. *pinoides* s korom kao u crnog bora, što je nađeno na Jahorini.

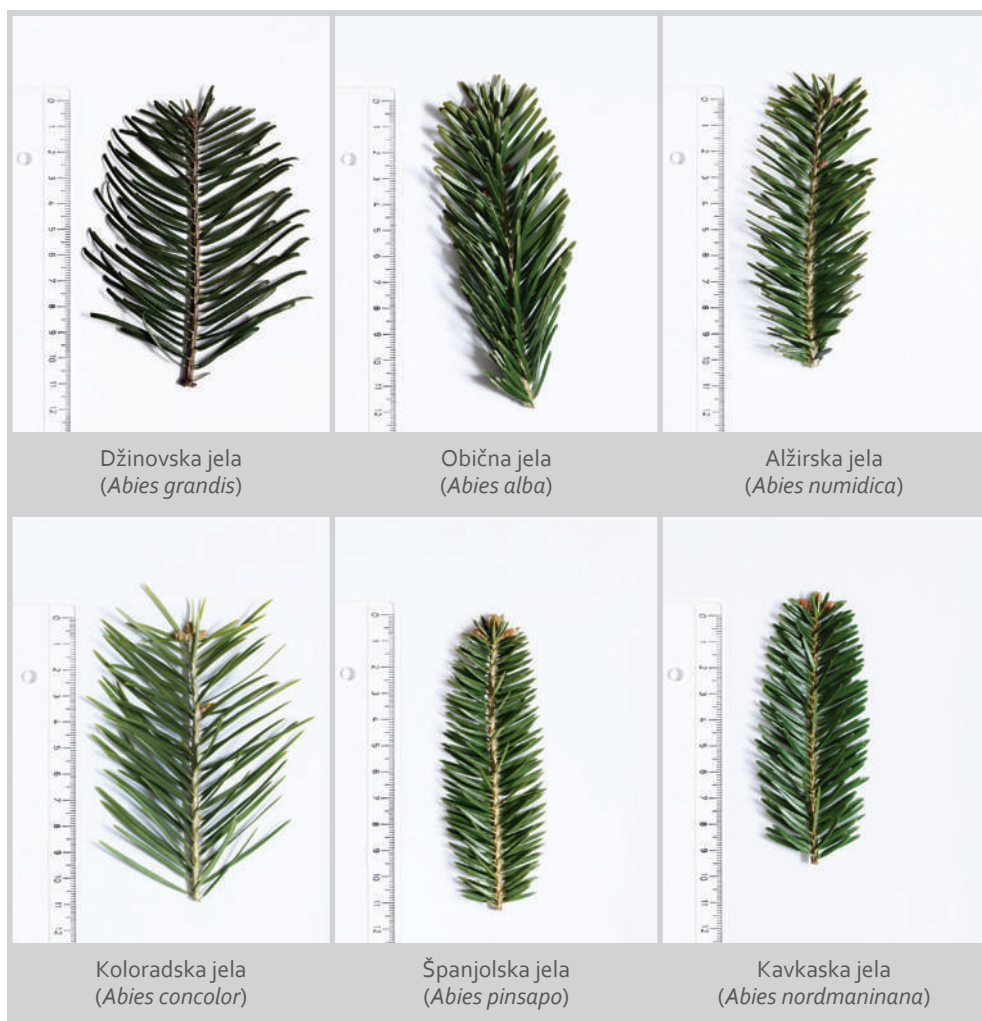
Fukarek (1970) navodi i pojavu bradavičaste kore kod obične jele, na Igmanu kod Sarajeva, žepačkoj Papratnici i na planini Zvijezdi kod Vareša.

Janjić (1998) je našao i opisao običnu jelu sa nabuhlim donjim dijelom debla, *Abies alba* Mill. *intumescens* (Janjić, for. nov.) u zapadnom dijelu Bijelašnice.

U svojim istraživanjima na jeli u okolini Tešnja, Ballian (2003) je našao i opisao novu formu obične jele sa veoma interesantnim tipom grananja. Naime, vršni izbojci ne formiraju tri tipična pupa, već dva, te se grane jele dihotomo granaju (Slika 4), pa centralna grana dobiva izgled cik-cak linije. Stoga je i forma nazvana *Abies alba* Mill. *dichotoma* Ballian (for. nov.), a može biti interesantna i za hortikulturu.

MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE OBIČNE JELE

Morfološke karakteristike obične jele su detaljno obrađene u brojnim udžbenicima, za nas su najznačajnije one koje su date od strane Fukareka (1959, 1980), Šilića (1983) Vidakovića (1982, 1993), Jovanovića (1956, 1971, 2000) i Farjona (2010).



Slika 5. Detalji grančica i iglica kod različitih vrsta jela

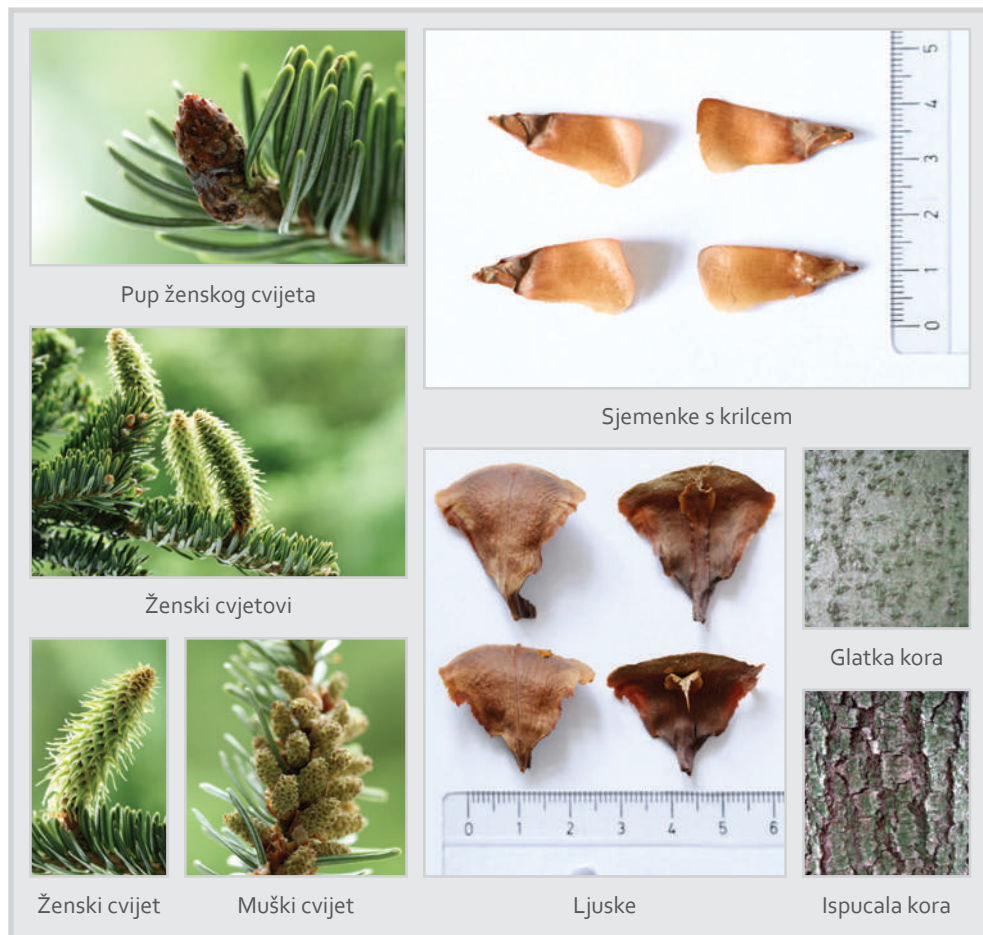
U optimalnim uvjetima obična jela izraste više od 50 m (60 m) u visinu i više od 1,5 m (2,0 m) u promjeru. Jelovo stablo je ravno, puno, krošnja manje-više čunjasta ili valjkasta. Starije stablo uslijed slabog rasta vršnog izbojka izgubi čunjast izgled, pri vrhu bude ovalno, katkad je oblika rodina gnijezda. Drvo nema smole ni obojene srži. Grane stoje pršljenasto i nisu viseće, već uglavnom vodoravno položene, manje-više ravne. Kora je sivkasta i glatka, do 50. godine starosti. U starosti kora puca u obliku kvadratičnih ljuski pluta, koje ostaju priljubljene uz drvo i teže se odvajaju.

Mlade su grančice okrugle, glatke, žućkastosive i obrasle dlačicama. Pupoljci su kestenaste boje, bez smole. Izuzetak su samo pupoljci na vrhu grana koji su kadšto smolasti.

Iglice su spiralno raspoređene, što se lako vidi na vrhu grančica. Niže su iglice zbog torzije prividno raščešljane, tj. na dvije strane horizontalno razvedene. Iglice su zelene, plosnate, široke do 2,5 mm i duge od 17 do 30 mm. Na licu su plitko užlijebljene i potpuno zelene, a na naličju kroz sredinu prolazi greben i dvije bijele pruge uzduž kojih su s obje strane zelenoga grebena poredane pući. Pući su raspoređene na tim bijelim prugama u obliku crta. Duž bočnih rubova do same epiderme prolazi po jedan smolonosni kanal. Pri osnovi se iglice sužavaju i prelaze u mali okruglasto-šiljati završetak kojim je iglica pričvršćena za grančicu. Iglice su većinom na vrhu urezane. One na vrhovima plodnih grančica ušiljene su ili tupe, nisu urezane.

Raspored smolonosnih kanala i pući te cijela građa iglice variraju ovisno o tome gdje se nalazi iglica, tj. o osvjetljenju, vlažnosti i sl. Iglica traje osam godina i više. Na mjestu otkinutih iglica vide se okrugli spiralno raspoređeni tragovi u razini kore, ali grančica je gotovo glatka unatoč ovim tragovima.

Jela je jednodomna vrsta. Ženski su cvjetovi na gornjim najvišim grančicama, u obliku malih češera, a muški su u obliku resa, niže na istoj grančici, u pazuhu iglica. Muške su cvasti duge oko 2 cm, žute boje, oblika izdužene osovine sa spiralno raspoređenim prašnicima, sa po dvije peludne kesice. Jela cvjeta u proljeće, od travnja do lipnja, ovisno o nadmorskoj visini. Peludna zrnca relativno su krupna, ovalna oblika, s dva velika mjehura i visokim grebenom na samom zrnu od jednog do drugog mjehura.



Slika 6. Detalji morfoloških svojstava obične jele

Ženske su cvasti u obliku češera, u mladosti tamnozeleno, jajaste, duge oko 2 cm, uspravne. To su zbijeno spiralno raspoređeni plodni listići - karpeli sa sterilnim ljuskama - braktejama. Brakteja ili sterilna ljuska zrelog češera uska je i zabačena naniže, nalazi se između dva

plodna listića. Karpele su široke i kratke. U pezušcu mlade plodne ljuske nalaze se dva gola sjemenka zametka koja kasnije prelaze u dvije krilate sjemenke. Sjemenka je žućkasta, velika do 9 mm, rebrasta, čvrsto srasla s krilcem. Krilca su žućkastocrvenkasta, relativno kratka i relativno široka.

Zreli češer je žućkaste do tamne boje, cilindričan, dug do 16 cm i širok do 5 cm. Češeri uvijek stoje uspravno na grančicama. Dozrijeva iste godine i u listopadu otpadaju ljuske zajedno sa sjemenkama, a na grani ostaje gola os - vreteno češera. Krilate se sjemenke rasijavaju pomoću vjetra.

Dok je drvo mlado, rodno je svake druge, a stara stabla i ona na većim nadmorskim visinama rjeđe su rodna, tj. svake dvije do tri, pa i više godina.

Sjemenka isklija nakon 3-4 tjedna. Njegova klijavost je kratka i mala (30-50%). U sredini sjemenke je veliki endosperm, a krilce je klinasta oblika. Proklijalo sjeme je klica s izduženim stabalcem, korjenčićem i 5-6 zelenih supki, te po dvije bijele pruge pući na licu, horizontalno zvjezdasto razvedenih. Kasnije se pojave prvi listovi, koji su dvaput kraći od supki i naizmjenično s njima raspoređeni u sredini. Na vrhu mladog stabalca pojavljuje se vršni pupoljak koji će iduće godine nastaviti rast stabla u visinu.

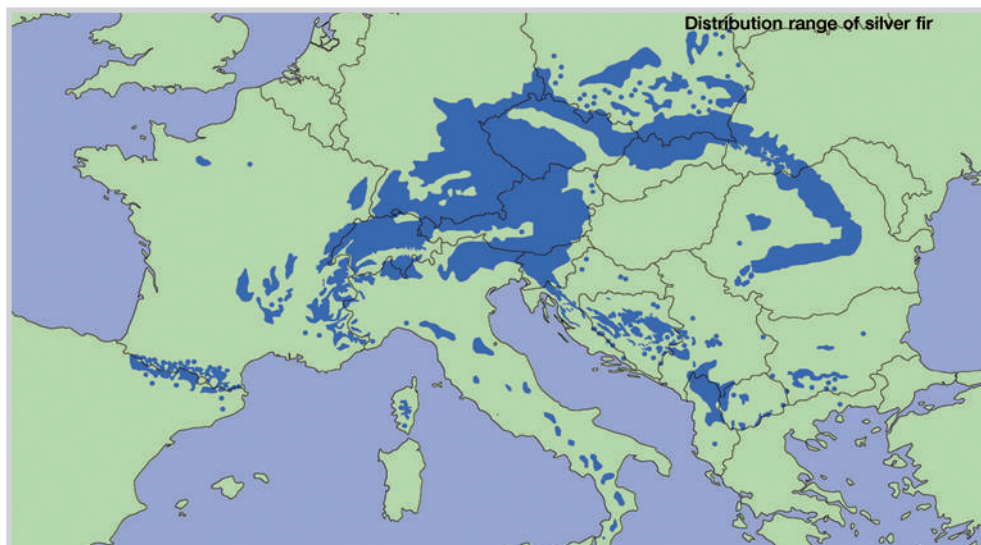
Jela u početku raste veoma sporo. Prve, nepotpune pršljenove grana dobiva tek oko pete godine, ako raste slobodno. Ako stablo raste u gustim sklopovima pršljenove grana dobiva još kasnije. Od 15 godine raste brže i maksimalnu visinu doseže oko 200. godine starosti. Jele pripadaju grupi dugovječnijih vrsta, najranije postiže reproduktivnu sposobnost oko 20. godine, a prosječno od 60 godine (Jacobs i sur. 1984.). Dosegnu starost od 400 godina, što je registrirano kod nekoliko vrsta jela (Earle 1999.), a *Abies nobilis* dosegne od 600 do 700 godina (Arno i Hammerly 1977; Franklin 1979; Franklin i Dyrness 1973), ali takvi životni vijek je skroman u usporedbi s nekim drugim vrstama. Sibirska jela rijetko da doživi više od 200 godina, jer deblo rano propada (Vidaković 1992 1993).

PRIRODNA RASPROSTRANJENOST OBIČNE JELE

Jele možemo naći u četiri velika zemljopisna područja (Franklin 1974b, Liu 1971, Miller i Knowles 1989, Vidaković 1982, 1992, Welch 1991, Young i Young 1992):

- Sjeverna Amerika (od Aljaske do Meksičke granice) - 9 vrsta,
- Srednja Amerika (Meksiko, Gvatemala, Honduras i El Salvador) - 8 vrsta (Martinez 1948), ili 6 vrsta (Liu 1971),
- mediteranskom bazenu, kao i zemlje koje ga okružuju, uključujući južnu i središnju Europu do granice na sjeveru, dio Azije (Mala Azija, Kavkaz, Sirija i Libanon) na istoku, i sjeverozapadnu Afriku (Maroko, Alžir i Tunis) - 8 vrsta,
- Sibir i Istočna Azija (područje Amur, Kina, Koreja, Japan, Tajvan i Himalaja) - 17 vrsta.

Rasprostranjenost obične jele ograničena je na planinsko područje središnje i južne Europe, uz nekoliko odvojenih područja u zapadnoj i sjevernoj Europi (karta 1). U povezanom središnjem dijelu rasprostiranja jela se širi u zapadnim, južnim i istočnim Alpama, zatim se južno



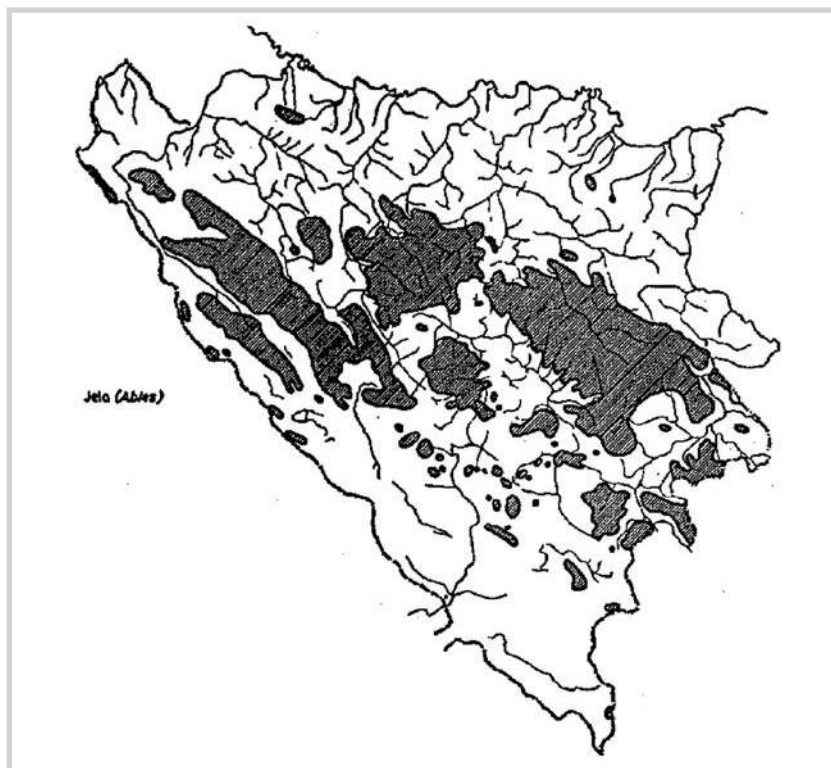
Karta 1. Rasprostiranje obične jele u Europi prema EUFORGEN (Wolf 2003.)

spušta središnjim dijelom Apenina do Kalabrije (Fukarek 1970, Kramer 1984a i b, 1992.) u više izoliranih staništa uključivši i otok Korziku. Preko alpsko-panonskog predgorja prelazi na Balkanski poluotok i proteže se kroz Sloveniju, Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu, Crnu Goru, Srbiju i Makedoniju (Horvat-Marolt i Kramer 1982.) do južne Bugarske. Sjeverno od Alpa prelazi u brdska područja južne Njemačke i preko zapadnih Karpata stiže do Poljske (Gürth 1988, Wolf 2003.), te se u širokom luku izbjegavajući panonsko područje, spušta do južnih Karpata.

Od središnjeg prostora rasprostiranja na zapadu se izdvajaju dva odvojena područja, u Francuskoj, u središnjem području Vogeza, i u Normandiji, te veće područje u Pirenejima. Na sjeveru se prostire do Bjaloječke prašume u Poljskoj, a u zapadnom dijelu do istočnih Karpata u Biharsko gorje (Erdelj). Iz Istočnih se Alpa preko Dinarida spušta na Balkanski poluotok do Bugarske, tj. do Rodopa, Stare planine (karta 1).

Prema Fukareku (1970), rasprostiranje jele u Bosni i Hercegovini veže se na zapadu na rasprostiranje jele u jugozapadnoj Hrvatskoj i na istoku veže na njezino rasprostiranje u Srbiji. Međutim, nema kontinuirane crte, granice rasprostiranja, kao kod bukve, nego postoji veći broj manjih ili većih prostora, zaokruženih nalazišta jele na pojedinim višim planinama. Slično kao i kod bukve, možemo utvrditi dvije značajne granice rasprostiranja panonsku i jadransku, ali one se međusobno ne poklapaju, nego sežu mnogo dalje u unutrašnjost planinskog lanca Dinarida. Kao i kod bukve, izvan tih granica nalazimo veći broj izoliranih nalazišta, više približenih panonskom ili jadranskom području. Međutim, ta su izolirana nalazišta malobrojna i manjeg obujma, a uvijek se nalaze unutar bukovih izoliranih nalazišta. Na sjeverozapadu se jela širi na padinama planine Plješivice. Rijeka Una odvaja njezina nalazišta na sjevernom (bosansko-krupskom) dijelu planine Grmeča.

Na graničnim dalmatinskim planinama Illici, Gnjatju, Dinari, Troglavu i Kamešnici postoje vrlo ograničena manja nalazišta jele na većim nadmorskim visinama. Jedno od njih, blizu prijevoja na Prologu, lako je dostupno pa je zbog toga gotovo potpuno uništeno. O nalazištu jele na Kamešnici, te specifičnosti njenog nalazišta detaljno pišu Ballian i Mioč (2009). Južnije od planine Grmeča može se uzeti da postoji više-manje kontinuirano planinsko područje s jelom, koje osim padina (Petrovačkoga) Grmeča zauzima još planine Osječenicu, Klekovaču, Lunjevaču, Jadovnik (Vijenac), Šator, Staretinu, Goliju, Vitorogu, Visinu, Cincar, Malovan, Stožer, Radušu (sa Želivodičem, Ravašnicom



Karta 2. Rasprostriranje obične jele u Bosni i Hercegovini prema Fukareku (1970)

i područjem Škrta-Nišan) te područje oko rijeke Janj (Ravna gora i Dekala zapadno od Jajca). Između rijeke Sane i Vrbasa jela se širi na planinama Dimitoru, Lisini i Manjači.

U središnjoj Bosni, između Vrbasa i Bosne, u gornjim sljevovima rijeka Vrbanje, Ugra, Lašve, Bile i Blatnice, može se izdvojiti veće područje jele koje zauzima padine planina Čemernice, Uzlomca, Borije i Smolina (Manjače), te Vlašića s Radaljem i Dnolučkom planinom.

Izuzetno zanimljivo izdvojeno nalazište jele nalazi se na sjevernim padinama Crnog vrha (Zmajevca), južno od Tešnja.

Južno od rijeke Lašve nalazi se prostrano područje planine Vranice s ograncima (planinom Zec i Bitovnja), koje pokrivaju čiste i mješovite jelove šume, pretežno na silikatnoj podlozi.

U istočnoj i jugoistočnoj Bosni prostor koji zauzima jela vjerojatno je najširi i on se može ograničiti kontinuiranom crtom koja bi obuhvaćala

više brdske i planinske predjele (pretežno njihove sjeverne padine). U području serpentinskih brda oko rijeke Krivaje jela se nalazi na padinama Tvrdkovca, Čauševca, Tajana, Veleža (u slijevu Gostovičke rijeke), te prelazi sjevernije u područje Maoče, Župljeve i dalje na padine Konjuha blizu Stupara. Izdvojena su nalazišta na Ozrenu i južno od Lukavca (Pudenika). Dalje prema istoku granična crta rasprostiranja pruža se preko padina Javor-planine (nešto sjevernije od Kladnja i Vlasenice). Obuhvaća gornji sljev Jadra i izbija na rijeku Drinu južno od Gornjeg Birača i Osta, odnosno Srebrenice. Ovdje Drina čini prekid njezinih sastojina, koje se nastavljaju na Stocu, Zvijezdi i Tari u Srbiji.

Na desnoj obali rijeke Bosne, južno od Zavidovića, granicu jela možemo povući od padina Mračajskog brda (kraj Begov-Hana), Vepra (sjeverno od Zenice), gdje se ona najniže spušta niz padine do doline Bosne, preko gornjeg dijela sljeva Žuče-Ribnice, dalje na padine Peruna, Budoželja, te na Čemerno kraj Srednjeg i na Bukovik sjeverno od Sarajeva. U tom području obuhvaćene su prostrane šume četinjača i mješovite sastojine na planinskim ograncima Zvijezde (Vareške) u kojima prevladava jela na vrlo različitim staništima.

Između granice povučene na desnoj i lijevoj obali rijeke Bosne (na istočnim padinama ogranka Vlašića i Vranice) pruža se vrlo široko područje bez jela, područje brdskih bukovih i hrastovih šuma. Okružujući u širokom luku dolinu sarajevskog polja, jela se širi istočno na padine Ozrena i Romanije. Ovdje dopire do rubova Glasinačke visoravni i nastavlja se rasprostirati južno na planini Sjemeč sve do blizine Višegrada i Ustiprača. Preko južnih padina Romanije (na prijevoju Vitez) povezuje se njezino rasprostiranje sa sjevernim padinama Jahorine, te nastavlja južno i zapadno na planine Bjelašnicu, Treskavicu, Zelengoru i dalje preko ogranaka nad rijekom Sutjeskom na najviši bosanski planinski lanac Vučevo - Maglić - Volujak, s kojega prelazi na crnogorsku stranu.

Na desnoj (bosanskoj) obali rijeke Drine jela je raširena i na područja Babine gore (planine Stolac i Gostilje), odakle prelazi na teritorij Srbije (u smjeru Mokre gore, Šargana i Zlatibora).

Manje su sastojine jela i na padinama planine Varde južno od Drine. U području južno od ušća rijeke Lima jela se širi na sjevernim padinama Viogora, Goleša i Vučevice, te zauzima širok prostor u šumskim sastojinama gospodarske jedinice Kovač - Stakorina kraj Čajniča. Ondje je nalazimo i u manjim izdvojenim grupama kraj Ifsara.

Veliko područje jele i jelovih šuma nalazi se i na ograncima planine Ljubišne, istočno i jugoistočno od Foče. Ovdje ona zahvaća visove Pliješ, Bakić i Vukušu, područje Korlata, te padine oko Čemerna, Radovine i Vjetrenog brda, odakle prelazi na crnogorske ogranke Velike Ljubinje, Obzira, Lisca i Kraljeve gore.

U hercegovačkom području obična jela je u isprekidanom (disjunktnom) rasprostiranju, pa se rasprostiranje ne može obuhvatiti jednom kontinuiranom graničnom crtom (karta 2.). Uključujući i planinu Vran, može se uzeti da je u cijelom sljevnom području rijeke Neretve jela ograničena na nekoliko visokih planina, i to isključivo na sjevernim padinama. Granična crta više manje povezanog rasprostiranja jele leži, dakle, na granici sljevova Jadranskog i Crnog mora, na području Bosne. To bi bila staništa jele na planinama Raduši i Vranici

u izvorištu rijeke Vrbasa, zatim sjevernim padinama planine Zec, Pogorelice, Bitovnje, te na sjevernim padinama planina Bjelašnice (Lanište, Mehina Zuka - Igman), Treskavice (Meždra) i Zelengore.

Toj granici najbliža nalazišta jele nalaze se na planini Visočici, gdje su razdvojena na nekoliko većih ili manjih skupina koje se nalaze uglavnom na sjevernim padinama, iznad kanjona rijeka Rakitnice i Ljute. U gornjem sljevu rijeke Neretve poznato je stanište jele na padinama iznad sela Mjedenika. Pojedinačna stabla ili manje skupine stabala rastu najbliže u sljevu Klobučarice i Sutjeske, dakle u sljevu rijeke Drine.

Osim spomenutih nalazišta jele u sastojinama na



Slika 7. Stare jele na planini Kamešnici

sjevernim padinama planine Vrana (u području Pasje stijene kod Sovića), koja već spadaju u sljevno područje rijeke Rame, jela je raširena na sjevernim padinama Čvrsnice, oko visoravni Blidinje (Risovac) i nad dolinom rijeke Doljanke (Raulja, Strop, Plas). Nekoliko manjih nalazišta nalazi se i u sljevu Dive Grabovice. Za Čabulju postoje podaci da jela raste pojedinačno u mješovitim šumama, a lokalni naziv *Pavlova jela* u predjelu gdje se danas pružaju čiste bukove šume govori da je ondje nekad bila šire rasprostranjena jela.

Na planini Prenj i danas postoji nekoliko vrlo značajnih i prostranijih sastojina bukve s jelom, i to na Vidovskom gozdu kraj Glogova u gornjem sljevu Glogošnice, u Bukovu Lazu, u Tisovici iznad rijeke Idbra u klisurama Rakova Laza te na Crnoj gori (Jelovini) iznad Boračkog jezera. U bukovim sastojinama iznad Velike Drage i na sjevernoj strani Velikog Rujišta iznad Ziemlja također se nalazi primiješana jela.

Veće sastojine jelovih šuma pokrivaju sjeverne padine Veleža i Crne gore (nevesinjske), a na južnim padinama planine Veleža zadržao se samo toponim Jelova glava, ali se nisu održala i stabla jele. Manje nalazište jele nalazi se i u području Tatarice nad Glavatičevom, odnosno na sjevernim padinama Crvanj planine.

Dva daleko odvojena i zbog toga zanimljivija nalazišta jele na hercegovačkim planinama nalaze se na planinama Bjelasici, zapadno od Gacka, te na planini Orjenu jugoistočno od Trebinja.

Nalazišta na planini Orjenu leže na sjevernim padinama Gubara i pružaju se dalje istočno na crnogorski teritorij Bijele gore. Ondje jela raste na kamenitim blokovima velikih glacijalnih valova na gotovo nepristupačnim mjestima.



Slika 8. Šuma jele na sjevernim padinama Ozrena kod Sarajeva

Značajno je da se jela do danas održala samo na nekim hercegovačkim planinama na kojima je diluvijalna glacijacija ostavila znatne tragove. Ona ondje naseljava uglavnom zaklonjene, sjeveru okrenute, ledenjacima izbrušene blokove stijena u čijim pukotinama nalazi dovoljno prostora za opstanak. Rijetko i izuzetno (po pravilu sekundarno, poslije jačih sječa ili progaljivanja) naseljava se u skupinama i u bukovim šumama nad dubokim i svježijim morenskim nanosima.

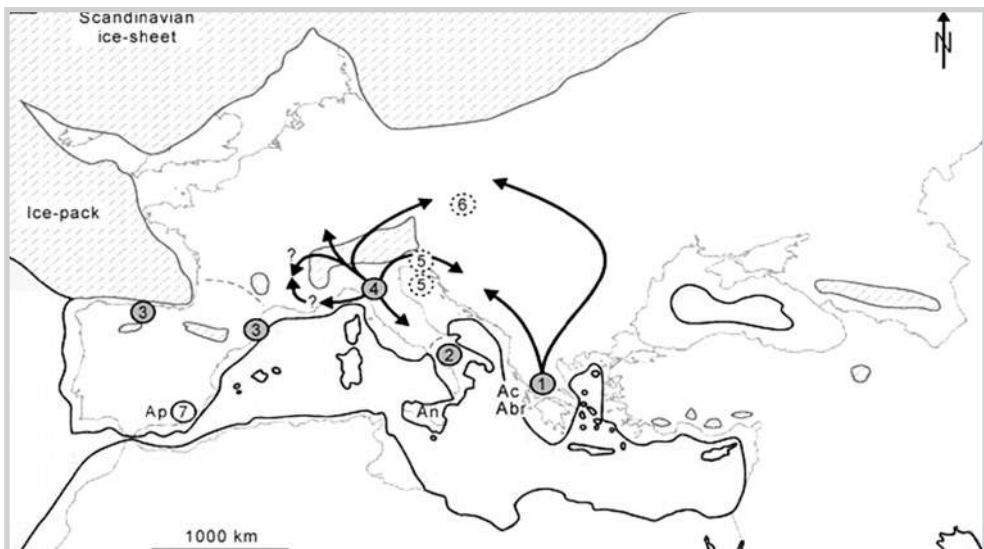
Kada se analizira rasprostiranje jele u središnjoj Bosni, tu imamo praznine, te gubitak kontinuiteta od istoka ka zapadu. U tom području imamo različite tipove čistih bukovih šuma, a Beus (1984, 1997) naglašava njihov sekundarni karakter. One su nastale antropogeno iz šuma bukve i jele, te bukve, jele i smreke, negativnim djelovanjem čovjeka još u srednjem vijeku, te kao takve predstavljaju prelazne stadije vegetacije, ali je time značajno umanjeno rasprostiranje jele.



Slika 9. Jele u prašumi Perućica

DINAMIKA POPULACIJA OBIČNE JELE

Kada je u pitanju dinamičko kretanje obične jele, odnosno njeno migriranje ka sjeveru, ono se odvija uz pomoć vjetrova koji rasijava sjeme. Kod jele se cijeli ciklus od cvjetanja do sazrijevanja sjemena i rasijavanja odvija u jednoj godini, od cvjetanja i oprašivanja, do sazrijevanja sjemena period traje od 90 do 120 dana (Carkin i sur. 1978, Franklin 1982, Hofmann 1911, Houle 1992, 1995, Isaac 1930b, McDonald 1980, Savčenko 1966, Wolfenbarger 1946). U tom periodu sjeme, i sjemeni zametak su veoma osjetljivi na okolišne podražaje, te se ta osjetljivost odražava i na migraciju, jer u slučaju klimatskih nepogoda sjeme ostaje nerazvijeno i sa slabom klijavošću. Tako Terhürne-Berson i sur. (2004) objašnjava kako je pet čimbenika odlučujućih za širenje jele u Europi: klimatske promjene, migracijski putevi, zastoji u razvoju populacija odnosno njihovo neuravnoteženo stanje, povijesno antropogeno djelovanje i veliki šumski požari. Ipak, Terhürne-Berson i sur. (2004) podcrtava da su klimatske promjene bile odlučujući čimbenik za širenje jele, odnosno da su izravno utjecale na dinamiku migracije, a te promjene se mogu registrirati i na vegetaciji tijekom samo jedne godine, a ne samo u dugim razdobljima koja se protežu do 100.000 godina u prošlost.



Karta 3. Migracijski putevi obične jele nakon glacijacije (Muller i sur. 2007)

Da bi smo pak rekonstruirali to migracijsko kretanje obične jele koji je evidentno već tisućljećima, najčešće se služimo fosilnim ostacima peludi i dijelova biljke (Firbas 1949; Huntley i Birks, 1983, Bennett i sur. 1991, Muller i sur 2007), odnosno paleontološkim podacima. Tako na temelju koncentracije peludi u pojedinim slojevima tla, uz uporabu ugljičnih izotopa, možemo donijeti valjane zaključke i konstruirati karte migracijskih putova. Jedna od tih karti (karta 3.) je ona koju je konstruirao Miller i sur. (2007). Ipak tu postoje i određena ograničenja jer ne možemo na svakom koraku naći pelud, nego samo na mjestima koncentracije, a to su obično sedimenti prirodnih jezera, starih bara, u sedimentima močvara i tresetišta.

Najstariji fosilni ostaci peludi jele su nađeni u Meksiku, a to su fosilni nalazi iz srednjeg pleistocena, odnosno stari oko 5 milijuna godina (Graham 1999), dok u Europi nemamo takvih starih nalaza. U Europi najstariji pelud roda *Abies* koji se analizirao potječe sa područja južne Italije (Kalabrije) i južne Grčke (Ioannina), a starost mu je procijenjena na 37.000 godina (Huntley i Birks 1983).

Suvremene metode za analizu postglacijalnih migracija pak rabe zemljopisnu rasprostranjenost genetskih rasa i učestalosti pojave određenih alela u kombinaciji s fosilnim ostacima (Liepelt i sur. 2009). Na taj način je potvrđeno postojanje više refugia, a najmanje tri od njih su izvor za holocensku ekspanziju jele u srednjoj Europi, ali i drugih vrsta (Bennett i sur. 1991, Comes i Kadereit 1998, Taberlet i sur. 1998, Hewitt 1999). Jedan se nalazi u sjevernim Apeninima, drugi na području južnog Balkana i pridonosi širenju na sjever grane duž Karpata na istoku i Dinaridi na zapadu (Konnert i Bergmann 1995). Nadalje, novi DNK podaci ukazuju treći značajan refugium u sjevernom ili zapadnom Balkanu (Vendramin i Ziegenhagen 1997, Liepelt i sur. 2002, Gömöry i sur. 2004). Korištenja različitih kategorija genetskih biljega za diferencijaciju populacije obične jele mogu se pripisati različitim vremenskim grupama. Odvajanje majčinih rasa desio se u prethodnim glacijalnim ciklusima kvartara, a drugi uzorak genetske diferencijacije je rezultat izolacijskih procesa tijekom posljednjeg glacijacije i naknadnog protoka gena nakon ekspanzije (Liepelt i sur. 2009). Obrasci genetske varijacije i genetske raznolikosti u rasponu između centralnih i rubnih dijelova populacija su evolucijske posljedice.

Obična je jela u posljednjih 13.000 godina bila izložena stalnom dinamičnom kretanju, tj. seobi iz svojih glacijalnih pribježišta na jugu

Europe, prema središnjoj, zapadnoj i istočnoj Europi, a ta kretanja i danas traju. Te su seobe uzrokovane velikim klimatskim promjenama, koje su jedan od najvažnijih čimbenika kretanja šumskog drveća od juga ka sjeveru, kada je u pitanju Europa (Terhürne-Berson i sur. 2004). Nakon zadnje velike glacijacije, koja je trajala oko 100.000 godina, a svoj maksimum je dosegla prije 15.000 godina, sve populacije šumskog drveća koje su preživjele u pribježištima su krenule u širenje svog rasprostiranja ka sjeveru Europe (Bennett i sur. 1991, Mägdefrau i Ehrendorfer 1997, Sitte i sur. 1998, Comes i Kadereit 1998, Taberlet i sur. 1998, Hewitt 1999). Kako imamo u zadnjih sto godina značajne i skokovite klimatske promjene u Europi, to su one značajno ubrzale dinamiku kretanja šumskog drveća ka sjeveru, ali i u pravcu istoka (Terhürne-Berson i sur. 2004). Obzirom da čovjeka interesira to kretanje, a prije svega da bi mogao predvidjeti što će se desiti s šumskim drvećem u narednom periodu, razvijene su brojne metode za rješavanje ovog problema. Tako je za običnu jelu najbolji prikaz dinamike seobe dobiven pomoću analize peludi, sintetizirana su sva istraživanja u jedno, te su zasad uspješno ukazani smjerovi kretanja u Europi (Huntley i Birks 1983). Te su tvrdnje na molekularnoj razini uporabom biokemijskih biljega istraživali Bergmann (1991b), Konnert i Bergmann (1995), Longauer (1996) za šire područje Europe, a Hüssendorfer za Švicarsku (1996), te Ballian i sur. (2012) za Bosnu i Hercegovinu, a potvrdili su rezultate analize peludi. Za razliku od njih Liepelt i sur. (2002) i Gömöry i sur. (2004) to potvrđuju primjenom biljega mtDNK, a sintezu migriranja jele na molekularno-genetskoj razini je prikazao Liepelt i sur. (2009).

Prema Huntley i Birks (1983), analiza peluda u kasnom ledenom dobu (prije 13.000 - 11.000 godina) pelud je registriran samo na jugu Italije i Grčke, ali prema navodima Tzedakisa (1993) još prije 20.000 godina. Ipak, prema Huntley i Birks (1983), u holocenu je registrirano širenje sa Pireneje (karta 4). Između 10.000 i 9.000 godina (praboreal) pelud je već u dobroj mjeri registriran na području južnih Alpa (karta 5) i na Pirenejima. Već prije 8.000 godina (boreal) uočljivo je širenje obične jele u Italiji (karta 6). Za sljedećih 500 godina dolazi i do velike seobe obične jele iz grčkog pribježišta prema sjeveru, a prije 7.500 godina dolazi i do prvih kontakata jela iz dvaju pribježišta (karta 7). U sljedećih 500 godina jela naseljava Alpe (karta 8). U kasnom holocenu, prije 6.000 godina (atlantikum) uz širenje u središnjoj Europi (Austriji),

počelo je i širenje na Karpate. Na jugu Grčke diferencira se pelud *Abies cephalonica* i *Abies borisii - regis* (karta 9). Prije 5.500 godina uslijedila je druga faza širenja u središnjim masivima Europe, istočne Austrije i Karpata (karta 10). U sljedećoj fazi širenja, prije 5.000 godina, obična jela širi se na sjever (karta 11), što se zbiva i u sljedećoj fazi, prije 4.000 godina (subboreal), kada konsolidira svoje rasprostiranje (karta 12). Naredna faza, prije 3.000 godina (subatlantikum) jela pokazuje rascjepkanost u rasprostiranju, osobito u sjevernoj Italiji i Mađarskoj (karta 13). Prije 2.000 godina jela počinje stagnirati na sjeveru i dolazi do izolacije grčkog i pirinejskog dijela rasprostiranja (karta 14). Prema analizi peluda, prije 1.000 godina jela preovladava u jugoistočnoj Europi, a njezino rasprostiranje postaje diskontinuirano (karta 15).

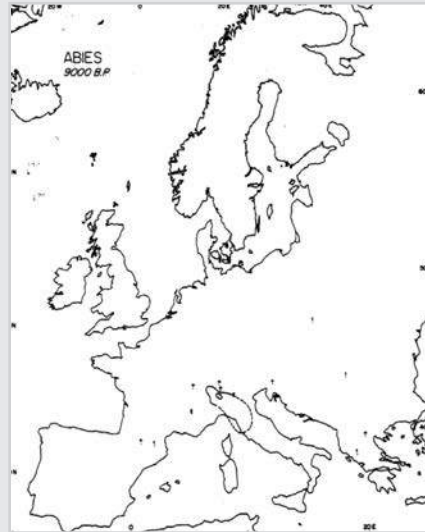
Unatoč vrlo kvalitetnim istraživanjima, ovi su rezultati manjkavi, upravo za područja Hrvatske i Bosne i Hercegovine jer na ovim područjima ima vrlo malo istraživanja na fosilnom peludu, koja bi dala jasniju sliku o kretanju obične jele poslije ledenog doba. Inače, većina je podataka za naše područje aproksimativna, na osnovu malog broja uzoraka sa vrlo širokog područja.

Za razliku od fosilne peludi, molekularno-genetska istraživanja upotpunjuju ovu prazninu, te se za jelu možemo osloniti na njih (Konnert i Bergmann 1995, Gömöry et al., 2004, Liepelt i sur 2002, 2009), a tu su i brojna istraživanja za druge vrste (Bennett i sur. 1991, Comes i Kadereit 1998, Taberlet i sur. 1998, Hewitt 1999, Petit i sur. 2002, Slade i sur. 2007).

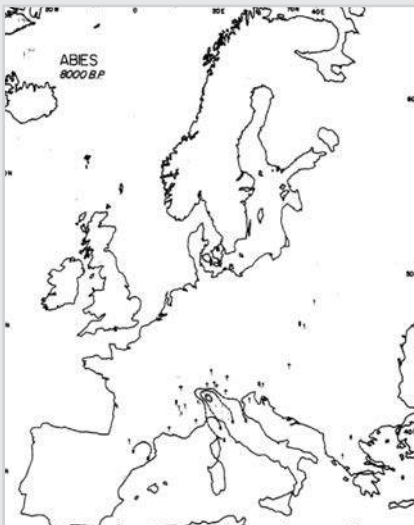
Nova istraživanja i analize peludi u tresetu Prokoškog jezera u središnjoj Bosni koja je proveo Dörfler (2013), ukazuju na prvo prisustvo peludi obične jele u slojevima koji su stari oko 10.000 godina, što će utjecati da se nešto revidiraju nalazi Huntley i Birks (1983). U sloju starosti oko 9.000 godina količina peludi obične jele se značajno uvećava na račun listača, a to se također nalazi i u sloju starosti 5.000 godina, kao i u novim prilično mladim slojevima. Ovim saznanjima se nešto revidiraju nalazi Huntley i Birks (1983), koji ukazuju na pojavu obične jele u našim krajevima tek prije 7.500 godina, jer za rane faze migracija jele u njihovoj studiji su nedostajali novi rezultati istraživanja peludi. Ovim je popunjena značajna praznina u istraživanjima, a utvrđeno je da se obična jela mogla naći i ranije na našim područjima.



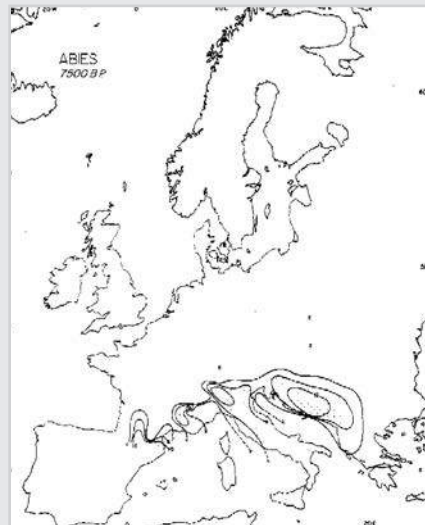
Karta 4. Rasprostiranje obične jele prije 11.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



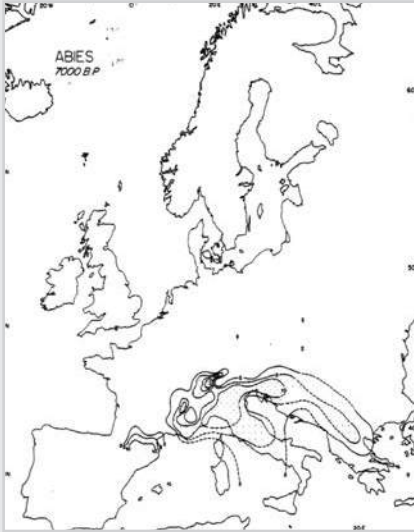
Karta 5. Rasprostiranje obične jele prije 9.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



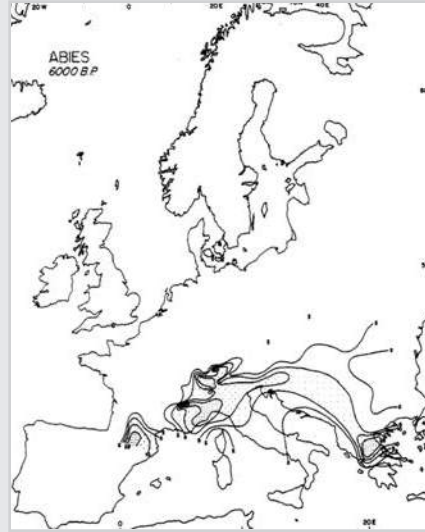
Karta 6. Rasprostiranje obične jele prije 8.500 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



Karta 7. Rasprostiranje obične jele prije 7.500 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



Karta 8. Rasprostriranje obične jele prije 7.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



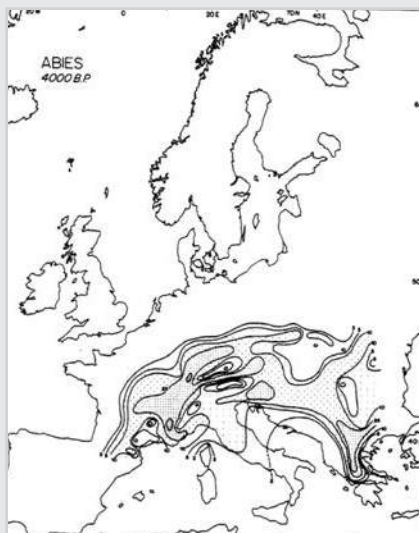
Karta 9. Rasprostriranje obične jele prije 6.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



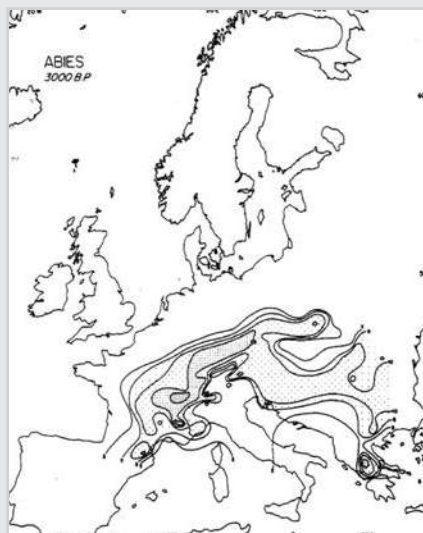
Karta 10. Rasprostriranje obične jele prije 5.500 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



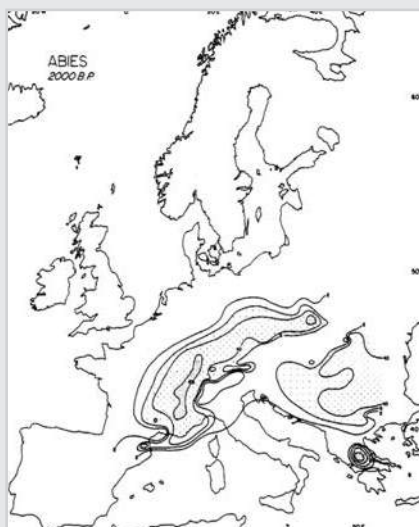
Karta 11. Rasprostriranje obične jele prije 5.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



Karta 12. Rasprostiranje obične jele prije 4.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



Karta 13. Rasprostiranje obične jele prije 3.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



Karta 14. Rasprostiranje obične jele prije 2.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).



Karta 15. Rasprostiranje obične jele prije 1.000 godina, prema Huntleyju i Birksu (1983).

EKOLOŠKE OSOBITOSTI OBIČNE JELE

Klimatski uvjeti

Jela je vrsta drveća umjerene i oceanom ublažene kontinentalne klime. Ne odgovara joj toplo-suha i hladno-suha klima (Dizdarević i sur. 1987, Pintarić 2002). Da je jela mnogo bolje prilagođena oceanskoj klimi i blagoj zimi, nego smreka, pokazuje se i njenim prirodnim pojavljivanjem i sjajnom uspijevanju u Vogezima pa čak i na nižim položajima, a djelomično i u vještačkim pokušajima uzgajanja, starim vjekovima u istočnoj Friziji, Danskoj i južnom rtu Švedske (Pintarić 2000).



Slika 10. Populacija obične jele na planini Orjen, lokalitet Bijela Gora

Svjetlost

Veliku prednost obična jela ima u malim zahtjevima za svjetlom. Ona dobro podnosi zasjenu te zajedno s tisom u odnosu na ostale vrste drveća, zauzima prvo mjesto. Jela postiže kompenzaciju disanja fotosintezom kod početnoga intenziteta svjetla od 300 do 600 luksa, slično kao i bukva, dok smrčiči treba od 1.000 do 2.000 luksa (Prpić i Seletković 2001).

Odnos jele prema svjetlu i šumska zajednica u kojoj uspijeva jela preduvjet su za preborni način gospodarenja, a bez udjela jele nema prave preborne šume (Matić 1983, Korpel 1996). Jelova stabalca mogu izdržati vrlo dugo u gustoj zasjeni preborne šume. Prema Šafaru (1963), tzv. *zastarčena* jelova stabla mogu živjeti u

zasjeni od 100 do 150 godina, a poslije pojave veće količine svjetla normalno se razvijaju, što znači da podnošenje zasjene daje jeli veliku prednost u suparništvu s ostalim vrstama.

Toplina

U zahtjevu prema *toplini* jela je vrlo osjetljiva te pripada vrstama uske ekološke valencije (Prpić i Seletković 2001). Prema Pintariću (1991), jela je osjetljiva na ekstremne temperature jer podmladak strada od kasnih mrazeva (faze mladika i guštika), a starija stabla od upale kore.

Kada je u pitanju kasni mraz šteta obično nastaje po stranim izbojcima koji se u proljeće pojavljuju prije vršnih. Prema Šafaru (1963), posljedice nastale od mraza jela prevladava velikom sposobnošću regeneracije. Tokom vegetacijskog razdoblja jela zahtijeva 3 mjeseca bez mraza. Oštre granice areala prema sjeveru i istoku mogu se također objasniti rijetkim urodom jele na tim dijelovima areala, kao posljedica utjecaja kasnog mraza. Da je jela osjetljiva na mraz potvrdila je i ekstremna zima 1928 - 1929. godine u područjima Gornje Šlezije, Poljske, kao i drugim krajevima, gdje je u stare jelove sastojine prodire mraz i u više mahova potiskuje jelov podmladak (Mekić 1998).

Vlaga

Jela je vrsta drveća koja zahtijeva dosta vlage. Količina padavina u području areala iznosi prosječno 1.000 - 2.000 mm (Dizdarević i sur. 1987), tako da su i granice rasprostiranja jele u velikom slučaju uzrokovane nedostatkom vlage. Kako navodi Pintarić (1991), za uspješnu obnovu jele neobično značajan činilac je vlaga. U razvojnem stadiju mladih biljaka do 3 godine jela je vrlo osjetljiva na sušu i nedostatak vlage. Potraje li suša dulje vrijeme, mlade biljke se veoma brzo osuše (Prpić i Seletković 2001).

Uvjeti tla

Tla na kojima se prirodno pojavljuje jela, približno su istovjetna kao i u smreke. U optimalnom području prirodnog rasprostiranja i u dobrom gospodarenju nema naročite zahtjeve što se tiče mineralnoga

sastava tla. Zato se u takvim okolnostima može dobro održati na raznim tipovima tla. Na nadignutim tresetištima jele sasvim nema. Ona je ipak nešto jačih zahtjeva nego smreka i dolazi radije prije svega na aktivnim i snažnim zemljištima sa blagim humusom. Na višim položajima održava se i na rendzinama iznad vapnenačkih blokova i morenama (Mekić 1998).

Kako dalje navodi Mekić (1998), prema rubu areala njen opstanak mnogo ovisi o geološkoj podlozi; u toplijim dijelovima njenoga rasprostiranja, više joj odgovaraju silikatna i dublja vapnenačka tla, koja su hladnija i svježija. Ako su tla pretopla i vladaju pretežno topli i suhi vjetrovi, nepovoljne su joj i sjeverne ekspozicije. Veći su zahtjevi jele prema fizikalnom sastavu tla. Mada ona još sasvim dobro raste i na silikatnim stijenama, ipak izgleda da njen optimum leži na vapnencu (Švajcarska-Jura, zapadni Alpi).

Prema Šafaru (1963), osnovno je da je tlo dovoljno svježije, kisela tla su redovno i hladna, a baš takva jela najbolje i odgovaraju; da li su ona kisela ili nisu jako kisela, to nije osnovni kriterij za dobro podmlađivanje i razvitak jele. Ali, prevelika kiselost tla može biti i štetna.

Prema tome, na području prirodne rasprostranjenosti, jela se održava uglavnom na ovim zemljištima; smeđa kisela i podzolasta na silikatima, smeđa na vapnencima, organo - mineralne i smeđe rendzine (Dizdarević i sur. 1987).

Priraščivanje

Obična jela je šumska vrsta drveća sporoga rasta, ali i velikog prirasta, ako se uzgaja u dugoj ophodnji. Visinski rast obične jele vrlo je spor, a prirast u početku malen (Klepac 2001).

Pri povoljnim uvjetima priliva svjetlosti kulminacija visinskog prirasta jele nastupa u periodu između 30 i 40 godina, a kod zasjenjene jele kulminacija se javlja nešto kasnije i to između 50 i 60 godina (Pintarić 1991).

Ipak, na kraju svoje fiziološke zrelosti jela može da dosegne visinu i do 40 m. U našim prašumama (Perućica), pojedini primjerci jele bili su i viši (do 50 m), a prsna debljina do 160 cm (Jovanović 2000, Mekić 1988).

Prema prinosno - prihodnim tablicama Hausser-a (1956), taksacioni elementi za jelu su sljedeći:

Razvoj i prirast sastojinske visine ima prvo mjesto, štoviše, visina jednodobne sastojine u stotoj godini može poslužiti kao indikator boniteta staništa. U Njemačkoj, na prvom stanišnom bonitetu, visina jednodobne sastojine obične jele kreće se oko 30 m (30 m prema Loreyu; 31,35 m prema Gehrhardt; 29,90 m prema Hausseru; 31,8 prema Eichornu). U jelovim jednodobnim sastojinama na području Hrvatske ta je vrijednost nešto veća (Klepac 2001).

Kako dalje navodi Klepac (2001), da bi se uzgojila obična jela, debela oko 45 cm u prsnoj visini, treba joj u šumskom uzgoju prosječno oko 100 godina. Dakako, taj se broj godina može skratiti posebnim tretmanom, pogotovu u intenzivnom uzgoju.

Prema navodima Mekića (1988), maksimalni volumni prirast jele na boljim staništima preborne šume može biti 7-10 m³ godišnje po ha, a na najboljim do 12 m³.

Karakteristično je da jela u starosti zadržava visoku vrijednost prirasta taksacijskih elemenata (visina, promjer, zapremina), što je i vidljivo iz uspoređenja prirasta tih taksacijskih elemenata u starosti od 100 i 140 godina.

Kako navodi Matić (1983), međusobni odnosi između preborne i jednodobne sastojine u pogledu kvaliteta njihovog prinosa, tj. kvaliteta drva, nisu još do kraja osvijetljeni.

Uzgojna svojstva jele

Kako smo već prethodno rekli, obična jela je vrsta drveća sa uskom ekološkom valencom koja za svoj uspješan rast, prirast i normalan razvoj traži ekološki dosta određena i prilično definirana staništa, kakva su inače u prirodnim prebornim jelovim šumama. Razlog je njena visoka osjetljivost na ekstremne temperature jer podmladak strada od kasnih mrazova, a starija stabla od upale kore. Za vrijeme vegetacijskog perioda zahtijeva najmanje 90 dana bez mraza.

Iz navedenih razloga se ne preporučuje podizanje šumskih kultura obične jele na otvorenim površinama s degradiranim šumskim ili drugim tlima. Rast takvih kultura na takvom je staništu obilježen velikim postotkom propadanja i sušenja sadnica i slabim kvalitetom buduće sastojine. Zbog toga mnogi autori preporučuju podizanje takvih kultura pod matičnom sastojinom nekih od pionirskih vrsta, zbog njene zaštite od nepovoljnih temperaturnih i svjetlosnih ekstremnih utjecaja.

Kako navodi Matić i sur. (2001), preborna je šuma vezana uz običnu jelu jer je ova vrsta, u svom prirodnom području rasprostranjenosti, od svih vrsta koje podnose zasjenu najprikladnija za preborni uzgoj. U daljim navodima istog autora, preborno gospodarenje najviše odgovara čistim jelovim šumama i mješovitim šumama jele i bukve, jele, bukve i smreke, jele i smreke.

Po navodima Leinbundguta (1945), idealan preborni oblik šume vezan je uz areal jele, bukve i smreke, a Flury (1933) navodi kako su jela i smreka najvažnije vrste koje prebornoj šumi daju njezin značaj. Po



Slika 11. Populacija jele Čabulja, lokalitet Bijele stijene

navodima Šafara (1948), za uzgoj prebornim načinom najprikladnije su vrste sjene, a među njima najbolje odgovara jela, jer ima vrlo jaku snagu regeneracije te pod zastorom može da izdrži dugi niz godina. Inače, jela može u zasjeni preživjeti čitavo stoljeće i više (Matić i sur. 2001), pa je stoga i razumljivo da se načelo prebiranja najviše razvilo u uređenim šumskim područjima koja obiluju jelovim sastojinama.

Jela kod nas rijetko pridolazi u čistim sastojinama. Većinom se pojavljuje u većoj ili manjoj mjeri, u šumama bukve i jele, šumama bukve i jele sa smrekom i s drugim vrstama. Iako je široko rasprostranjena to ne znači da se nalazi u svim šumama s bukvom i smrčom, a tome je uzrok, uz ekološke faktore, i vrlo često antropogeni utjecaj (Ballian 2002).

Iz svega rečenog, kako navodi Pintarić (1991), preborne i skupinasto-preborne sječe čistih jelovih sastojina i mješovitih sastojina jele, smreke i bukve su najuobičajeniji način prirodne obnove, a ujedno to nije samo način obnove nego i sistem gospodarenja sa tom vrstom drveća.

Ekološko-vegetacijska pripadnost obične jele

U Bosni i Hercegovini je provedena ekološko-vegetacijska rejonizacija šuma (Stefanović i sur. 1983). Fitocenoze obične jele nalaze se u svim izdvojenim oblastima u Bosni i Hercegovini. Za običnu jelu važna je pripanonska oblast gdje se javlja na nekoliko posavskih planina, a najvažnija je oblast unutrašnjih Dinarida gdje je najviše zastupljena u mješovitim šumama bukve i jele, te u submediteransko-planinskoj oblasti gdje gradi male i specifične populacije na visokim Hercegovačkim planinama. Inače, svaka od oblasti se dijeli na više područja, i to:

Pripanonska oblast:

1. sjevernobosansko područje,
2. sjeverozapadno bosansko područje;

Prelazno ilirsko-mezijska oblast:

1. prelazno ilirsko-mezijska oblast,
2. gornje-drinsko područje;

Oblast unutrašnjih dinarida:

1. područje cazinske Krajine,
2. područje zapadnobosansko vapnenačko-dolomitno,
3. srednjobosansko područje,

4. zavidovičko - tesličko područje,
5. područje istočnobosanske visoravni,
6. jugoistočnobosansko područje;

Mediterransko-dinarska oblast:

1. submediteransko-planinsko područje,
2. submediteransko-montano područje,
3. submediteransko-područje,
4. eumediteransko-područje.

Sva izdvojena područja nisu ekološki potpuno homogena, te se dalje dijele na rajone, prema mikroklimatskim, pedološkim i fitocenoziološkim svojstvima. U nastavku će se dati samo osnovna obilježja za oblasti i područja koja se izravno odnosi na običnu jelenu prema Stefanoviću i sur. (1983).

Pripanonska oblast

Diferencirana je na dva područja: sjeverobosansko i sjeverozapadno-bosansko.

1. Sjevernobosansko područje

Zauzima središnji dio sjeverne Bosne, od Save do obronaka brdsko-planinskih oblasti unutrašnjih Dinarida. Na istoku graniči sa prelaznom ilirsko-mezijskom oblastu, linijom Brčko - greben Majevice - istočni rub Sprečkog polja, a na zapadu i jugozapadu sa sjeverozapadno-bosanskim područjem iste oblasti. U visinskom dijapazonu prostire se od 80 do 980 m.

Klima ima izrazit umjeren kontinentalni karakter, gdje 55% ukupnih padavina padne u toku vegetacijskog perioda. Potencijalna evaporacija je veća od padavina u vegetacijskom periodu (0,91), što zajedno sa ostalim pokazateljima ukazuje na kontinentalnost i kserotermnost klimatskih prilika.

U pogledu geomorfologije i geološke građe izdvajaju se aluvijalne ravni rijeke Save i donjih tokova rijeka Vrbasa, Ukrine, Bosne sa Usorom i Sprečom, te diluvijalnim terasama, kao i uzdignutim brežuljkastim reljefom pretežno tercijernih sedimenata, koji su često pokriveni bezvapnenačnim lesom.

Od tla prevladava pseudoglej i distrični kambisol na tercijernim sedimentima, a manje su zastupljene kombinacije eugleja i semigleja;

samostalni zemljišni areali fluvisola, pelosola, te rendzine na laporcu i kalkokambisola na vapnencu. Ova tla su nepovoljnih svojstava, posebno vodno-fizičkih (zbog teškog mehaničkog sastava i suvišnog vlaženja). Nešto povoljnija su tla koja pripadaju tipu distričnog kambisola, ali ona se javljaju češće na većim nagibima i manjim površinama.

2. Sjeverozapadno bosansko područje

Prostire se od rijeke Une ka jugoistoku, uvlačeći se uz Vrbanju iznad Kotor Varoši. Pripada pretežno brdskom, a manjim dijelom dolinskom (kotlinskom) pojasu u visinskom intervalu od 130 do 500 m nadmorske visine.

Područje karakterizira umjereno kontinentalna klima sa znakovima utjecaja atlantske klime. Koeficijent kontinentalnosti je manji (oko 54%), a odnos potencijalne evapotranspiracije i padavina u vegetacijskom periodu je povoljniji (oko 0,98). Vegetacijski period traje od 195 do 200 dana.

Geomorfološki, područje je izgrađeno od aluvijalnih ravni u dolinama rijeke Une, Sane i Vrbasa, Ukrine, te tercijskih sedimenata, a manje paleozojskih pješčara i škriljaca, eruptiva i vapnenca.

Najviše zastupljeniji tipovi tla su pseudoglejevi sa distričnim kambisolom, a ima i semiglejeva, fluvisola, vertisola, eutričnih kambisola, pelosola, kao i kalkokambisola na vapnencu.

Struktura zemljišnog pokrivača, kao i svojstva kartografskih jedinica, slična je sjevernom bosanskom području, samo je zbog klimatskih prilika još više naglašen problem suvišnog vlaženja.

Prelazno ilirsko-mezijska oblast

Oblast je diferencirana na dva područja: Donje-drinsko i Gornje-drinsko.

1. Donje-drinsko područje

Zauzima sjeveroistočni dio Bosne, koji ograničava linija: Brčko - greben Majevice - istočni rub Sprečkog polja - Vlasenica - obronci Javor planine - kanjon Drine. Većim dijelom pripada nizinskom i brdskom pojasu, a manjim dijelom planinskom, od 80 do 1.020 m nadmorske visine.

U nižim dijelovima područje ima karakter kontinentalne (aluvijalne ravni i diluvijalne terase), a u višim karakter umjereno kontinentalne klime. Na padavine u vegetacijskom periodu otpada oko 55% godišnje

količine padavina, a odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije je veoma nepovoljan (oko 0,82). Vegetacijski period traje od 190 do 210 dana.

Geomorfološki, ovo područje karakterizira aluvijalna ravan u kojoj se diže masiv Majevice u sjevernom dijelu. Južno od Zvornika područje prelazi u planinski masiv iznad kanjona Drine. Izgrađeno je od aluvijalnih sedimenata, eocenskog fliša, andezitsko-dacitskih eruptiva, paleozojskih i trijaskih sedimenata.

Najviše zastupljeni tipovi tla su iz odjela automorfnih i hidromorfnih, koji čine samostalne areale i zemljišne kombinacije. Njihova pojava vezana je za geomorfološku građu. U nižim predjelima prevladavaju hidromorfna tla, a u višim automorfna, u kojima su najviše zastupljeni predstavnici iz kambične klase.

Realna šumska vegetacija: Šumske fitocenoze zadržale su se mozaično u zavisnosti od orografsko - edafskih i antropogenih utjecaja. Zastupljene su: šume bukve (*Fagetum montanum*), među kojim prevladavaju šume bukve acidofilnog karaktera (*Luzulo - Fagetum*), a na većim visinama u jarugama se mogu naći i ostaci jele.

Potencijalna šumska vegetacija: U višim predjelima šumama bukve i jele bez smreke.

2. Gornje-drinsko područje

Brdsko-planinski predjeli jugoistočne Bosne od obronaka Jahorine, Ravne planine i Romanijske visoravni na sjeverozapadu, do granice sa Srbijom i Crnom Gorom na jugoistoku, odnosno od kanjona Tare i Drine na jugozapadu do Stolac-planine i kanjona Drine na sjeveroistoku. Zauzima visinski interval od 350 m (dolina Drine kod Višegrada) do 2.238 m nadmorske visine (vrh V. Ljubišnje).

Niži dijelovi ovog područja (oko Višegrada i šire okoline Goražda) su pod utjecajem umjereno kontinentalne klime sa tendencijom opadanja padavina i povećanjem temperature u periodu od juna do početka septembra. Još veći utjecaj mediteranske klime osjeća se u području Foče. Viši položaji (ogranci Jahorine, Ljubišnje, Stakorine) su sa izmijenjenom umjereno kontinentalnom, sa obilježjima planinske klime. Odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije u vegetacijskom periodu je veoma nepovoljan (oko 0,83), što uz relativno malu rezervu biljkama pristupačne vode u zemljištu čini ovo područje veoma kserotermnim. Vegetacijski period traje od 140 do 200 dana.

Ovo područje je relativno geomorfološki homogeno (padine gornjeg toka rijeke Drine) i u njemu su zastupljeni grauvakni pješčari i škriljci, pretežno argilofiliti, vapnenci i serpentiniti.

Tla su najvećim dijelom iz odjela automorfnih i to klase kambičnih tla.

Realna šumska vegetacija: Ovdje su rijetko zaostale enklave šume bukve i jele sa smrekom (*Piceo - Abieti - Fagetum*).

Potencijalna šumska vegetacija: Viši predjeli pripadaju pojasu klimaregionalne zajednice bukve i jele sa smrekom.

Oblast unutrašnjih Dinarida

Oblast se dijeli na: područje cazinske Krajine, zapadnobosansko vapnenačko-dolomitno, srednjobosansko, zavidovičko-tesličko, istočnobosanske visoravni i jugoistočno bosansko.

1. Područje cazinske Krajine

Obuhvaća krajnji sjeverozapad Bosne, od Une i podnožja Plješevice, do granice sa Hrvatskom. Pripada brdskom pojasu dosta ujednačenih orografskih prilika, u visinskom intervalu od 200 do 550 m.

Klima ovog područja je umjereno kontinentalna, ali u periodima maj - juli i septembar - oktobar osjećaju se utjecaji mediteranske klime, tako da u vegetacijskom periodu ukupno padne u prosjeku oko 48% godišnjih padavina. Odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije u vegetacijskom periodu je povoljan (oko 1,4). Vegetacijski period traje od 170 do 205 dana, zavisno od meteoroloških elemenata uzetih u obračun za stanice Velika Kladaša i Bihać.

Geomorfološki, ovo je brežuljkasto-brdsko područje, izraženoga reljefa, izgrađenoga od vapnenca i kiselih silikatnih stijena često prekrivenih sa debelim nanosima bezvapnenačkog lesa.

Najviše zastupljena su tla akrični luvisol na vapnencu i distrični kambisol na kiselim silikatnim stijenama, a manje su zastupljeni mozaici kalkomelosola sa luvisolom ili kalkokambisola na vapnencu, luvisola na kiselim silikatnim stijenama, te semigleja i fluvisola.

2. Zapadnobosansko vapnenačko-dolomitno područje

Zauzima velika geografska prostranstva vapnenačko-dolomitnih površina i planinskih masiva od Une na sjeverozapadu glamočko-kupreške visoravni, uključujući i nju, na jugoistoku. Graniči se sa mediteransko-dinarskom oblasti na jugozapadu dosežući do doline

Vrbasa, linijom Voljevac - Jajce, odakle prelazi na desnu obalu, zahvaćajući vapnenačke masive Vlašića i Čemernice. Većim dijelom pripada planinskom i subalpinskom pojasu, od 800 (900 m) do 1.900 m. Manjim dijelom predstavlja brdsko područje, od 300 do 700 (800) m nadmorske visine.

Karakterizira sa nedovoljno jasno međusobno razgraničenim prostorima mediteranske i kontinentalne klime. Prema analizi podataka za stanicu Drinić, u zimskom periodu preovladava utjecaj kontinentalne, a u ljetnom periodu mediteranske klime. Ima karakteristika i planinske klime uvjetovane nadmorskom visinom područja. Iako su odnosi padalina i evapotranspiracije povoljni, u vegetacijskom periodu pada manji dio godišnjih padavina. Vegetacijski period traje od 120 do 200 dana, zavisno od nadmorske visine.

Geomorfološki, ovo područje je izgrađeno od nekoliko vapnenačko-dolomitnih masiva i visoravni. Mjestimično ima tragova glacijalnih aktivnosti. Dolomiti mogu biti čvrsti, a češće se javljaju istrošeni u vidu dolomitne pržine. Silikatne stijene su malo zastupljene, a na njima susrećemo uglavnom distrične kambisole.

Karakteristike tla su plitkoća, suhoća, skeletnost, težak mehanički sastav i visoka površinska kamenitost.

Realna šumska vegetacija: Najviše su zastupljene fitocenoze bukve i jele sa smrekom (*Piceo - Abieti - Fagetum*). Dijelovi područja izloženi klimatskom utjecaju Panonske nizije odlikuju se šumama bukve, jele bez smreke (*Abieti - Fagetum*).

Potencijalna šumska vegetacija: Najveće površine pripadaju klimaregionalnim šumama bukve i jele sa smrekom sa kojima, u mikro-klimatski specifičnim staništima, alterniraju mrazišne šume smreke.

3. Srednjobosansko područje

Obuhvaća teritoriju od gornjeg toka Bosne na jugozapadu, do grebena Ivan Sedla, Bitovnje, Vranice, niz dolinu Vrbasa do Jajca. Sjeveroistočno od doline Bosne dopire do linije Nahorevo - sjeverno od Breze, izvorišnih predjela Žuče i Ribnice, pa na Begov-han pružajući se preko Bosne na sjeverozapad do Banje Luke. Područje je izrazito brdsko-planinskog karaktera, sa prostranijom subalpinskom zonom na masivima Vranice i Bitovnje i užom u širom dolinskom zonom uz Bosnu, Lepenicu, Fojnicu i Vrbas. Visinski se prostire od 300 m do preko 2.200 m nadmorske visine (vrhovi Vranice).

Područje je pod dominantnim utjecajem planinske klime. Međutim, od jula do septembra i od decembra do juna osjeća se djelovanje kontinentalne klime (Zenica). U ostalom dijelu godine jači su utjecaji mediteranske klime. U vegetacijskom periodu padne oko 48% godišnjih padavina, ali je odnos padavina prema potencijalnoj evapotranspiraciji ipak donekle nepovoljan. Vegetacijski period (bar u nižem dijelu područja) traje od 180 do 200 dana.

Geomorfološki se razlikuju tri cjeline i to: masiv srednjobosanskog škriljogorja (uglavnom izgrađen od kristalastih škriljaca i riolita), brežuljkast teren jurskog fliša i sarajevsko-zenička kotlina (uglavnom izgrađena od tercijskih sedimenata).

Zemljišni pokrivač je vrlo raznolik i složen, ali se izdvajaju dosta homogene površine izdvojene u posebne rejone.

4. Zavidovičko-tesličko područje

Obuhvaća sljev srednjeg toka rijeke Bosne, posebno Krivaje i Usore, odnosno masiva Konjuha, Ozrena i Borje. Područje se karakterizira i jako heterogenim orografskim prilikama, a nalazi se u brdsko-planinskom pojasu od 250 do 1.328 m nv (vrh Konjuha).

Najvećim dijelom godine ovo je područje pod utjecajem izmijenjene umjereno kontinentalne klime. Jači utjecaj mediteranske klime osjeća se u periodu lipanj-kolovoz. Zbog svega toga u vegetacijskom periodu padne u prosjeku oko 56% godišnjih padavina, pa je i odnos padavina i potencijalne potrošnje vode, sa klimatskog aspekta, povoljan. Vegetacijski period traje 180 do 190 dana (Maoča i Kladanj).

Geomorfološki, ovo područje pripada srednjobosanskoj ofiolitskoj zoni, a odlikuje se orografski brdsko-planinskim obilježjima sa dosta izraženim reljefom. Izgrađeno je pretežno od serpentiniziranog peridotita, eruptiva, rožnjaka, a vapnenci su daleko manje zastupljeni.

Najviše rasprostranjeni tipovi tla su eutrični kambisol na peridotitu i serpentinitu, kao i distrični kambisol na kiselim silikatnim stijenama. Manje su zastupljeni eutrični kambisoli na ostalim silikatnim stijenama, pseudoglejevi, mozaik kalkomelanosola i kalkokambisola.

Realna šumska vegetacija: Nalazimo šume bukve i jele sa smrekom (*Abieti-Fagetum serpenticum*), acidofilne šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum silicicolum*).

Potencijalna šumska vegetacija: Potencijalna šumska vegetacija je veoma mozaična. Ipak, veće površine pripadaju šumama bukve i jele i

šumama bukve i jele sa smrekom, unutar kojih su interpolirane borove i hrastove šume kao trajni stadij vegetacije.

5. Područje istočnobosanske visoravni

Obuhvaća planinske krajeve počevši od linije Sarajevo - Vareš do kanjona Drine sa veoma izraženom romanijsko-sjemečkom visoravni. Sa juga je omeđeno granicom sa prijelazno ilirsko-mezijskom oblasti, kao i sa sjeveroistoka, dok je sa sjeverozapada odvojeno ofiolitskom zonom, linijom Olovo - Kladanj (istočni dio Sprečkog polja). Izrazito planinsko područje, u visinskom intervalu najvećim dijelom preko 1.000 m nv sa najvišim vrhovima Lupoglav na Romaniji 1629 m, Žep 1.520 m, Sjemeč 1.497 m.

I pored relativno položenog toka linije koja označava planinski karakter klime, u periodu od novembra do maja osjeća se utjecaj kontinentalne klime. U vegetacijskom periodu padne oko 52% godišnjih padavina, te je odnos padavina i evapotranspiracije povoljan (u prosjeku 1,04). Vegetacijski period traje 120 do 190 dana (Pale, Pržići, Vlasenica, Sokolac i Sjemeč).

Geomorfološki, ovo područje zauzima širi teritorij planinskih masiva i visoravni istočne Bosne. Visoravni imaju karakter starih riječnih ili fluvioglacialnih terasa. Uglavnom su izgrađene od vapnenačkih (jedrih, hanbuloških i sa interkalacijama rožnjaka), kao i verfenskih glinaca i kvarcnih pješčara. Vapnenci su relativno slabo karstifikovani, sa visokom površinskom stjenovitošću.

Najviše su zastupljena tla na vapnencima i distrični kambisol na kiselim silikatnim supstratima.

Realna šumska vegetacija: Najzastupljenije su šume bukve i jele sa smrekom (*Piceo-Abieti-Fagetum*), unutar kojih su rasprostranjene često sekundarne šume bijelog bora i smreke (sa jelom) (*Piceo-Pinetum illyricum*), šume jele i smreke (*Abieti-Piceetum illyricum*).

Potencijalna šumska vegetacija: Područje pripada klimaregionalnom pojasu šuma bukve i jele sa smrekom, unutar kojih su interpolirane termofilne fitocenoze šuma borova, crnog graba, bukve, odnosno u depresijama intrazonalne mrazišne šume smreke.

6. Jugoistočnobosansko područje

Zauzima planinske i subalpske predjele jugoistočne Bosne, južno od sarajevskoga polja do granice s Crnom Gorom. Graniči s medite-

ransko-dinarskim oblastima. Područje se nalazi na 500 do 2.386 m nadmorske visine (vrh Maglića), ali prevladava teren od 1.000 do 1.600 m nadmorske visine.

Prema prosjeku srednjih vrijednosti temperatura, padavina i relativne vlage, u tom je području izražen utjecaj mediteranske klime jer oko 47 % padavina padne u vegetacijskom razdoblju. Međutim, u toku zime (od studenog do svibnja) jak je utjecaj kontinentalne klime. Omjer padavina i evapotranspiracije u prosjeku je povoljan (1,25). Vegetacijsko razdoblje traje od 100 do 170 dana.

S obzirom na geomorfološku i geološku građu u tom području visokih planina ima tragova glacijalnih procesa. Izgrađeno je od vapnenačko-dolomitnih stijena.

Prevladavaju različite kombinacije tla tipa mozaika na vapnencu i dolomitu, a manje distrični kambisoli na kiselim silikatima.

Kao realna šumska vegetacija prevladava šuma bukve i jele (*Abieti-Fagetum*) te šuma bukve i jele sa smrekom (*Piceo-Abieti-Fagetum*), na manjim površinama šuma bukve i jele bez smreke te sekundarna fitocenoza jele i smreke (pretežno *Abieti-Piceetum illyricum*).



Slika 12. Sjemenska sastojina obične jele,
JKP Sarajevo šume - gornje bosansko područje, odjel 121.

Potencijalna šumska vegetacija većim dijelom pripada klimaregionalnim šumama bukve i jele sa smrekom, a manjim dijelom šumama bukve i jele bez smreke.

Meditersko-dinarska oblast

Diferencira se na submediteransko - planinsko, submediteransko - montano, submediteransko i eumediteransko područje.

1. Submediteransko-planinsko područje

Prostire se u višim dijelovima mediteransko-dinarske oblasti, uglavnom iznad 800 m, pa do najviših predjela, koji prelaze 2.000 m nv (granični pojas mediteransko - dinarske i unutrašnjodinarske oblasti). Prema orografskim karakteristikama predstavlja izrazito planinsko područje sa široko zastupljenim subalpinskim pojasom.

Utjecaj mediteranske klime je izražen u cijelom području, pa čak i u području meteorološke stanice Gacko koja se nalazi na nadmorskoj visini od 960 metara. U vegetacijskom periodu u prosjeku padne oko 36% godišnjih padavina, ali, obzirom na nadmorsku visinu, odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije je povoljan (1,06). Vegetacijski period traje od 120 do 190 dana (Čemerno, Drvar).

Geomorfološki, karakterizira se visoko planinskim obilježjima vanjskih Dinarida, sa svim oblicima karstne erozije, kao i glacijacije. Izgrađeno je od vapnenaca i dolomita i tercijernih sedimenata u karstnim poljima, a izvorišni predjeli rijeke Neretve od jurskog fliša.

Prevladavaju zemljišne kombinacije tipa mozaika kalkomelanosola - kalkokambisola - luvisola, kao i mozaika kalkomelanosola - kalkokambisola na vapnencu, a manje su zastupljene rendzine na dolomitu, kompleks (odnosno mozaik) rendzina i kalkomelanosola - kalkokambisola na dolomitu i vapnencu, distrični kambisol, eutrični kambisol i semiglej. Tla su plitka sa visokim stupnjem površinske stjenovitosti, te se odlikuju naglim i čestim promjenama vlažnosti.

Realna šumska vegetacija: U mozaičnom rasporedu šumske vegetacije zastupljene su šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum*), sekundarne šume bukve (*Fagetum montanum illyricum*).

Potencijalna šumska vegetacija: Najveće površine pripadaju šumi bukve i jele.

2. Submediteransko područje

Najvećim dijelom zahvata niže predjele donje Hercegovine i jugozapadne Bosne, prostirući se uz Livanjsko polje. Visinski pripada dolinsko-brdskom pojasu, uglavnom do 750 m nv.

Ovdje je izrazit karakter submediteranske klime, što se posebno očituje uz tokove Neretve, Trebišnjice, Bregave i Trebižata. U višim predjelima (iznad 300 m) nešto je hladnije, a vegetacijski period traje od 200 do 230 dana (Berkovići, Bileća, Ljubinje, Lištica i Konjic). Podaci za stanicu Livno znatno odstupaju od naprijed navedenih stanica. Niži dio područja (rejon sa zimzelenim elementima) je znatno topliji, pa vegetacijski period traje duže (240-260 dana), što se odražava na trajanje bezmraznog perioda. U vegetacijskom periodu u prosjeku za cijelo područje padne oko 33% godišnjih padavina. Odnos padavina i potencijalne evapotranspiracije u vegetacijskom periodu je vrlo nepovoljan (oko 0,66). Uzmemo li u obzir pljuskoviti karakter padavina i površinska i vertikalna oticanja, on je, ustvari, još nepovoljniji.

U pogledu geomorfologije, planinski masivi međusobno su razdvojeni visoravnima, zaravnima i kraškim poljima, a dobrim dijelom i aluvijalnim ravninama i terasama. Najvažnije stijene su vapnenci i dolomiti kredne i jurske starosti, a u poljima i aluvijalnim ravninama zastupljeni su tercijarni sedimenti i recentni aluvijumi. Lokalno ima i lesolikog materijala.

Za razliku od prethodnog područja ovo se karakterizira većim udjelom crvenica (*terra rossa*), bilo u zemljišnim kombinacijama ili kao samostalni zemljišni areal.

Klimatski i vegetacijski se područje diferencira na dva rajona, bez zimzelenih elemenata i sa zimzelenim elementima.

Pregled najznačajnijih fitocenoza obične jele

Prema Stefanoviću (1977) i Beusu (1997) u Bosni imamo čitav spektar fitocenoza u kojima nalazimo običnu jelu. Tako je nalazimo u svim klimatsko-edafskim zonama, a gradi naše ekonomski najznačajnije mješovite šume s bukvom. Ovdje ćemo samo pobrojati najznačajnije fitocenoze koje nalazimo u Bosni i Hercegovini prema Stefanoviću (1977) i Beusu (1997).



Slika 13. Dobro obnovljena jelova sastojina



I Neutrofilne šume bukve i jele, sveza šuma bukve na zemljištima bogatim bazama unutrašnjih krajeva *Fagion illyricum* (Horv. 1938.).

- Šume bukve i jele dinarskog područja (Šume bukve i jele na vapnencima i dolomitima) - *Abieti-fagetum dinaricum* Treg. 1957. em. (Syn. *Abieti-Fagetum illyricum* Fuk. et Stef. 1958.).
- Šume bukve i jele na peridotitu i serpentinitu - *Abieti-fagetum serpentinum* (Jov. 1979. emend. Beus, 1986.).

II Acidofilne šume bukve i jele, sveza šuma bukve na zemljištima siromašnim bazama *Luzulo-Fagion* (Lohm. et Tx. 1954.).

- Šume bukve i jele na zemljištima siromašnim bazama - *Fago-Abietetum* (Stef. 1964.).

III Sveza šuma jele na vapnenačkim blokovima, *Calamagrostio-Abietion* (Horv. 1963.) i *Rhamno-Abietetum* (Fuk. 1958.).

- Šuma jele na vapnenačkim blokovima - *Calamagrostio-Abietetum* (Horv. 1950.).

IV Acidofilne šume četinjača, red *Vaccinio-Piceetalia* Br. - Bl. (1939.).

- Šume jele i okruglolisnog broća - *Galio rotundifolli-Abietetum* M. (Wrab. 1959.).
- Šume jele i rebrače - *Blechno-Abietetum* (Horv. 1950.).
- Šume jele i smreke - *Abieti-Piceetum* s. lat.



ISTRAŽIVANJA
VARIJABILNOSTI
OBIČNE JELE
U BOSNI I HERCEGOVINI

MORFOLOŠKO-FIZIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

ISTRAŽIVANJA ČEŠERA I SJEMENA OBIČNE JELE U SREDIŠNJOJ BOSNI

Značajna morfološka istraživanja obične jele u središnjoj Bosni su sprovedena od strane Balliana (2000) s ciljem utvrđivanja morfo-metrijskih veličina i određivanja parametara varijabilnosti odabranih svojstava češera (dužina i širina na sredini češera, širina 2 cm od baze češera, širina 1 cm ispod vrha češera); sjemena (dužina sjemena s krilcom, širina krilca, dužina sjemenke, širina na širem i užem dijelu); ljuski (dužina i širina ljuski). Također, i utvrđivanje određenih fizioloških veličina i određivanja parametara varijabilnosti za svojstva klijavosti sjemena, kao što je energija klijavosti i apsolutna klijavost. Kao krajnji cilj istraživanja željelo se utvrditi da li postoji značajna individualna varijabilnost unutar subpopulacija, između subpopulacija jedne populacije ili između populacija.

Izbor i opis terenskih objekata

Tijekom rujna i listopada 1997. godine selekcionirana su stabla obične jele na području populacija:

1. Igman
 - a. subpopulacija Ravne, vapnenac, 1.000-1.150 m/nv, sjeverna ekspozicija,
 - b. subpopulacija Lasički Stan, vapnenac, 1.100-1.200 m/nv, južna ekspozicija;
2. Fojnica
 - a. subpopulacija Kozigrad, filit, 700-900 m/nv, sjeverna ekspozicija,
 - b. subpopulacija Bistrica, filit, 950-1.100 m/nv, istočna ekspozicija;
3. Olovo
 - a. subpopulacija Jelovac, vapnenac, 950-1.100 m/nv, sjeverozapadna ekspozicija,

b. subpopulacija Mali Jelovac, vapnenac, 1.050-1.200 m/nv,
sjeverna ekspozicija;

4. Kakanj

a. subpopulacija Mehurić, peridotit, pješčari, 800-1.000 m/nv,
istočna ekspozicija,

b. subpopulacija Podborovica, verfeni, 1.100-1.200 m/nv,
sjeveroistočna ekspozicija;

5. Crepoljsko

a. subpopulacija Vukinjača, vapnenci, rožnjaci, 1.200-1.335 m/nv,
zapadna ekspozicija,

b. subpopulacija Žorci, vapnenac 1.050-1.180 m/nv,
jugozapadna ekspozicija.

Svaka od navedenih populacija minimalno je udaljena od susjedne populacije oko 30 kilometara. Unutar populacije odabrane su po dvije subpopulacije koje se razlikuju prema ekspoziciji i nadmorskoj visini, iako u nekim slučajevima dolazi i do nepotpunog preklapanja nadmorskih visina. Unutar svake subpopulacije je selekcionirano po deset stabala, međusobno udaljenih 50-100 m. Također se obratila pažnja da se populacije razlikuju u geološkoj, odnosno pedološkoj podlozi između izabranih populacija i u zastupljenosti sa različitim fitocenoza.

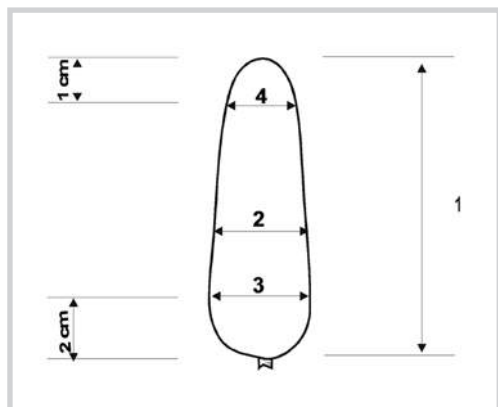
Način skupljanja uzoraka i mjerenja istraživanih svojstava

Sabrano je po pedeset komada češera sa svakog selekcioniranog stabla unutar subpopulacije.

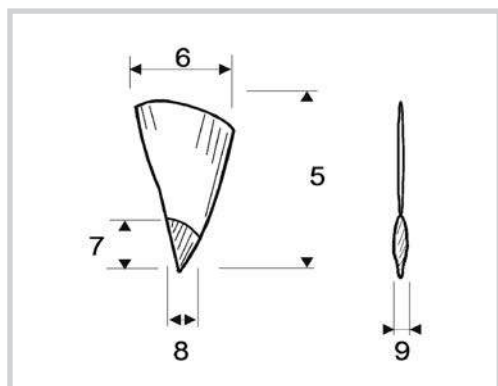
Da bi se mogli koristiti podaci za istraživanje morfoloških svojstava, na češerima su izvršena mjerenja prije nego je došlo do njihova rasipanja, koje nastupa po sazrijevanju i gubitku vlage u njima.

Za svojstva veličine češera izvršena su slijedeća mjerenja (Slika 14):

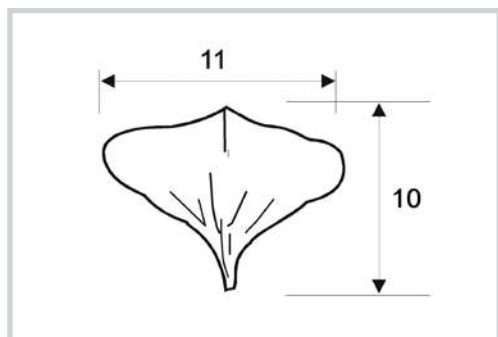
1. dužina češera,
2. širina češera na sredini dužine,
3. širina češera 2 cm od baze češera,
4. širina češera 1 cm od vrha češera.



Slika 14. Shema češera



Slika 15. Shema sjemenke s krilcom



Slika 16. Shema ljsuske češera

Nakon izmjere češeri su čuvani na suhom i prozračnom mjestu do vremena rasipanja, a potom je pažljivo odvojeno sjeme od ljsuki.

Za izmjere sjemena i ljsuki korišten je srednji češer, a izvršena su slijedeća mjerenja (Slika 15, Slika 16):

5. dužina sjemenke s krilcom,
6. širina krilca na najširem dijelu,
7. dužina sjemena,
8. širina sjemena,
9. debljina sjemena,
10. dužina ljsuske,
11. širina ljsuske.

Sva mjerenja češera sjemenki i ljsuki izvršena su pomičnim elektronskim mjeracem marke *Mauser*.

1. Dužina češera,
2. Širina češera na sredini dužine,
3. Širina češera na 2 cm od baze,
4. Širina češera na 1 cm od vrha.
5. Dužina sjemenke s krilcom,
6. Širina krilca,
7. Dužina sjemena,
8. Širina sjemena,
9. Debljina sjemena.
10. Dužina ljsuske češera,
11. Širina ljsuske češera.

Mjerene su težine 1.000 komada sjemenki dobivenih iz uzoraka češera po svakom stablu. Ručno su skinuta krilca, da se ne ošteti terpentinski mjehurić na sjemenu, te su potom uzorci (3 x 1.000 kom.) izvagani na laboratorijskoj vagi.

Od fizioloških svojstava obične jele ispitivana je energija klijavost i apsolutna klijavost sjemena. Za ova ispitivanja korišteno je sjeme iz uzorka koje se prethodno koristilo za izmjere težina.

Naklijavanje je izvršeno u Petrijevim posudama na filter papiru u promjenjivoj sobnoj temperaturi (18 - 22°C) i pri dnevnoj svjetlosti. Pokus je postavljen u četiri ponavljanja (4 x 100 kom). Za svojstvo energije klijavosti zbrajanje je izvršeno nakon 14 dana, a za apsolutnu klijavost nakon 28 dana. Tijekom naklijavanja sjeme je tretirano fungicidom (Radomil).

Obrada podataka istraživanih svojstava

Osnovni biometrijski parametri, kao što su srednja veličina uzorka (\bar{x}), minimalna i maksimalna veličina uzorka, standardna devijacija (s), te koeficijent varijabilnosti (KV %), obrađeni su nakon izmjera češera, sjemena i ljuski za svako stablo.

Za izračunavanje varijabilnosti između stabala unutar subpopulacija i između populacija korištena je jednostruka analiza varijanse. Da bi se prikazalo kakva je varijabilnost između stabala unutar subpopulacije, korištena je metoda najmanje značajne razlike s *t-testom*.

Za izračunavanje varijabilnosti između subpopulacija unutar populacija korištena je metoda parova.

Testiranja kod metode parova je putem *t-testa*, ali je korišteno i *F-testiranje* standardnih devijacija subpopulacija.

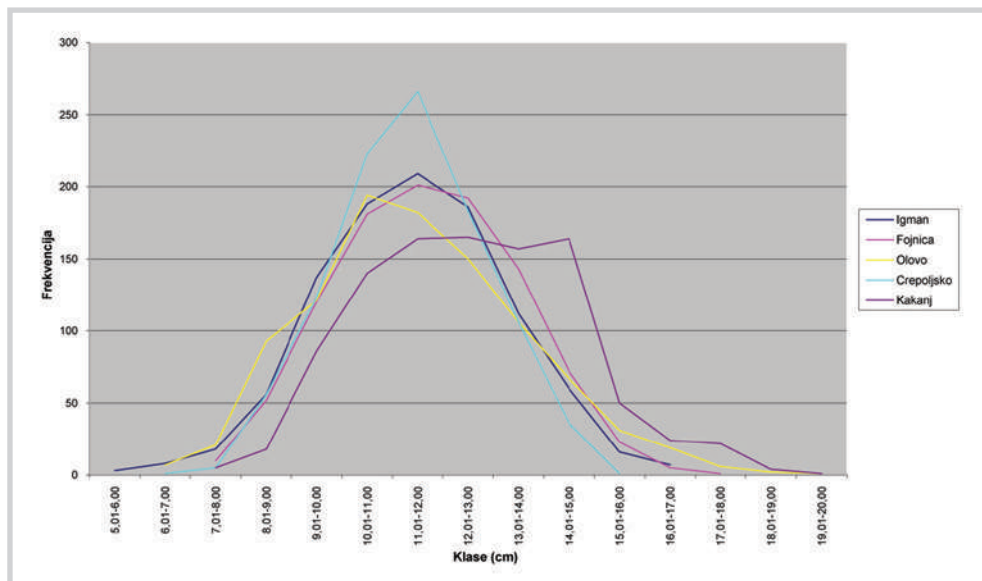
Morfologija češera

Dužina češera

Dobiveni rezultati pokazuju da između pojedinačnih stabala u svakoj subpopulaciji postoji izrazita individualna varijabilnost kako je i vidljivo iz dobivenih *F*-vrijednosti (Tablica 1).

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo dužine češera, između subpopulacija unutar pojedine populacije ne postoji statistički značajna razlika (Tablica 2 i 3).

Svojstvo duljine češera nije iskazalo međupopulacijsku varijabilnost, tako da se ne može koristiti za procjenu varijabilnosti između populacija (Slika 17 i Tablica 3).



Slika 17. Frekvencije dužine češera za istraživane populacije

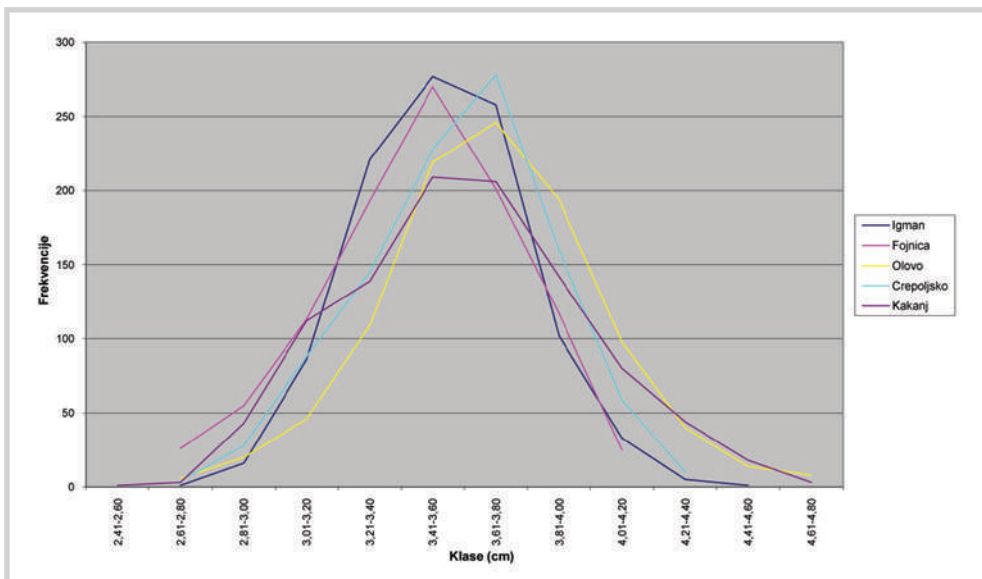
Srednje veličine za svojstvo dužine češera dobivene za stabla unutar subpopulacije uklapaju se u širinu varijabilnosti koju su dobili Vincent (1931), Gajić (1960), Gudeski (1965), Kočiova (1974) i Nanu (1977). Kod njih je širina varijabilnosti za ovo istraživano svojstvo iznosila od 7,0 do 20,0 cm, a u ovisnosti od istraživane provenijencije.

Širina češera na sredini dužine

Svojtvo širine češera u sredini njegove dužine također pokazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost, unutar populacija kao što je pokazalo svojstvo dužine češera (Tablica 1).

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo širine češera između subpopulacija unutar pojedine populacije nije prisutna statistički značajna, te se ne može koristiti za procjenu varijabilnosti između populacija (Slika 18 i Tablica 2 i 3).

Dobivene veličine za svojstvo širine češera odgovaraju rezultatima istraživanja koja su dobili za veličinu širine češera od 2,5 do 4,8 cm Gudeski (1965), od 3,0 do 5,2 cm Kočiova (1974) i od 2,9 do 4,6 cm Nanu (1977).



Slika 18. Frekvencija širina češera na sredini dužine za istraživane populacije

Tablica 1. Analiza varijanse za istraživana svojstva morfologije češera, ljske češera i sjemena, te fiziološka svojstva sjemena (F-vrijednosti)

SVOJSTVO		DUŽINA ČEŠERA	ŠIRINA ČEŠERA NA SREDINI	ŠIRINA ČEŠERA 2 cm OD BAZE	ŠIRINA ČEŠERA 1 cm OD VRHA	DUŽINA SIJEMENKE S KRILCEM
POPULACIJA	SUBPOPULACIJA					
IGMAN	RAVNE	8,90**	2,24*	17,39**	41,43**	111,70**
	LASIČKI STAN	24,75**	15,20**	4,57**	15,07**	39,60**
FOJNICA	KOZIGRAD	32,75**	40,02**	2,21*	39,72**	1818,14**
	BISTRICA	80,40**	13,37**	3,38**	1,19	68,99**
OLOVO	JELOVAC	14,90**	4,99**	4,45**	9,96**	232,05**
	MALI JELOVAC	30,98**	26,40**	4,52**	12,76**	25,57**
KAKANJ	MEHURIĆ	13,44**	24,79**	17,04**	13,05**	2,92
	PODBOROVICA	31,33**	100,92**	50,89**	52,47**	764,96**
CREPOLJSKO	VUKINJAČA	518,64**	6,87**	70,46**	78,50**	228,40
	ŽORCI	11,00**	18,67**	16,49**	6,62**	175,70**

** značajnost na razini 99%.

* značajnost na razini 95%.

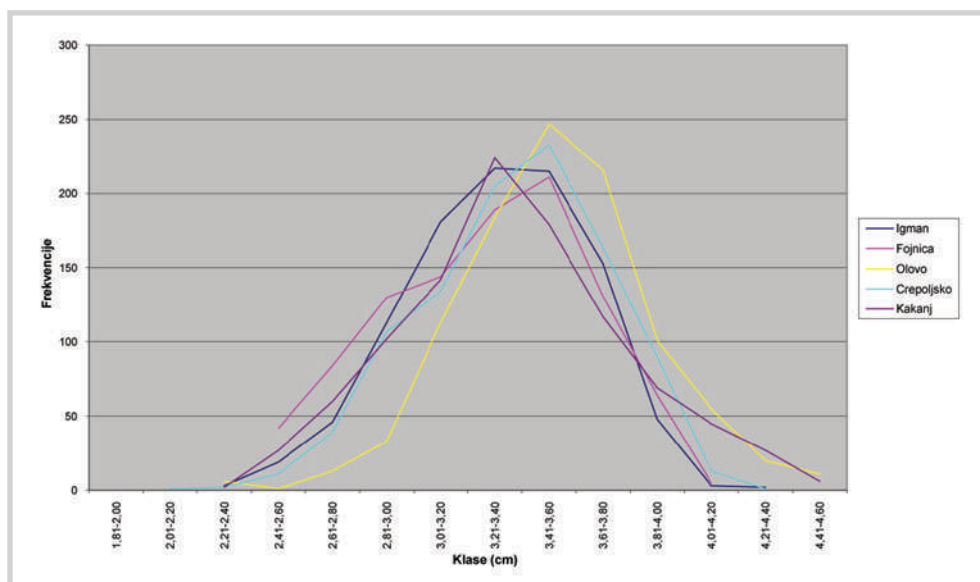
ŠIRINA KRILCA NA NAJŠIREM DIJELU	DUŽINA SJEMENA	ŠIRINA SJEMENA NA NAJŠIREM DIJELU	DEBLJINA SJEMENA	TEŽINA SJEMENA (1.000 kom.)	DUŽINA LJUSKE	ŠIRINA LJUSKE ČEŠERA	ENERGIJA KLIJAVOSTI SJEMENA	APSOLUTNA KLIJAVOST SJEMENA
63,33**	10,65**	1,22	24,54**	354,49**	29,72**	33,13**	3,80**	39,95**
21,57**	38,70**	3,83**	15,70**	1782,34**	42,76**	11,63**	2,13	10,45**
22,19**	49,68**	1,31	8,83**	1962,82**	94,69**	75,57**	4,10**	19,12**
26,67**	19,74**	6,64	3,14**	2917,31**	57,25**	24,33**	2,21*	12,49**
111,44**	96,59**	27,88**	16,59**	17026,51**	266,91**	18,21**	35,51**	5,93**
139,74**	98,67**	29,58**	29,92**	25341,26**	212,29**	171,90**	3,03*	5,52**
25,13**	35,24**	10,89**	8,10**	765,73**	49,00**	127,75**	8,10**	8,39**
47,08**	186,43**	10,35**	26,65**	12073,81**	769,32**	58,43**	5,31**	13,54**
23,62**	16,27**	1,93	64,46**	103965,18**	207,85**	5,23**	2,22*	3,26**
69,37**	23,78**	12,37**	29,78**	75088,32**	96,32**	106,14**	3,12**	10,17**

Širina češera 2 cm od baze češera

Svojtvo širine češera 2 cm od baze pokazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost kao i prethodna svojstva za razinu od 1%, osim subpopulacije Kozigrad koja je iskazala statistički značajnu varijabilnost na razini od 5% (Tablica 1).

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo širine češera 2 cm od njegove baze između subpopulacija unutar pojedine populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Dobiveni rezultati istraživanja ovog svojstva ne omogućavaju da se koriste u procjeni međupopulacijske varijabilnosti, jer testiranjem nije dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost (Slika 19 i Tablica 3).



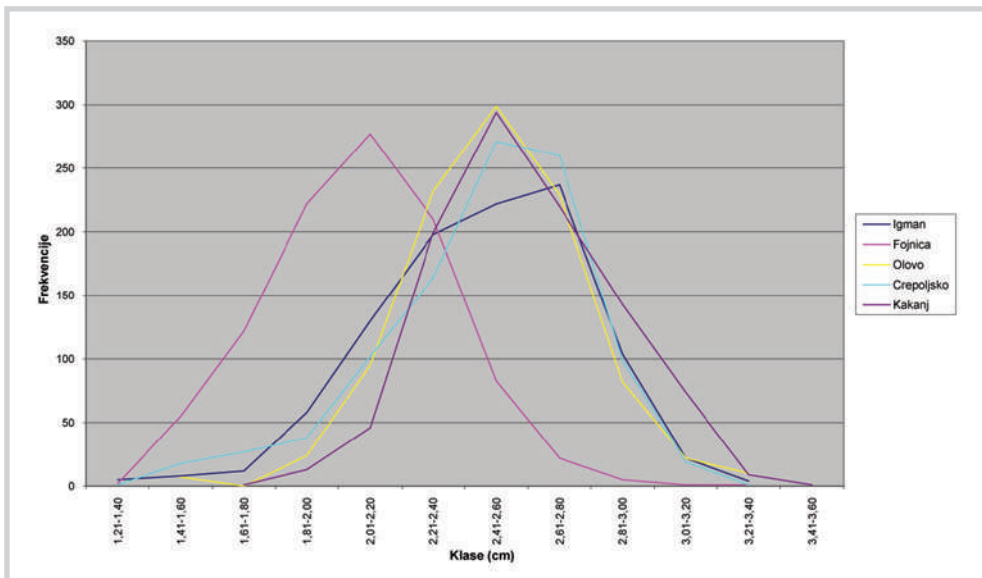
Slika 19. Frekvencije širina češera 2 cm od baze za istraživane populacije

Širina češera 1 cm od vrha češera

Svojtvo širine češera 1 cm od vrha pokazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost između stabala unutar subpopulacija osim kod subpopulacije Bistrica (populacija Fojnica) (Tablica 1).

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo širine češera 1 cm od vrha češera, između testiranih subpopulacija unutar iste populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Dobiveni rezultati istraživanja ovog svojstva pokazuju da ga nije moguće uzeti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti. Za ovo svojstvo nije dobivena statistički značajna razlika kod međusobnog testiranja populacija, *t-testom* i *F-testom* (Slika 20 i Tablica 3).



Slika 20. Frekvencije širine češera 1 cm od vrha češera za istraživane populacije

Rezultati istraživanja morfologije češera pokazuju da ne postoji statistički značajna međupopulacijska varijabilnost. Razlog za postojanje ovih rezultata mogao bi biti kratko vremensko razdoblje razdvajanja i izolacije ovih populacija, tako da nije došlo do genetskog diferenciranja populacija.

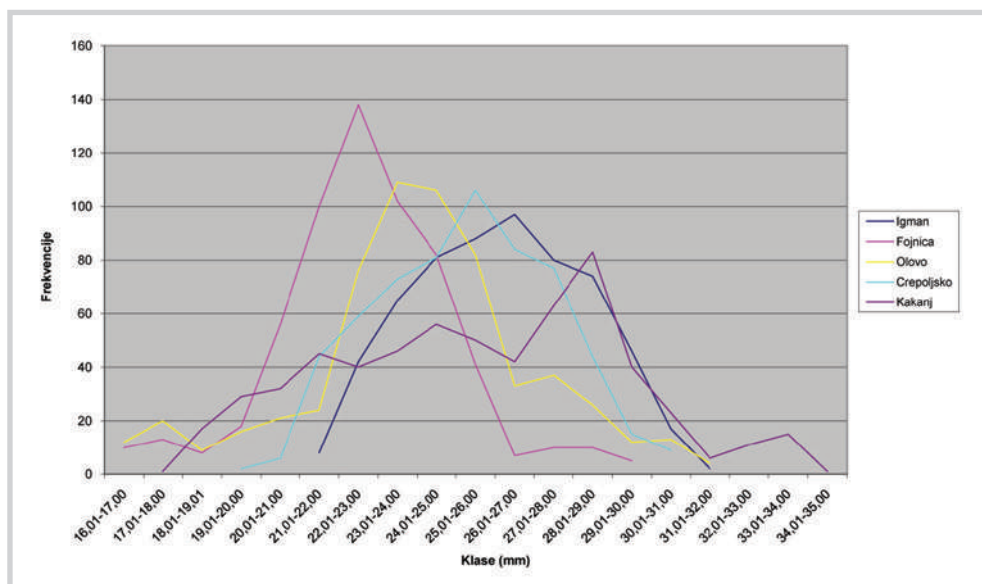
Morfologija sjemena

Dužina sjemena s krilcem

Svojstvo dužine sjemenke s krilcom pokazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost između stabala u svim subpopulacijama, izuzev subpopulacije Mehurić (populacija Kakanj). Dobivene F-vrijednosti pokazuju različitu jačinu varijabilnost ovog svojstva, između subpopulacije do subpopulacije (Tablica 1).

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo dužine sjemena s krilcom, između testiranih subpopulacija unutar pojedine populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Zbog dobivenih rezultata ovo svojstvo nije moguće uzeti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti (Slika 21 i Tablica 3).



Slika 21. Frekvencije dužine sjemena s krilcom za istraživane populacije

Veličine dobivene za svojstvo dužine sjemena s krilcom odgovaraju rezultatima istraživanja koja su proveli i dobili sljedeći autori: Panov (1951) od 20 do 30 mm, Gudeski (1967) od 15 do 31 mm i Popnikola (1979) od 23,8 do 24,6 mm.



Slika 22. Šuma jele na planini Igman

Tablica 2. Vrijednost t_0 za svojstva između subpopulacija

SVOJSTVO		DUŽINA ČEŠERA	ŠIRINA ČEŠERA NA SREDINI	ŠIRINA ČEŠERA 2 cm OD BAZE	ŠIRINA ČEŠERA 1 cm OD VRHA	DUŽINA SJEMENKE S KRILCEM
POPULACIJA	SUBPOPULACIJA					
IGMAN	RAVNE	0,18	0,86	1,10	1,41	0,23
	LASIČKI STAN					
FOJNICA	KOZIGRAD	0,35	0,60	0,93	1,22	0,73
	BISTRICA					
OLOVO	JELOVAC	0,30	0,02	0,09	0,62	0,45
	MALI JELOVAC					
KAKANJ	MEHURIĆ	1,02	0,87	1,09	0,38	0,61
	PODBOROVICA					
CREPOLJSKO	VUKINJAČA	0,33	0,75	1,26	1,29	0,41
	ŽORCI					

** značajnost na razini 99%.

* značajnost na razini 95%.

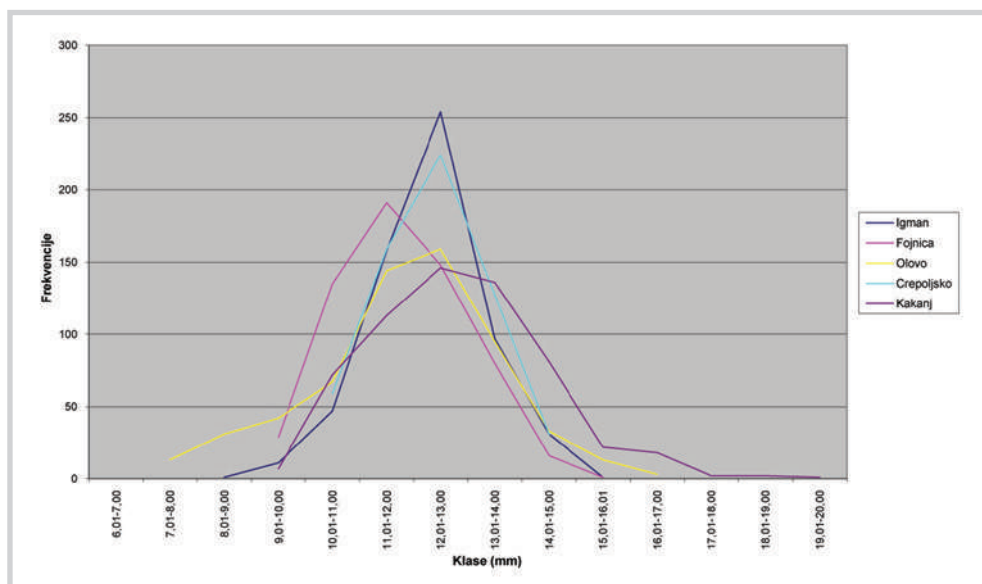
ŠIRINA KRILCA NA NAJŠIREM DIJELU	DUŽINA SJEMENA	ŠIRINA SJEMENA NA NAJŠIREM DIJELU	DEBLJINA SJEMENA	TEŽINA SJEMENA (1.000 kom.)	DUŽINA LJUSKE	ŠIRINA LJUSKE ČEŠERA	ENERGIJA KLIJAVOSTI SJEMENA	APSOLUTNA KLIJAVOST SJEMENA
0,31	0,00	0,53	0,33	0,71	0,48	0,05	0,69	0,29
0,78	0,65	1,18	0,18	0,04	0,50	0,31	0,12	0,65
0,15	0,31	0,33	0,88	0,17	0,53	0,05	0,56	0,32
1,26	0,39	0,48	0,69	0,56	0,41	0,78	0,23	0,47
0,09	0,51	0,10	0,01	0,27	0,23	0,24	0,32	0,90

Širina krilca na najširem dijelu

Svojstvo širine krilca na najširem dijelu pokazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost između stabala u svim subpopulacijama (Tablica 1).

Iz rezultata može se zaključiti da za svojstvo širine krilca, između subpopulacija unutar pojedine populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Zbog dobivenih rezultata ovo svojstvo nije moguće uzeti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti, iako je kod populacija Fojnica i Kakanj dobivena razlika na razini od 5 % (Slika 23. i Tablica 3).



Slika 23. Frekvencije za širinu krilca na najširem dijelu kod istraživanih populacija

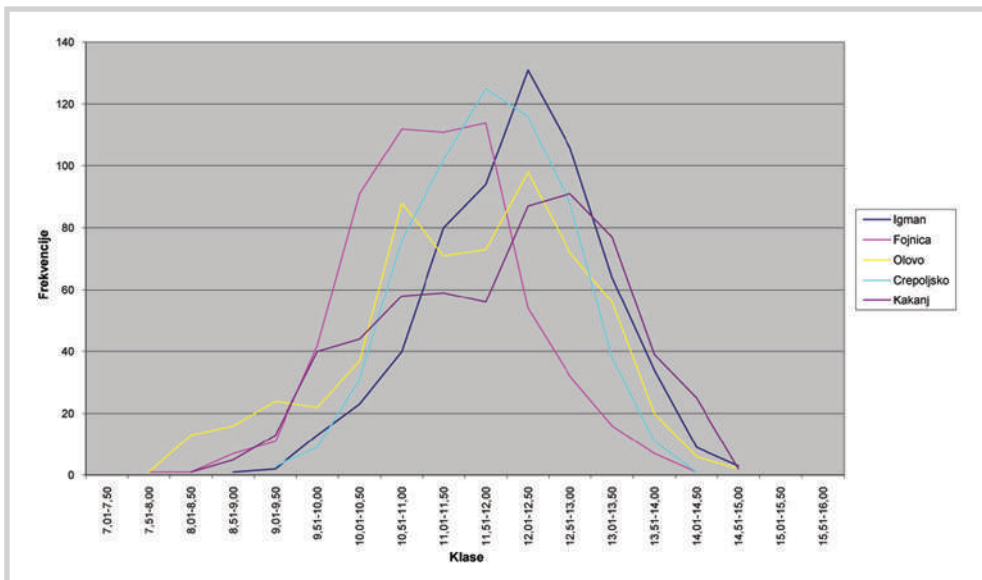
Dužina sjemena

Za svojstvo dužine sjemena možemo reći da pokazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar subpopulacija (Tablica 1).

Također, za to svojstvo između subpopulacija nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Zbog dobivenih rezultata ovo svojstvo nije moguće uzeti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti (Slika 24 i Tablica 3).

Dobiveni rezultati mogu se usporediti s rezultatima Beissner-Fitschena (1930), Valina (1956), Jovanovića (1956, 1971, 2000), Kolpikova (1954), Stefanov-Gančeva (1958). Njihove istraživane veličine za ovo svojstvo kreću se od 7 do 10 mm, ali su nešto manje od veličina u istraživanim populacijama. Gulisašvili (1958), Čabrajić (1960) i Popnikola (1979) dobili su veličine za ovo istraživano svojstvo od 10 do 13 mm, koje se podudaraju s rezultatima ovih istraživanja. Treća grupa autora u svojim istraživanjima utvrdila je da su dimenzije ovog svojstva nešto veće, a kreću se od 12 mm naviše, kako navode Panov (1951), Karpel-Vinš (1965), Gudeski (1965, 1967) i Gagov (1973), koje su dobivene su i u ovim istraživanjima.



Slika 24. Frekvencije dužine sjemena za istraživane populacije

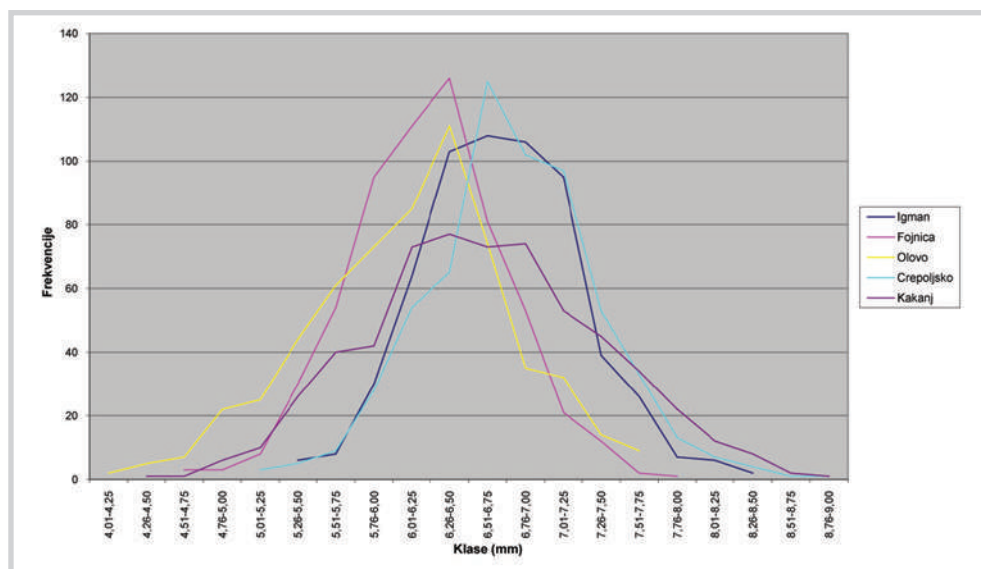
Širina sjemena na širem dijelu

Svojestvo širine sjemena na širem djelu pokazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar subpopulacija, iako kod tri subpopulacije (Ravne, Kozigrad, Vukinjača) nije dobivena statistički značajna varijabilnosti (Tablica 1).

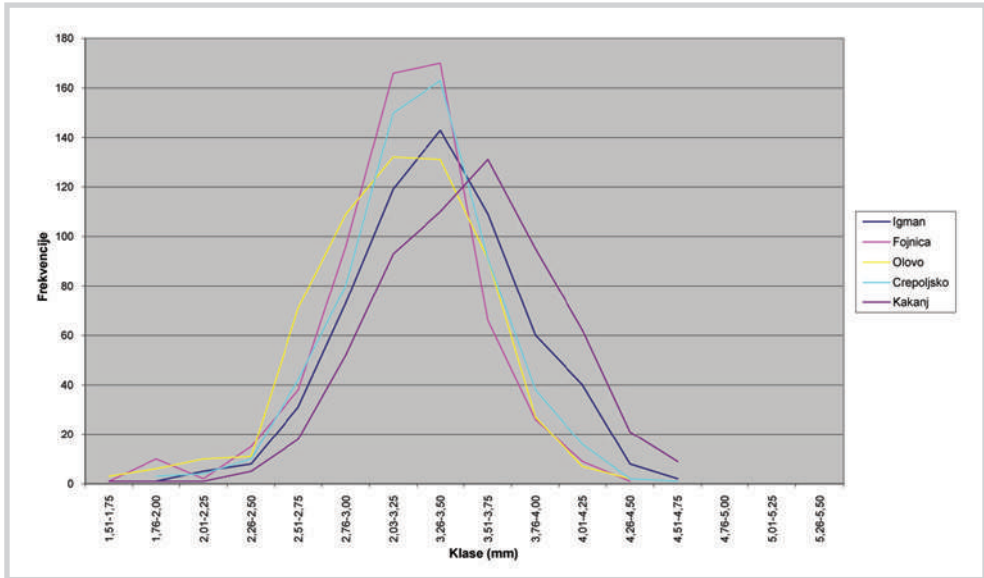
Rezultati pokazuju da za svojestvo širine sjemena nije dobivena statistički značajna razlika između testiranih subpopulacija unutar pojedine populacije (Tablica 2 i 3).

Ovo svojestvo pokazuje statistički značajnu razliku međupopulacijske varijabilnosti između šest kombinacija testiranih populacija, dok kod četiri kombinacije nije iskazana statistički značajna razlika. Svojestvo bi se moglo koristiti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti obične jele (Slika 25 i Tablica 3).

Za svojestvo širine sjemena navode se veličine do 5 mm kod slijedećih autora, Panov (1951), Stefanov-Gančev (1958), Čabrajić (1960), a ta veličina odgovara donjoj granici ovih istraživanja (Mali Jelovac). Veličina od 5 do 7 mm, dobivena u istraživanjima koje su proveli Gudeski (1965), Gagov (1973) i Popnikola (1979) karakteriziraju vrijednosti dobivene u ovom istraživanju.



Slika 25. Frekvencije širine sjemena na najširem dijelu za istraživane populacije



Slika 26. Frekvencija debljine sjemena za istraživane populacije

Debljina sjemena

Kod svojstva debljine sjemena rezultati pokazuju statistički značajnu individualnu varijabilnost u svih deset istraživanih subpopulacija, kako je prikazano u Tablici 1.

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo debljine sjemena, između testiranih subpopulacija unutar pojedine populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike.

Obzirom da ovo svojstvo pokazuje međupopulacijsku varijabilnost na razini od 5%, moglo bi se koristiti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti (Slika 26 i Tablica 3).

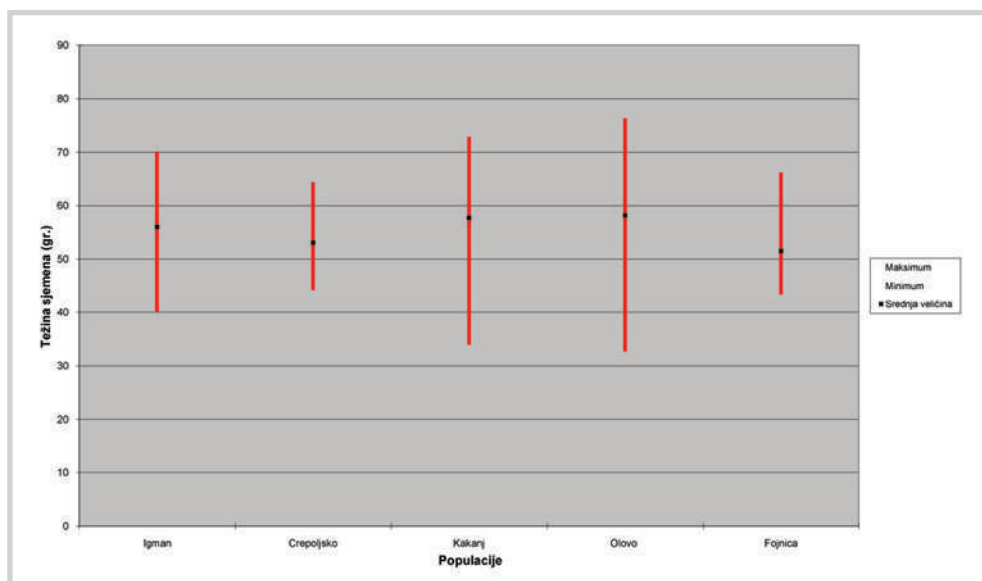
Težina 1.000 komada sjemenki

Težina sjemena pokazuje unutar istraživanih populacija statistički značajnu individualnu varijabilnost (Tablica 1).

Iz rezultata može se zaključiti da za svojstvo težine 1.000 komada sjemenki između testiranih subpopulacija, *t-testom*, unutar pojedine populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

F-testom u populaciji Fojnica dobivena je statistički značajna razlika za svojstvo težine 1.000 komada sjemenki.

Ovo svojstvo pokazuje međupopulacijsku varijabilnost između populacija Fojnica i populacija Olovo i Kakanj, dobivenu testom najmanje značajne razlike (Slika 27 i Tablica 3).



Slika 27. Frekvencije težine 1.000 komada sjemenki za istraživane populacije

Za težinu 1.000 komada sjemenki postoje podaci Debazaca (1967), Kantora (1967), Laffers (1972), koji navode veličine od 32,69 g do 76,42 g i Gagova (1973), Popnikole (1979), koji navodi veličine od 34 do 82 grama, a u ovisnosti su od populacije iz koje su uzorci sabrani.

Rezultati istraživanja morfologije sjemena pokazuju da postoji značajna statistička razlika između populacija za svojstvo širine i debljine sjemena (na razini od 1% i na razini od 5%). Za izučavanje međupopulacijske varijabilnosti obične jele mogla bi poslužiti svojstva širine i debljine sjemena.

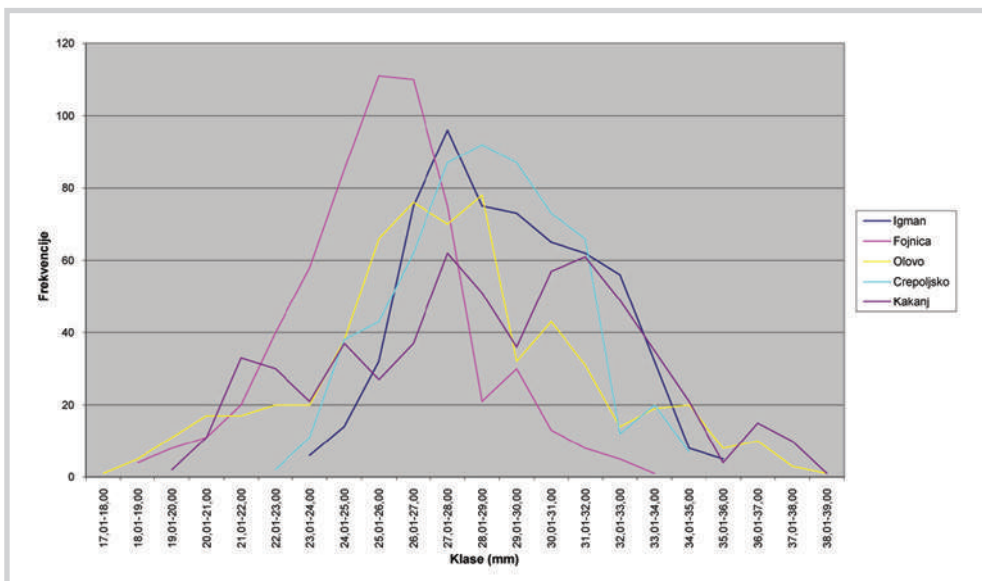
Morfologija ljsuke češera

Dužina ljsuke češera

Svojtvo dužine ljsuke češera iskazuje statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar svih istraživanih subpopulacija (Tablica 1).

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo dužine ljsuke češera, između istraživanih subpopulacija unutar pojedine populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Ovo svojstvo bi se moglo koristiti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti obične jele budući da je dobivena statistički značajna razlika na razini od 5 % (Slika 28 i Tablica 3).



Slika 28. Frekvencije dužine ljsuke češera za istraživane populacije

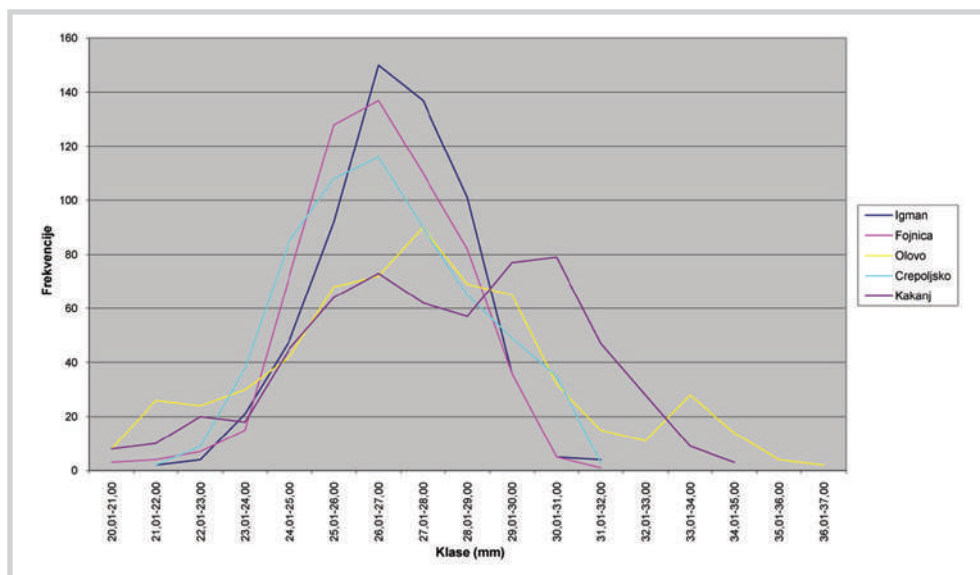
Širina ljsuke češera

Svojstvo širine ljsuke češera iskazalo je statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar svih istraživanih subpopulacija (Tablica 1).

Možemo zaključiti da za svojstvo širine ljsuke češera, između testiranih subpopulacija unutar pojedine populacije, nisu dobivene statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Ovo svojstvo prema dobivenim rezultatima ne bi moglo poslužiti u istraživanju međupopulacijske varijabilnosti (Slika 29 i Tablica 3).

Rezultati istraživanja morfologije ljsuke češera za svojstvo dužine ljsuke pokazuje da postoji statistički značajna razlika na razini od 5%, te bi ovo svojstvo moglo poslužiti za izučavanje međupopulacijske varijabilnosti obične jele.



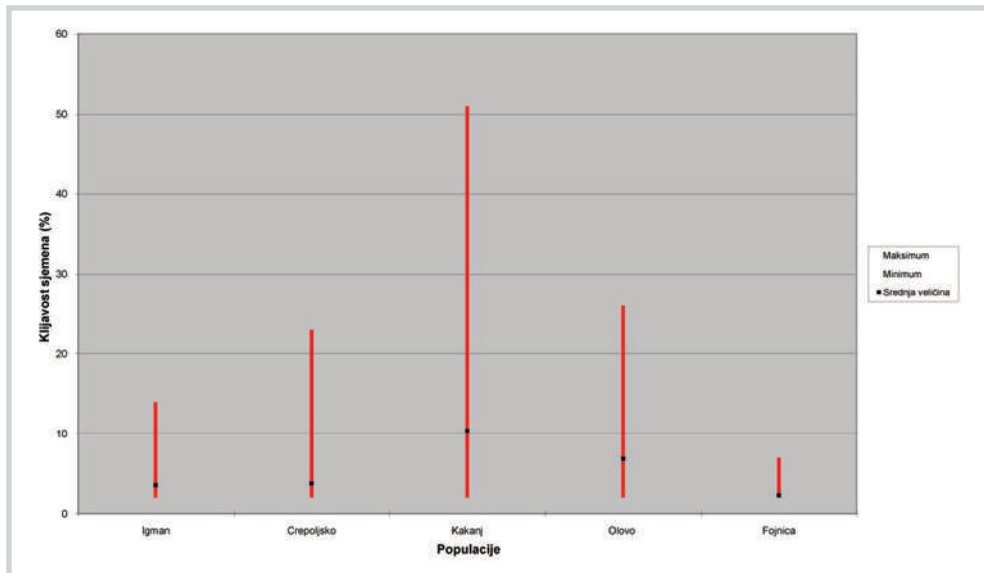
Slika 29. Frekvencije širine ljsuke češera za istraživane populacije

Klijavost sjemena

Energija klijavosti sjemena

Za svojstvo energije klijanja sjemena u većini subpopulacija dobivena je statistički značajna varijabilnost na razini od 1% ili 5%. Samo u jednoj subpopulaciji, Lasički stan, populacije Igman, nema statistički značajne individualne varijabilnosti (Tablica 1).

Iz rezultata dobivenih *F-testom* može se zaključiti da je za svojstvo energije klijanja kod dviju populacija (Igman i Crepoljsko) dobivena statistički značajna razlika između subpopulacija za testirane standardne devijacije. Kod tri populacije (Fojnica, Olovo i Kakanj) nije dobivena statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost između standardnih devijacija (Tablica 2 i 3).



Slika 30. Energija klijavosti sjemena prema istraživanim populacijama

Na rezultate energije klijavosti u subpopulacijama koje se razlikuju u ekspoziciji i nadmorskoj visini, utjecali su nepovoljni klimatski čimbenici u 1997. godini (kasni mraz i dugotrajna suša), što je uzrokovalo slabljenje vitaliteta i održavanje dužeg stanja mirovanja (dormantno) sjemena.

Ovo svojstvo iskazalo je međupopulacijsku varijabilnost između populacije Kakanj i populacija Igman, Fojnica i Crepoljsko (Slika 30 i Tablica 3).

Tablica 3. Analiza varijanse za unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost istraživanih svojstava (F-vrijednost)

SVOJSTVO		DUŽINA ČEŠERA	ŠIRINA ČEŠERA NA SREDINI	ŠIRINA ČEŠERA 2 cm OD BAZE	ŠIRINA ČEŠERA 1 cm OD VRHA	DUŽINA SJEMENKE S KRILCEM
POPULACIJA	SUBPOPULACIJA					
IGMAN	RAVNE	1,06	1,67	1,31	1,17	1,14
	LASIČKI STAN					
FOJNICA	KOZIGRAD	1,13	1,39	1,62	1,07	1,14
	BISTRICA					
OLOVO	JELOVAC	1,24	1,01	1,12	1,24	1,23
	MALI JELOVAC					
KAKANJ	MEHURIĆ	1,23	1,48	1,31	1,15	1,41
	PODBOROVICA					
CREPOLJSKO	VUKINJAČA	1,01	1,13	1,11	1,68	1,03
	ŽORCI					
IZMEĐU POPULACIJA		1,74	1,77	1,39	1,43	1,12

** značajnost na razini 99%.

* značajnost na razini 95%.

ŠIRINA KRILCA NA NAJŠIREM DIJELU	DUŽINA SJEMENA	ŠIRINA SJEMENA NA NAJŠIREM DIJELU	DEBLJINA SJEMENA	TEŽINA SJEMENA (1.000 kom.)	DUŽINA LJUSKE	ŠIRINA LJUSKE ČEŠERA	ENERGIJA KLIJAVOSTI SJEMENA	APSOLUTNA KLIJAVOST SJEMENA
1,02	1,01	1,11	1,23	1,68	1,12	1,28	2,62**	1,07
1,19	1,35	1,05	1,10	3,10**	1,21	1,24	1,09	1,24
1,15	1,28	1,10	1,24	1,17	1,40	1,53	1,03	1,26
1,12	1,19	1,16	1,02	1,08	1,07	1,14	1,20	1,32
1,16	1,04	1,08	1,16	1,10	1,04	1,23	1,99**	1,69
1,57	2,72	8,03**	3,69*	2,40	3,27*	1,69	4,32*	12,17**

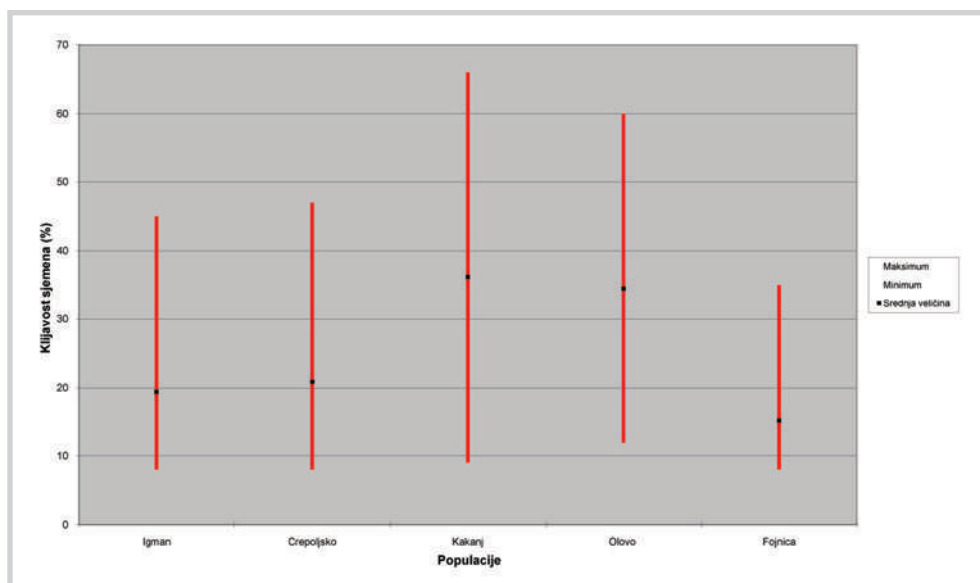
Klijavost sjemena

Svojstvo klijavosti sjemena pokazuje da u svim subpopulacijama postoji statistički značajna individualna varijabilnost na razini od 1% (Tablica 1).

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za svojstvo sjemena, između testiranih subpopulacija unutar pojedine populacije, ne postoje statistički značajne razlike (Tablica 2 i 3).

Rezultati istraživanja klijavosti sjemena pokazuju da postoji izrazita međupopulacijska varijabilnost za oba svojstva, energije klijavosti i apsolutne klijavosti, na razini od 99 % i na razini od 95 % (Slika 31 i Tablica 3).

Dobiveni rezultati mogu se usporediti s istraživanjima Čabrajića (1960), Valina (1960), Gajića (1962), Machaničeka i Kantora (1967), Gagova (1973) i Popnikole (1979), a čija se vrijednost apsolutne klijavosti sjemena kretala od 5 do 70%, što i odgovara rezultatima ovoga istraživanja.



Slika 31. Klijavost sjemena prema istraživanim populacijama

Dobiveni rezultati kroz morfološka istraživanja su pokazali da istraživana morfološka i fiziološka svojstva češera i sjemena obične jele u populacijama srednje Bosne posjeduju značajniju individualnu unutarpopulacijsku varijabilnost u odnosu na varijabilnost između subpopulacija i populacija. Razlika u nadmorskoj visini i ekspoziciji između subpopulacija nije utjecala na varijabilnost istraživanih svojstava unutar populacija. Različita pedološka i geološka struktura tla između populacija nije imala utjecaja na međupopulacijsku varijabilnost svojstava u ovom istraživanju. Četiri istraživana morfološka svojstva češera obične jele iskazala su izrazitu individualnu i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost u svim istraživanim subpopulacijama. Između subpopulacija nije dobivena statistički značajna varijabilnost. Sedam istraživanih morfoloških svojstava sjemena obične jele iskazala su izrazitu individualnu i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost u testiranim subpopulacijama. Samo je za svojstvo težine 1.000 komada sjemenki, utvrđena statistički značajna varijabilnost između subpopulacija kod jedne populacije, dok za druga morfološka svojstva nije dobivena statistički značajna varijabilnost između subpopulacija. Dva istraživana morfološka svojstva ljuske češera kod obične jele pokazala su statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar pojedine subpopulacije. Između subpopulacija za svojstva ljuske češera nije utvrđena statistički značajna varijabilnost. Dva istraživana fiziološka svojstva sjemena obične jele pokazala su statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar testiranih subpopulacija. Za svojstvo energije klijanja dobivena je statistički značajna varijabilnost između subpopulacija u dvije populacije.

Statistički značajnu međupopulacijsku varijabilnost dobili smo za svojstva širine sjemena, debljine sjemena, dužine ljuske češera, energije klijavosti i apsolutne klijavosti.

Za procjenu međupopulacijske varijabilnosti mogla bi poslužiti svojstva širine sjemena, debljine sjemena i dužine ljuske češera. Ova svojstva mogla bi se koristiti u istraživanjima genetske raznolikosti između lokalnih populacija. Fiziološka svojstava sjemena, (energije klijavosti i apsolutne klijavosti), iako su iskazala statistički značajne međupopulacijske razlike, pod izraženijim su utjecajem čimbenika okoliša, te se ne bi uključivala u izučavanje međupopulacijske varijabilnosti.

PROCJENA GENETSKOG OPTEREĆENJA NA TEMELJU ISTRAŽIVANIH FIZIOLOŠKIH SVOJSTAVA SJEMENA OBIČNE JELE

Istraživanja su izvršena s ciljem utvrđivanja genetskoga opterećenja u pet populacija središnje Bosne, koje su obrađene i u proteklom poglavlju. Analizirana su fizioloških svojstava sjemena (Ballian 2013). Kao krajnji cilj istraživanja željelo se utvrditi da li postoji značajna individualna varijabilnost unutar subpopulacija, između subpopulacija jedne populacije ili između populacija, kao i da li starost stabla, te zaraženost imelom imaju utjecaja na kvalitetu sjemena.

Izbor i opis terenskih objekata

Tijekom jeseni u periodu sazrijevanja sjemena selekcionirana su stabla obične jele na temelju punog uroda u pet populacija središnje Bosne, a ista su kao u prethodnom istraživanju. Za ovo istraživanje su uključeni dodatni parametri, koji nisu ranije korišteni u obradi podataka.

Obrada podataka

Analizirani parametri su statistički obrađeni korištenjem paketa *SPSS 15.0 for Windows* (SPSS, Inc. 2005). Analiza je obuhvatila sljedeće:

- Individualnu unutarpopulacijsku varijabilnost kvantitativnih svojstava kroz deskriptivne pokazatelje: srednju vrijednost, standardnu devijaciju, signifikantnost značajnosti razlika i koeficijent varijabilnosti ($Sd \times 100$),
- Međupopulacijsku varijabilnost kroz standardne statističke pokazatelje: srednju vrijednost, standardnu devijaciju, minimalnu i maksimalnu vrijednost i koeficijent varijabilnosti za kvantitativna svojstva,
- Analizu varijanse (ANOVA),
- Diskriminantnu i kanoničku analizu,
- Međuzavisnosti kroz korelacijske pokazatelje.

Rezultati deskriptivnih pokazatelja će se analizirati unutar populacija u cilju utvrđivanja postojanja ili nepostojanja statistički značajnih razlika između analiziranih populacija.

Korelacijska analiza je napravljena da se utvrde međuzavisnosti između svojstava. Za ovu analizu su uvedeni i neki od dendrometrijskih parametara, kao što su visine i promjeri stabala s kojih je sakupljeno sjeme, te starost i napadnutost imelom.

Deskriptivna analiza

Za težinu 1.000 komada sjemenki postoje podaci Laffers (1972), koji navode veličine od 32,69 g do 76,42 g i Gagova (1973), Popnikole (1979), koji navodi veličine od 34 do 82 grama, a u ovisnosti su od populacije iz koje su uzorci sabrani. Time su podaci iz ovog istraživanja (Tablica 4) sukladni ranijim istraživanjima na jeli.

Tablica 4. Deskriptivni statistički pokazatelji					
Svojstvo	N	Minimum	Maksimum	Sredina	Standardna devijacija
Apsolutna težina 1.000 kom - grama	100	32,70	76,35	55,33	8,85
Energija klijavosti 14 dan (%)	100	2,00	30,50	5,32	5,67
Klijavost 35 dan (%)	100	4,00	60,25	24,82	12,68
Zdrave neisklijale (%)	100	11,25	71,00	34,94	11,46
Trule (%)	100	0,00	16,00	3,65	3,16
Šture (%)	100	15,00	71,00	36,72	10,11

Za energiju klijavosti nemamo egzaktnih podataka koji su dostupni iz strane literature te ne možemo napraviti usporedbe. Rezultati u ovom istraživanju su se kretali od 2 do 30,5 % (Tablica 4).

Kod klijavosti imamo nešto podataka i oni se kreću kod Čabrajića (1960), Đikića i sur. (1965), Vanina (1960), Gajića (1962), Machaničeka (1967), Gagova (1973) i Popnikole (1979) i drugih od 5 do 70%, što odgovara rezultatima ovog istraživanja.

Podaci o broju zdravih neisklijanih sjemenki, te trulih i šturih su veoma rijetko obrađivani, a mogu igrati veoma značajnu ulogu u procjeni genetskog opterećenja populacija obične jele. Tako je

dostupan podatak od Gradečki-Poštenjak (2002) koja navodi učešće šturih sjemenki u rasponu od 29,20 do 73,77 %, bez razdvajanja na zdrave neisklijale, trule i šturo, ali razdvaja šturo sjeme s silikatnih i vapnenačkih podloga.

Analiza varijanse za subpopulacije

Iz rezultata analize varijanse za subpopulacije (Tablica 5) može se zaključiti da za svojstvo težine 1.000 komada sjemenki između testiranih subpopulacija, nemamo statistički značajne razlike, mada se na temelju neobrađenih podataka očekivala.

Za svojstvo energije klijavosti sjemena analiza varijanse za subpopulacije nije pokazala statistički značajnu razliku, ali ako se podaci analiziraju odvojeno za svaku populaciju primjenom testa parova, mogu se dobiti statistički značajne razlike na razini od 1% ili 5% (Ballian 2000a).

Tablica 5. Analiza varijanse za subpopulacije					
Svojstvo	Izvor variranja	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode	Sredina kvadrata	F vrijednost
Apsolutna težina 1.000 kom. - grama	Između grupa	13,24	1	13,24	0,16
	Unutar grupa	7.747,80	98	79,05	
	Ukupno	7.761,04	99		
Energija klijavosti 14 dan	Između grupa	1,38	1	1,38	0,04
	Unutar grupa	3.191,90	98	32,57	
	Ukupno	3.193,28	99		
Klijavost 35 dan	Između grupa	12,60	1	12,60	0,07
	Unutar grupa	15.925,53	98	162,50	
	Ukupno	15.938,13	99		
Zdrave neisklijale sjemenke	Između grupa	6,25	1	6,25	0,04
	Unutar grupa	13.016,89	98	132,82	
	Ukupno	13.023,14	99		
Trule sjemenke	Između grupa	16,20	1	16,20	1,63
	Unutar grupa	972,63	98	9,92	
	Ukupno	988,83	99		
Šturo sjemenke	Između grupa	11,73	1	11,73	0,11
	Unutar grupa	10.121,88	98	103,28	
	Ukupno	10.133,61	99		

Kod svojstva apsolutne klijavosti sjemena primijenjenom metodom, kao i metodom parova (Ballian 2000a) gdje smo analizirali samo subpopulacije unutar pojedinih populacija, također nismo registrirali statistički značajne razlike.

Provedenom analizom zdravih i neisklijanih, trulih i šturih sjemenki, također nismo dobili statistički značajne razlike između analiziranih subpopulacija (Tablica 5).

Analiza varijanse za populacije

Tablica 6. Analiza varijanse za populacije

Svojstvo	Izvor variranja	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode	Sredina kvadrata	F vrijednost
Apsolutna težina 1.000 kom. - grama	Između grupa	697,82	4	174,45	2,34*
	Unutar grupa	7063,22	95	74,35	
	Ukupno	7761,04	99		
Energija klijavosti 14 dan	Između grupa	831,99	4	207,99	8,36**
	Unutar grupa	2361,29	95	24,85	
	Ukupno	3193,28	99		
Klijavost 35 dan	Između grupa	6854,53	4	1713,63	17,92**
	Unutar grupa	9083,60	95	95,61	
	Ukupno	15938,13	99		
Zdrave neisklijale sjemenke	Između grupa	3336,21	4	834,05	8,18**
	Unutar grupa	9686,92	95	101,96	
	Ukupno	13023,14	99		
Trule sjemenke	Između grupa	149,24	4	37,31	4,22*
	Unutar grupa	839,58	95	8,83	
	Ukupno	988,83	99		
Šture sjemenke	Između grupa	2521,16	4	630,29	7,86**
	Unutar grupa	7612,44	95	80,13	
	Ukupno	10133,61	99		

** značajnost na razini 99%.

* značajnost na razini 95%.

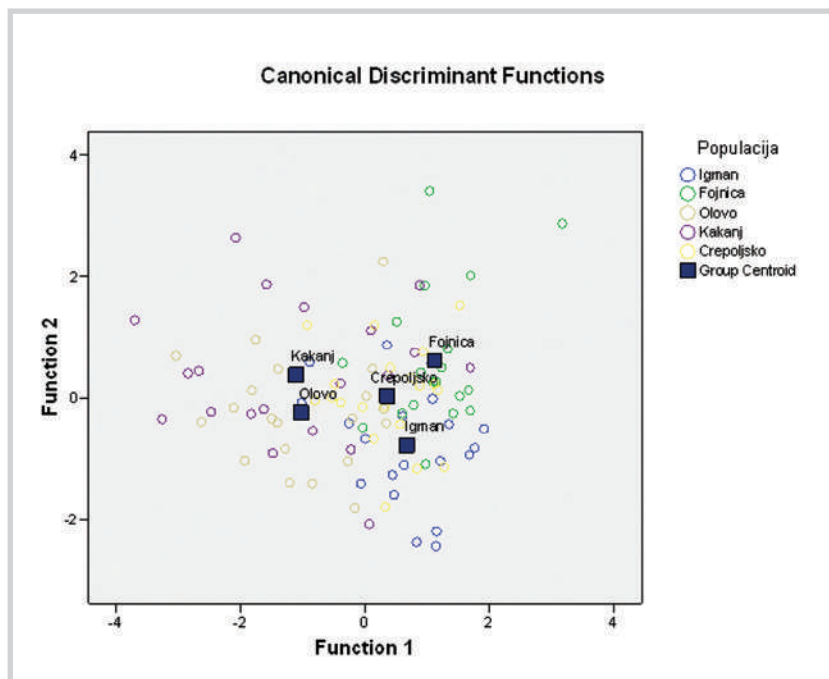
Analiza varijanse na razini populacija, za sva istraživanja svojstva pokazuje značajnu međupopulacijsku varijabilnost na razini od 1% i na razini od 5% (Tablica 6). Dobivene F veličine su različite, a najveće variranje na međupopulacijskoj razini pokazuje apsolutnu klijavost sa veličinom 17,95.

Diskriminantna analiza

Provedena diskriminantna analiza je pokazala da statistički značajne diskriminacije, odnosno da nije prisutno razdvajanja populacija u grupe. Vrijednost *Eigenvalue* je manja od 1 po svim funkcijama (Tablica 7).

Tablica 7. Pokazatelji diskriminantnih vrijednosti - <i>Eigen</i> vrijednosti				
Funkcija	<i>Eigen</i> vrijednost	Variansa %	Kumulanta %	Kanonička korelacija
1	0,866 (a)	67,9	67,9	0,681
2	0,249 (a)	19,5	87,4	0,446
3	0,135 (a)	10,6	98,0	0,345
4	0,025 (a)	2,0	100,0	0,156

(a) prve 4 kanoničke diskriminantne funkcije koje su rabljene u analizi



Slika 32. Grupiranje kod diskriminantne analize

Ako pak analiziramo raspored populacija (centroida) na dobivenoj slici 32, može se primijetiti lagano razdvajanje u dvije grupe prema funkciji 1, Kakanj i Olovo u jednu grupu i ostale populacije u drugu. Ali, to nije dovoljno da bi se dobila značajnost. Razlog treba da tražimo u velikoj varijabilnosti koja je dobivena prilikom istraživanja. Za razliku od ovog istraživanja, kad smo analizirali morfološka svojstva češera, sjemena i ljuski (Ballian i Čabaravdić 2005) dobili smo tri grupe, koje se potpuno razlikuju od ovih.

Klaster analiza

Dobiveni rezultati diskriminantne analize gdje smo naslutili moguće razdvajanje po funkciji 1 su nam sugerirali da provedemo još jednu, dodatnu *Klaster* analizu. Nakon provedene analize rezultati su ipak potvrdili postojanje dvije osnovne grupe, kao što se moglo naslutiti iz rezultata diskriminantne analize. Na jednoj strani imamo grupiranje populacije Kakanj i Olovo, dok su u drugom *Klasteru* populacije, Igman, Fojnica i Crepoljsko, što je vidljivo iz tablica 8 i 9.

Tablica 8. Prikaz centroida

Sredina		Energija kljivosti 14 dan		Klijavost 35 dan		Zdrave neisklijale sjemenke		Trule sjemenke		Šture sjemenke	
		Sredina	Standardna devijacija	Sredina	Standardna devijacija	Sredina	Standardna devijacija	Sredina	Standardna devijacija	Sredina	Standardna devijacija
Klaster	1	3,22	1,90	18,32	7,78	38,68	9,76	2,91	2,58	40,31	9,30
	2	8,46	7,71	34,56	12,43	29,32	11,65	4,76	3,62	31,33	8,90
	Kombinacija	5,32	5,67	24,82	12,68	34,94	11,46	3,65	3,16	36,72	10,11

Tablica 9. Prikaz frekvencija i grupiranja populacija

Frek.		Igman		Fojnica		Olovo		Kakanj		Crepoljsko	
		Frek.	%	Frek.	%	Frek.	%	Frek.	%	Frek.	%
Klaster	1	20	100,0	20	100,0	0	0,0	0	0,0	20	100,0
	2	0	0,0	0	0,0	20	100,0	20	100,0	0	0,0
	Kombinacija	20	100,0	20	100,0	20	100,0	20	100,0	20	100,0

Korelacijske veze istraživanih svojstava

Provedena je korelacijska analiza između svih dendrometrijskih i analiziranih svojstava sjemeni, energije klijanja i apsolutne klijavosti, zdravih neisklijalih sjemenki, trulih i šturih.

Tako je kod korelacije energije klijavosti dobivena značajna korelacijska povezanost spram apsolutne težine i apsolutnom klijavosti, zdravih neisklijalih sjemenki, kao i šturih uz razinu značajnosti od 1%. Tu je veoma interesantno prisustvo negativne korelacije za spram svojstva zdravih neisklijanih sjemenki i šturih.

Korelacijska veza između apsolutne klijavosti i analiziranih pokazuje korelacijsku vezu između visine stabla, apsolutne težine, energije klijavosti, te zdravih neisklijanih sjemenki i šturih gdje je negativna korelacija. Ovdje je interesantna pozitivna korelacija s visinama stabala, što ukazuje na to da imamo veću klijavost s većom visinom stabla. Ovo je u raskoraku s obzirom na poziciju češera na stablu, uvijek su vršno raspoređeni, te relativno tešku pelud za razliku od drugih četinjača. Ipak, viša stabla imaju i veću mogućnost da prime pelud sa strane, te da se smanji samooplodnja, odnosno križanje u srodstvu što negativno utječe na klijavost sjemeni.

Kada je u pitanju svojstvo zdravih i neisklijanih sjemenki, imamo prisutnu značajnu korelacijsku povezanost na razini od 1%, ali negativnog predznaka, za svojstva energije klijavosti, apsolutne klijavosti i trulih sjemenki. Tu je i negativna korelacija spram visina i starosti, što upućuje da se s povećanjem visine i starosti smanjuje učešće zdravih i neisklijanih sjemenki.

Kod korelacije trulih sjemenki spram analiziranih dendrometrijskih i fizioloških svojstava sjemeni je interesantna statistički značajna korelacija na razini od 5% spram prisustva imele na stablima. Ta pozitivna korelacija nas upućuje da sa prisutnošću imele imamo povećanje učešća trulog sjemeni. Tu je još i negativna korelacija spram zdravih i neisklijanih sjemenki.

Kada je u pitanju korelacija šturih sjemenki, tada imamo značajnu korelaciju naspram apsolutne težine sjemeni, energije klijavosti i apsolutne klijavosti na razini od 1%, ali je u pitanju negativna korelacija, što se moglo i očekivati.

Za procjenu genetskog opterećenja istraživanih populacija nismo dobili značajne rezultate deskriptivnom statistikom, analizom vari-

Tablica 10. Korelacijski pokazatelji

Korelacija	Visina stabla	Promjer stabla (D1.3)	Starost stabla	Prisustvo imele	Apsolutna težina 1.000 kom (grama)	Klijavost 35 dan	Zdrave neisklijale	Trule sjemenke	Šture sjemenke
Energija klijavosti 14 dan	0,157	0,110	-0,013	-0,024	0,337**	0,703**	-0,476**	0,163	-0,401**
Korelacija	Visina stabla	Promjer stabla (D1.3)	Starost stabla	Prisustvo imele	Apsolutna težina 1.000 kom (grama)	Energija klijavosti 14 dan	Zdrave neisklijale	Trule sjemenke	Šture sjemenke
Klijavost 35 dan	0,268**	0,113	0,164	0,145	0,360**	0,703**	-0,667**	0,191	-0,575**
Korelacija	Visina stabla	Promjer stabla (D1.3)	Starost stabla	Prisustvo imele	Apsolutna težina 1.000 kom (grama)	Energija klijavosti 14 dan	Klijavost 35 dan	Trule sjemenke	Šture sjemenke
Zdrave neisklijale	-0,318**	-0,163	-0,213*	-0,110	-0,174	-0,476**	-0,667**	-0,370**	-0,179
Korelacija	Visina stabla	Promjer stabla (D1.3)	Starost stabla	Prisustvo imele	Apsolutna težina 1.000 kom (grama)	Energija klijavosti 14 dan	Klijavost 35 dan	Zdrave neisklijale	Šture sjemenke
Trule sjemenke	0,175	0,101	0,060	0,214*	0,153	0,163	0,191	-0,370**	-0,141
Korelacija	Visina stabla	Promjer stabla (D1.3)	Starost stabla	Prisustvo imele	Apsolutna težina 1.000 kom (grama)	Energija klijavosti 14 dan	Klijavost 35 dan	Zdrave neisklijale	Trule sjemenke
Šture sjemenke	-0,061	-0,002	-0,001	-0,135	-0,319**	-0,401**	-0,575**	-0,179	-0,141

** korelacija značajna na razini 1 %.

* korelacija značajna na razini 5 %.

janse, diskriminantnom i klsterskom analizom. Najbolje rezultate na je pokazala korelacijska povezanost istraživanih fizioloških svojstava sjemena, s odgovarajućim dendrometrijskim pokazateljima.

Kako u Bosni i Hercegovini raspoložemo s mješovitim i raznodobnim šumama u kojima raste jela, to je veoma teško donijeti odgovarajuće rješenje kakve objekte izdvojiti za proizvodnju šumskog reprodukcijuskog materijala. Tu je i stalna nedoumica jer postoje neka rješenja, ali za područja centralne Europe, koja je ekološki znatno razlikuju od bosanskih gdje imamo najvrjednije šume jele. Ovo je jedan od pokušaja da se razriješ ovaj problem, kroz obimnu fiziološku analizu sjemena jele iz pet populacija, koje su podijeljene na po dvije subpopulacije.

Kako je pozicija ženskih i muških cvjetova obične jele veoma interesantna, nalaze se na vrhu stabla. Također, pelud jele je među najvećim pa time i najtežim među četinjačama, to postoje i određena ograničenja prilikom oplodnje. Obično se križaju susjedna stabla, na malim udaljenostima, a to je povezano s pojavom samooplodnje, križanja u srodstvu (inbridinga) što za posljedicu ima stvaranja sterilnog sjemena (šturog), stvaranja genetskog difta, odnosno stvaranja izolacije (Hadžiselimović 2005), veoma često samoreprodukcijske. Na taj način se sjeme sustavno opterećuje s lošom genetičkom strukturom, a što za posljedicu ima slabu klijavost. Što se tiče pak zdravog, neisklijalog sjemena ono je povezano s odgovarajućim fiziološkim procesima sazrijevanja u odgovarajućim uvjetima, a mi to savladavamo pomoću stimulacije u vlažno-hladnim tretmanom, te ostaje pitanje na koji način je to regulirano genskim aktivnostima.

Iz rezultata korelacijske međuovisnosti možemo zaključiti da je energija klijavosti značajno korelacijski povezana s apsolutnom težinom i klijavosti, zdravih neisklijalih sjemenki i šturih, a što je i za očekivati, s obzirom da najbrže klija zdravo i teško sjeme, a s njegovom brzinom smanjuje se učešće neisklijanog sjemena, trulog i šturog. Na ovaj način se ponaša i apsolutna klijavost, te ovdje treba naglasiti da je ona veoma često povezana i s mehaničkim oštećenjima sjemena jele. Tako prilikom oštećenja terpentinskog mjehurića sjeme ne klija. Ovdje je interesantna visoko pozitivna korelacija apsolutne klijavosti sa visinama stabala, što ukazuje na to da imamo veću klijavost s većom visinom stabla. Ovo je u raskoraku s obzirom na poziciju cvjetova i češera na stablu. Ovdje se pak moramo osvrnuti na sljedeće, a to je da viša stabla imaju i veću mogućnost da razmijene peludi s drugim stablima, te drugim populacijama. Na taj način se smanjuje samooplodnja, križanje u srodstvu, a oplodeno sjeme je oslobođeno negativnosti proisteklih iz križanja samooplodnjom ili u srodstvu, te pokazuje veću genetičku vitalnost koja se manifestira velikim učešćem iskljanih sjemenki. Kad smo analizirali zdrave neisklijale sjemenke imali smo korelacijsku povezanost na razini od 1%, ali negativnog predznaka, za svojstva energije klijavosti, apsolutne klijavosti i trulih sjemenki. Međutim, za nas je interesantna negativna korelacija spram visina i starosti, što upućuje da se s povećanjem visine i starosti smanjuje učešće zdravih i neisklijalih sjemenki. Za visine imamo objašnjenje, jer kao kod apsolutne klijavosti, stabla koja su visoka imaju sposobnost bolje

razmjene genetskog materijala, a visina je također povezana s starošću. Ovdje bi bilo interesantno doći i do rezultata kad sa starošću počinje rasti broj zdravih i neisklijalih sjemenki, a što se nije moglo riješiti u okviru ovog istraživanja.

Veoma interesantan rezultat smo dobili kod korelacije trulih sjemenki i pojavi imele, gdje imamo pozitivnu i statistički značajnu korelaciju na razini od 5%. Ovo se pak može povezati s gubitkom hranjivih materija u sjemenu koje imela iscrpi iz drva, te se sjemenke nepotpuno razvijaju, a u procesu klijanja počinju da trunu. Kako imela predstavlja jednog od najznačajnijih parazita (Usčuplić i sur 2007), te umanjuje i kvalitetu sjemena, o ovome treba voditi računa prilikom prirodnih obnova jele. Također, u narednom periodu treba nastaviti istraživanja na sjemenu jelu i utjecaju imele, ali je očekivano da između trulih i zdravih neisklijanih sjemenki imamo negativnu korelaciju.

Kako u Bosni i Hercegovini jela predstavlja najvrjedniju vrstu četinjača, to joj se u narednom periodu treba posvetiti dužna pažnja. Time bi dobiveni rezultati iz ovog istraživanja trebali da odigraju važnu ulogu u aktivnostima na oplemenjivanju obične jele, te izdvajanju objekata za proizvodnju šumskog reproduksijskog materijala.

Posebno bi se trebalo voditi računa da prilikom izdvajanja sjemenskih sastojina obične jele izdvajamo natprosječno visoke sastojine, sa što više pojedinačno primiješanih visokih stabala jele, a da se izbjegavaju relativno niske sastojine jednodobno - jednoslojne strukture, jer na taj način možemo poboljšati kvalitetu sjemena.



Slika 33. Imela (*Viscum album* L.)
 na običnoj jeli (Foto Treštić)

PRIMJENA MULTIVARIJATNE ANALIZE PRI OCJENI MEĐUPOPULACIJSKE VARIJABILNOSTI OBIČNE JELE IZ PET POPULACIJA SREDIŠNJE BOSNE

Za istraživanje koje su proveli Ballian i Čabaravdić (2005) uporabljen je materijal koji je ranije na klasičan način obrađen (Ballian 2000a), ali su u ovom slučaju primijenjene nove statističke metode, te metode korelacije između istraživanih svojstava. Također, iskorišćeni su podaci o majčinskim stablima, kao i pozicijama samih populacija odnosno subpopulacija, što je doprinijelo kvaliteti dobivenih rezultata.

U istraživanju su primijenjene sljedeće statističke procedure: deskriptivna statistika, analiza varijanse, analiza kovarijanse, diskriminaciona, te regresiona i korelaciona analiza. Radi utvrđivanja srednjih vrijednosti ispitivanih karakteristika češera, sjemena i ljuske češera primjenjena je deskriptivna statistika. Analizom varijanse provjerene su razlike između srednjih vrijednosti ispitivanih karakteristika češera, sjemena i ljuske češera. Utjecaj prsnog promjera i visine stabala na srednje vrijednosti ispitivanih karakteristika češera, sjemena i ljuske češera ispitani su analizom kovarijanse. Diskriminacionom analizom provjereni su odnosi veličina i oblika češera, sjemena i ljuski sjemena za ispitivane populacije. Regresionom i korelacionom analizom su ustanovljene značajne korelacije i izvedeni regresioni modeli unutar izdvojenih skupina.

Tablica 11. Deskriptivna analiza

Varijabla	Broj uzoraka	Srednja veličina u mm	Varijansa	Standardna devijacija	Standardna pogreška	
Var 1	Dužina češera	100	118,05	535,32	23,13	2,31
Var 2	Širina češera na sredini dužine	100	35,57	15,78	3,97	0,39
Var 3	Širina češera na 2 cm od baze	100	33,62	17,13	4,13	0,41
Var 4	Širina češera na 1 cm od vrha	100	26,05	24,22	4,93	0,49
Var 5	Var2/Var1	100	0,31	0,00	0,02	0,00
Var 6	Var3/Var1	100	0,29	0,00	0,02	0,00

Tablica 11. Deskriptivna analiza

Varijabla	Broj uzoraka	Srednja veličina u mm	Varijansa	Standardna devijacija	Standardna pogreška
Var 7	Var ₄ /Var ₁	100	0,23	0,00	0,02
Var 8	Var ₃ /Var ₂	100	0,95	0,00	0,01
Var 9	Var ₄ /Var ₂	100	0,73	0,00	0,05
Var 10	Dužina sjemenke s krilcem	100	24,79	5,41	2,33
Var 11	Širina krilca na najširem mjestu	100	12,22	0,79	0,89
Var 12	Dužina sjemena	100	11,72	0,74	0,86
Var 13	Širina sjemena	100	6,50	0,23	0,48
Var 14	Debljina sjemena	100	3,30	0,08	0,29
Var 15	Dužina ljuske češera	100	27,93	5,48	2,34
Var 16	Širina ljuske češera	100	27,12	3,82	1,95

Analiza varijanse

Za analizu razlika u varijablama između populacija uporabljen je ANOVA program. Prema provedenoj analizi varijanse stabla unutar populacija se značajno razlikuju prema svim istraživanim značajkama (Tablica 11). Razlika između stabala je veća nego razlika među populacijama. Rezultati su pokazali da postoje statistički značajne razlike između populacija za slijedeće varijable:

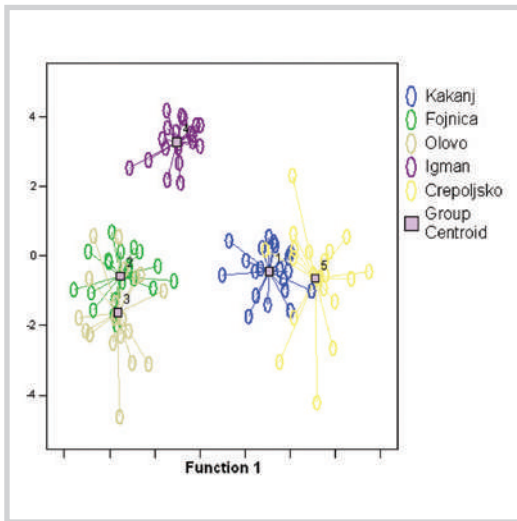
- dužina češera (Var 1),
- širina češera na sredini dužine (Var 2),
- širina češera 1 cm od vrha češera (Var 4),
- odnos širina češera na sredini dužine i dužine češera (Var 5),
- odnos širine češera 2 cm od baze češera i dužine češera (Var 6),
- odnos širine češera 1 cm od vrha češera i dužine češera (Var 7),
- odnos širine češera 2 cm od baze češera i širine češera na sredini dužine (Var 8),
- odnos širine češera 1 cm od vrha češera i širine češera na sredini dužine (Var 9),

- dužina sjemenke s krilcom (Var 10),
- širina krilca na najširem mjestu (Var 11),
- dužina sjemena (Var 12),
- širina sjemena (Var 13),
- debljina sjemena (Var 14),
- dužina ljuske (Var 15).

Analiza kovarijanse

ANCOVA je potvrdila da prisutne statistički značajne razlike između populacija nisu pod utjecajem starosti, prsnog promjera i visine stabla.

Diskriminantna analiza



Slika 34. Grupiranje populacija funkcijama diskriminantne analize

Provođenje diskriminantne analize pokazalo je da postoje tri grupe populacija prema obliku češera i sjemena, dok prema obliku ljuske ne možemo izvršiti grupiranje (Slika 34).

Prema diskriminantnoj analizi, a na osnovu češera, grupiraju se populacija Kakanj i Crepoljsko u prvu grupu, populacije Fojnica i Olovo u drugu grupu, dok populacija Igman čini zasebnu treću grupu. Češeri pokazuju da se diskriminantno grupiraju na osnovu oblika vrha češera, odnosno da li su zaobljenoga, prijelaznog oblika ili su oštrog vrha (Tablica 12 i 13).

Tablica 12. χ^2 test sa sustavnim oblikom češera

	Eigen-vrijednost	Kanonička R	Wilks' Lambda
0	5,1631	0,9153	0,0555
1	0,8579	0,6795	0,3420

Tablica 13. Standardni koeficijent za kanoničku varijabilnost kod češera

	Širina češera 1 cm od vrha češera	Var ₄ /Var ₁	Eigen-vrijednost	Cum.Prop
Root 1	-0,5503	8,7431	5,1631	0,7877
Root 2	8,8812	-3,3689	0,8579	0,9185

Diskriminantnost češera prati dobivena diskriminantnost svojstava sjemena. Također, kao češeri, sjeme se diferencira u tri grupe (Tablica 13). Od pet istraživanih svojstava sjemena dva su značajna, a to su dužina sjemena i širina sjemena. Tako se različite populacije grupiraju prema dimenzijama svojstava, te se u prvu grupu (G₁) dolaze one sa vrijednostima za dužinu sjemena od 11,96 mm i širinom sjemena od 6,76 mm. Drugu grupu (G₂) čine populacije sa vrijednostima za dužinu sjemena od 11,37 mm i širinom sjemena od 6,19 mm, a treću (G₃) sa vrijednostima za dužinu sjemena od 11,94 mm i širinom sjemena od 6,61 mm.

Populacije 1 i 5 formiraju prvu skupinu, populacije 2 i 3 formiraju drugu skupinu i populacija 4 čini treću skupinu s obzirom na veličinu i oblik češera.

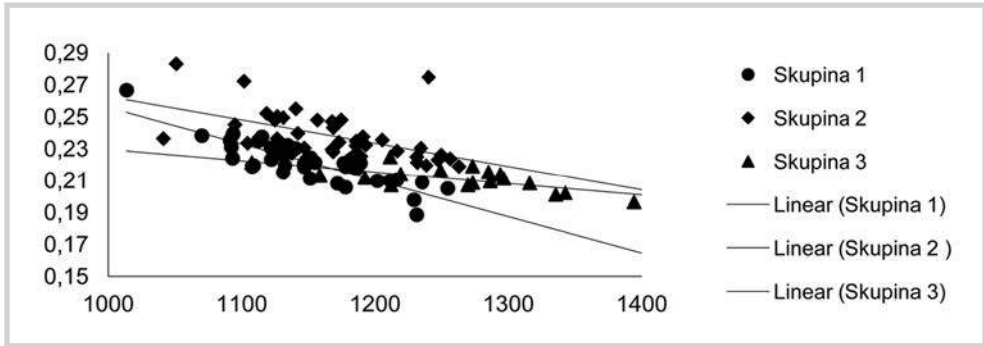
Karakteristični odnos s_1/d diferencira češere na češere na tri tipa:

- I tip - uži i kraći češer šiljastog vrha,
- II tip - širi i duži češer šiljastog vrha i
- III tip - najširi češer zaobljenoga vrha.

Prvi drugi tip češera se međusobno razlikuju u veličini, ali zadržavaju isti oblik, dok se treći tip češera od prva dva razlikuje po obliku. Testiranje parametara regresija potvrđuje različitost veličina i oblika češera (Slika 35).

Tablica 15. Statistika češera

	D	S ₁ /D	S ₁	D/2
I	1.148,76	0,2219	254,9437	574,3799
II	1.169,68	0,2378	278,2469	584,8446
III	1.265,67	0,2106	266,5562	632,8375

Slika 35. Regresija $s_1/d=f(d)$

Različnost oblika i veličina češera utiče i na različnost sjemena. Sjeme se također razdvaja u tri različite skupine pri čemu su pokazatelji diferencijacije jače izraženi nego kod češera. Dvije karakteristike koje statistički značajno diferenciraju skupine po veličini sjemena su dužina i širina sjemena (Tablica 16, 17, 18).

Tablica 16. Zaključne srednje vrijednosti sjemena

Grupa	Dužina sjemena	Širina sjemena
G 1	11,9577	6,7582
G 2	11,3745	6,1898
G 3	11,9403	6,6110

Tablica 17. X^2 test sa sustavnim oblikom prikazanih svojstava sjemena

	Eigen-vrijednost	Kanonička R	Wilks' Lambda
0	2,7782	0,85751	0,08283
1	1,04796	0,71534	0,31295

Tablica 18. Standardni koeficijent za kanoničku varijabilnost kod sjemena

	Dužina sjemena	Širina sjemena	Eigen-vrijednost	Cum.Prop
Root 1	-1,8666	3,6143	2,7782	0,6366
Root 2	-3,3178	0,2689	1,0480	0,8768

Diskriminantna analiza nije identificirala diskriminantnost za istraživana svojstva ljsuski kod češera.

Regresiona analiza

Za određivanje grupa je poslužila i višestruka regresijska analiza pomoću koje je modelirana regresijska funkcija za neka od danih svojstva i optimiziran njihov broj.

Za prvu grupu je svojstvena visoka individualna varijabilnost i dobivena je jednostavna korelacija između svojstva dužine češera i svojstva širina češera na sredini dužine (Tablica 19), dok druga svojstva koja su prikazana u tablici to pokazuju u manjem obimu.

Tablica 19. Regresija za prvu grupu							
Varijable	Intercept	Dužina češera	Širina češera na sredini dužine	Širina češera na 1 cm od vrha	Dužina sjemenke s krilcom	Širina krilca na najširem dijelu	R ² - regresija
Širina češera na 2 cm od baze	39,779	-0,033	0,937				0,791
Širina češera na 1 cm od vrha	6,992		0,790				0,507
Var2/Var1	0,376	0,000	0,001				0,966
Var3/Var1	0,385	0,000	0,001				0,942
Var4/Var1	0,287	0,000	0,001				0,816
Var3/Var2	1,068	0,000					0,192
Var4/Var2	0,704		-0,002	0,003			0,993
Dužina sjemenke s krilcom	0,999		0,034				0,194
Širina krilca na najširem mjestu	2,981		0,026				0,355
Dužina sjemena	6,575				0,209		0,655
Širina sjemena	3,014		0,011				0,338
Debljina sjemena	1,367					0,158	0,107
Dužina ljsuske češera	-8,153	0,013					0,203
Širina ljsuske češera	2,660	-0,009	0,098				0,435

Za drugu grupu većina varijabli ima značajnu regresiju ako koristimo samo svojstvo dužine češera i širine češera na sredini njegove dužine (Tablica 20), od drugih svojstava samo se u jednom slučaju pojavljuje širina češera na 1 cm od vrha.

Tablica 20. Regresija za drugu grupu					
Variable	Intercept	Dužina češera	Širina češera na sredini dužine	Širina češera na 1 cm od vrha	R ² - regresija
Širina češera na sredini dužine	242,2499	0,0922			0,1935
Širina češera na 2 cm od baze	-72,7489		1,1565		0,8977
Širina češera na 1 cm od vrha	-0,2618		0,8211		0,3724
Var2/Var1	0,3079	-0,0003	0,0008		0,9716
Var3/Var1	0,2241	-0,0002	0,0010		0,8711
Var4/Var1	0,2311	-0,0002	0,0007		0,5580
Var3/Var2	0,7306		0,0006		0,2225
Var4/Var2	0,7788		-0,0024	0,0030	0,9949
Dužina sjemenke s krilcom	-5,8961	-0,0135	0,1292		0,4257
Širina krlca na najširem mjestu	-6,9832	-0,0053	0,0714		0,4969
Dužina sjemena	-1,1298		0,0463		0,3960
Širina sjemena	1,7921		0,0157		0,3073
Debljina sjemena	1,1591		0,0078		0,2845
Dužina ljuske češera	-0,1164	-0,0153	0,1274		0,3667
Širina ljuske češera	-25,9862	-0,0127	0,1937		0,6143

Također, za treću grupu najbolji predstavnik je širina češera na sredini njegove dužine i dužina češera, te u po jednom slučaju širina češera na 2 cm od baze i 1 cm od vrha (Tablica 21).

Tablica 21. Regresija za treću grupu

Variable	Intercept	Dužina češera	Širina češera na sredini dužine	Širina češera na 2 cm od baze	Širina češera na 1 cm od vrha	R ² - regresija
Dužina češera						
Širina češera na sredini dužine	101,8871	0,2067				0,9034
Širina češera na 2 cm od baze	21,0918		0,1584			0,9617
Širina češera na 1 cm od vrha	41,9288		0,7911			0,8757
Var2/Var1	0,2869	-0,0002	0,0008			0,9348
Var3/Var1	0,2427	-0,0002	0,0008			0,7239
Var4/Var1	0,2345	-0,0002	0,0007			0,7848
Var3/Var2	0,9295		-0,0026	0,0028		0,9891
Var4/Var2	0,7220		-0,0020		0,0027	0,9943
Dužina sjemenke s krilcom	-34,8647		0,1566			0,9253
Širina krilca na najširem mjestu	-5,8478		0,0582			0,9063
Dužina sjemena	-14,7155		0,0665			0,8999
Širina sjemena	-7,8187		0,0314			0,8919
Debljina sjemena	-5,3789		0,0188			0,8718
Dužina ljuske češera	-18,0374		0,1567			0,9047
Širina ljuske češera	-2,8775		0,1005			0,8899

Na osnovu ranijih morfoloških istraživanja na običnoj jeli može se vidjeti da je registrirana varijabilnost određenog broja metričkih obilježja (Kočiová 1974; Gagov 1973; Ass i sur. 1994; Deaconu 1995; Ballian 2000a; Gradečki-Poštenjak 2002). Istodobno, na molekularnoj razini kod obične jele imamo veliku varijabilnost (Ballian 2003). Na osnovu toga proizlazi da u prijašnjim istraživanjima morfoloških svojstava nije bio optimiziran broj uzoraka, kao ni broj jedinki u uzorku za ispitivanje, a također nisu se rabile suvremene statističke metode prilikom obrade podataka, jer mnoge nisu bile još razvijene.

Područje Dinarskih planina vrlo je specifično kad su posrijedi uvjeti okoliša, jer na vrlo malom prostoru postoji velika šarolikost klimatskih, edafskih, orografskih i drugih čimbenika koji izravno utječu na diferencijaciju različitih ekotipova, a posebice područje središnje Bosne (Stefanović i sur. 1983). Stoga stručnjaci smatraju da vrste šumskog drveća s područja Dinarskih planina pokazuju veliku varijabilnost, u usporedbi s istim vrstama sa sjevera, te bi se na relativno malom prostoru mogla naći velika varijabilnost, što je potvrđeno ovim istraživanjem.

Dobiveni rezultati u ovom istraživanju, primjenom multivarijantne analize, ukazuju kako je pomoću istraživanih svojstava na morfološkoj razini (dužina češera, širina češera na sredini dužine, širina češera na 2 cm od baze, širina češera na 1 cm od vrha dužina sjemenke s krilcom, širina krilca, dužina sjemena, širina sjemena, debljina sjemena dužina ljuste češera, širina ljuste češera), te matematičkih odnosa za svojstva češera, moguće je diferencirati običnu jelu u tri grupe na području središnje Bosne. Rezultati ukazuju da možemo izvršiti grupiranje na osnovu dimenzija češera, bolje reći oblika češera, veličine sjemena i oblika krilca kod sjemena, kao i oblika sterilne ljuste češera.

Prvu grupu gradi populacija Igman i zauzima relativno intermedijarno mjesto između druge dvije grupe populacija Fojnica i Olovo kao druge grupe, a populacija Kakanj i Crepoljsko kao treće grupe (Slika 34).

Rezultate iz ovog istraživanja ne bi mogli usporediti sa ranijim istraživanjima koja je sproveo Gajić (1962), Gudeski (1966, 1967), Ballian (2000), te samo djelomično sa istraživanjima Gradečki-Poštenjak (2002). Razlog leži u tome, što je u ovom radu korištena suvremena statistička analiza, multivarijantna analiza, sa većim brojem ulaznih parametara, odnosno šesnaest mjerenih i računskih varijabli. U pogledu

rezultata Gajić (1962) i Gudeski (1966, 1967) su diferencirali običnu jelu samo na osnovu dužine i širine češera, te boje sjemena, dok mi u ovom radu nismo se vezali samo na dvije dimenzije nego četiri različita mjerena svojstva kao i njihove matematičke odnose, tako da smo u mogućnosti da razvrstamo češere prema karakterističnim oblicima, djelomično neovisno o njihovim dimenzijama, mada su ipak dimenzije u konačnici najvažnije.

Na osnovu dobivenih rezultata prvu grupu češera čine dugi, debeli i na bazi široki češeri, treću kratki, tanki i na bazi uski, dok u drugu grupu dolaze intermedijarni, prelazni oblici.

Na sličan način su raspoređena neka svojstva sjemena i krilaca, kao i ljski sjemena.

Također, ova se svojstva nisu pokazala povezana sa starošću, prsnim promjerom i visinom stabla, kao geološkom i pedološkom podlogom.

U pogledu dosad iznijetoga može se zaključiti kako običnu jelu iz središnje Bosne ne možemo diferencirati uporabom morfoloških svojstava, kao i prema tipu tla na kome raste, odnosno na bazi ekoloških parametara, jer dolazi do grupiranja populacija koje su podrijetlom sa različitih tipova tala (kiselih i bazičnih), kao što je slučaj sa populacijama Olovo i Fojnica, što je u uvjetima Slovenije dobio Brinar (1976). Daljnja istraživanja sa uvođenjem novih mjerenih parametara bi možda mogla potvrditi nalaze spomenutog autora (Brinar 1976), ali u ovom slučaju sa istraživanim svojstvima to nismo dobili.



Slika 36. Obnovljena sastojina obične jele na području Olova, područje Istočnobosanskih visoravni

TESTIRANJE POLUSRODNIKA I PROVENIJENCIJA OBIČNE JELE

RANO TESTIRANJE POLUSRODNIKA OBIČNE JELE U RASADNIKU BUSOVAČA

U Bosni i Hercegovini do sada su se manje površine pošumile sa običnom jelom. Prije svega vršilo se podsijavanje sjemena u cilju prevođenja niskih bukovih šuma u visoke šume direktnom konverzijom. U tim radovima malo se obraćala pažnja na podrijetlo sjemena i kvaliteta sjemena, kao i na podrijetlo i kvalitetu reprodukcijskog materijala. To je vrlo vjerojatno bio i razlog slabijim rezultatima u konverziji šuma, gdje je korišten reprodukcijski materijal i sjeme obične jele, nepoznatog podrijetla. Ipak i pored navedenoga u nekim šumarstvima ima značajnih uspjeha na pošumljavanjima i konverziji niskih šuma u visoke šume.



Slika 37. Broj supki kod obične jele

Broj supki kod biljke je genetski determiniran i utjecajem okoliša ne može biti izmijenjen. Mijenjaju se samo njihove morfološke karakteristike (dužina, širina, oblik, itd.). Blagodareći toj činjenici svojstvo broja supki je podesno za izučavanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti biljaka (Ballian 2000e).

Supke jele su linearne duge 25-35 mm, a široki oko 2 mm (Anić 1983), njihov broj varira od 3 do 8 po klijancu. Herman (1971), Jovanović (1973) i Kojić (1988) pišu da klijanci jele imaju samo 4-5 supki, dok Pavlović i Čokeša (1997) navodi 4-7, i ističu da u populacijama dominiraju jedinke sa 5 supki. U drugom radu Pavlović i sur. (1997) navode da klijanci jele imaju 4-8 supki, što potvrđuje i Vidaković (1982), koji također ističe da su biljke sa 5 supki najbrojnije.

Da bi se dobili egzaktni rezultati o sjemenu i reprodukcijom materijalu potrebno je provoditi rana testiranja, a to je napravljeno s običnom jelom iz središnje Bosne (Ballian 2000b, 2005a).

Cilj testiranja jele je bio da se utvrdi postojanje razlika u broju supki, brzini rasta različitih provenijencija, u ranim fazama razvoja, te da se odredi kada počinje pojava bočnih grana i kako taj broj raste u trećoj i četvrtoj godini, te kakav je stupanj nasljednosti, odnosno da se odredi stupanj vitkosti biljaka proizvedenih u kasetama. Podaci iz provedenih mjerenja korišteni su za utvrđivanje varijabilnosti i nasljednosti na razini unutarpopulacijske varijabilnosti, te međupopulacijske.

U zimu 1998. god. (06.01.1998. god.) u rasadniku Busovača izvršeno je zasijavanje sjemena obične jele u kasete tipa "grahoplast" sa 33 otvora. Supstrat je bila smjesa humusa, treseta i zemlje iz rasadnika, koja se koristi u stalnoj rasadničkoj proizvodnji. Sjetva je izvršena za svako stablo posebno u tri kasete i za svaku populaciju odvojeno (Tablica 22). Sjeme obične jele bilo je sa krilcima, a po stavljanju sjemena na supstrat prekriveno je pilotom četinjača. Tretiranje kemijskim sredstvima nije sprovedeno u ovom pokusu. Kasete su odmah postavljene u zasjenu tako da se po nicanju biljaka nije vršila zasjena. U toku vegetacijske sezone izvršeno je redovno zalijevanje, plijevljenje. Provedene mjere njege i tehnika proizvodnje su smanjile gubitak biljaka kakav se obično ima u klasičnoj proizvodnji reprodukcijom materijala. Krajem prve vegetativne sezone provedeno je razrjeđivanje biljaka, tako da se ostavilo samo po jedna biljka u otvoru kasete. Na kraju prve, druge, treće i četvrte vegetacijske sezone izvršeno je mjerenje promjera iznad vrata korijena i visina

sijanaca, uporabom elektronskog pomičnog mjerila. Mjerenje je izvršeno u sredini svake kasete, na prvih deset biljaka. Tako je za svako od stabla unutar populacije mjereno tri puta po deset biljaka (polusrodnika). Ukupno je za svih pet populacija izmjereno 4.260 biljaka u svakoj godini izmjere (Tablica 22).

Tablica 22. Broj stabala prema populacijama		
Populacija	Broj stabala od kojih su uzgojeni polusrodnici	Broj izmjerenih biljaka u potomstvu
Igman	20	600
Crepoljsko	25	750
Kakanj	31	930
Olovo	32	960
Fojnica	34	1.020
Ukupno	142	4.260

Za svako stablo i populaciju izračunati su osnovni statistički pokazatelji. Analizom varijanse je obrađena unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost za oba svojstva u starosti od jedne i dvije godine. Pored ovoga izvršena je procjena nasljednosti u širem smislu po uzoru na Kočiovu (1974) prema jednadžbi:

Izvori varijabilnosti	Suma kvadrata	Stupnjeva slobode	Sredina kvadrata	Očekivani srednji kvadrati	F- vrijednost
Staništa	Q_s	$r-1$			
Polusrodnici	Q_p	$t-1$		$\sigma_o^2 + \sigma_p^2 + r\sigma_t^2$	
Polusrodnici x Stanište	Q_i	$(r-1)(t-1)$		$\sigma_o^2 + \sigma_p^2$	
Ukupno	Q	$rt(n-1)$		$k\sigma_o^2$	

$$h^2 = \frac{4\sigma_t^2}{k\sigma_o^2 + \sigma_p^2 + 4\sigma_t^2} \quad (\text{Kočiova 1974, prema Stonecypher-u 1967})$$

Također je izračunata linearna korelacijska veza ($y = a + bx$) između adultne i juvenilne generacije za oba svojstva u starosti od jedne i dvije godine. Izračunat je i koeficijent regresije za sve istraživane veze (Tablica 23 i 24).

Isto tako izračunata je i linearna korelacijska veza za odnos mase 1.000 kom. sjemena i oba istraživana svojstva i za obje starosti, a za svaku populaciju posebno i ukupno (Tablica 25).

Svojstva majčinskih stabala

Tablica 23. Srednji prsni promjeri i osnovni biometrijski pokazatelji majčinskih stabala iz pet populacija

Populacija	Srednja veličina (cm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi. /min. (cm)
Igman	60,55	195,9050	23,11	35/90
Crepoljsko	52,16	95,0762	18,69	27/70
Kakanj	50,26	119,9927	21,79	28/68
Olovo	57,13	52,7606	12,71	44/74
Fojnica	43,42	50,3042	16,33	30/61

Tablica 24. Srednje visine i osnovni biometrijski pokazatelji majčinskih stabala iz pet populacija

Populacija	Srednja veličina x (m)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi. /min. (m)
Igman	29,91	7,7249	9,29	23/35
Crepoljsko	27,01	26,8184	19,17	15/35
Kakanj	26,79	16,6000	15,20	18/38
Olovo	29,38	6,5290	8,69	24/34
Fojnica	22,56	15,3121	17,34	12/28

Tablica 25. Masa 1.000 komada sjemenki prema populacijama, sa osnovnim biometrijskim pokazateljima

Populacija	Srednja veličina x (g)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi. /min. (g)
Igman	55,99	9,15	16,35	70,16/40,02
Crepoljsko	53,07	5,06	9,53	64,36/44,19
Kakanj	57,68	19,64	34,04	72,91/33,87
Olovo	58,17	11,32	19,47	76,42/32,61
Fojnica	51,51	9,31	18,08	66,14/43,35

Unutarpopulacijska varijabilnost

Rezultati su dati tablično i grafički.

Tablica 26. Analiza varijanse za unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost

Populacija	F _o - veličina	F-test veličina	
		razina 99%	razina 95%
Fojnica	2,53**	1,60	1,40
Kakanj	2,68**	1,60	1,40
Igman	2,00*	2,30	1,80
Crepoljsko	1,70*	2,20	1,70
Olovo	2,25**	1,60	1,40
Međupopulacijska	2,70 ^{ns}	7,00	3,80

** - statistička značajnost na razini 99%

* - statistička značajnost na razini 95%

^{ns} - bez statistički značajne razlike

Tablica 27. Frekvencija broja supki prema populacijama

Broj supki	Populacija					Ukupno
	Fojnica	Kakanj	Igman	Crepoljsko	Olovo	
3	3	21	3	9	3	39
4	48	102	42	75	66	333
5	549	420	321	393	429	2112
6	411	378	231	270	459	1749
7	9	9	3	3	3	27
Broj analiziranih biljaka	1.020	930	600	750	960	4.260

a) Populacija Fojnica

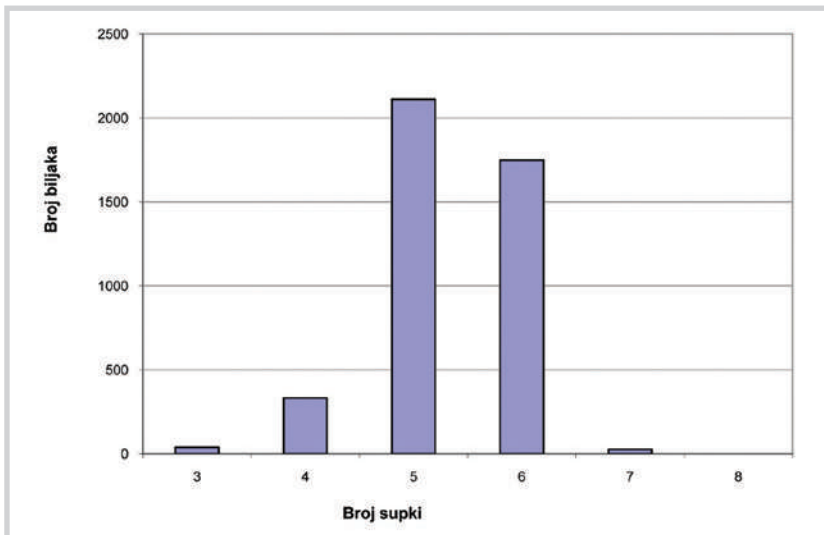
Analiza varijanse u populaciji Fojnica (obuhvaćeni polusrodnici sa 34 stabala) pokazuju da postoji statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost na razini od 99%. F_o vrijednost iznosi 2,53** (Tablica 26), a tablična F-vrijednost je 1,60. U populaciji prevladavaju biljke sa 5, i sa 6 supki.

b) Populacija Kakanj

Analiza varijanse (obuhvaćeni polusrodnici sa 31 stabla) pokazuje da u ovom slučaju postoji statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost na razini od 1%. F_0 -vrijednost iznosi 2,53**, a tablična F-vrijednost je 1,60. I u ovoj populaciji prevladavaju biljke sa 5 supki, a zatim sa 6 supki.

c) Populacija Igman

Za ovu populaciju je analizom varijanse obuhvaćeno potomstvo sa 20 stabala. Utvrđena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost na razini od 95%, a dobivena je F_0 -vrijednost od 2,00*, sa tabličnom F-vrijednošću od 1,80. Kao i u prethodnim slučajevima i ovdje su u populaciji najbrojnije jedinice sa 5 i sa 6 supki.



Slika 38. Frekvencija broja supki u pet populacija središnje Bosne

d) Populacija Crepoljsko

Analiza varijanse obuhvaćeno je potomstvo sa 25 stabala. Za unutarpopulacijsku varijabilnost dobivena je statistički značajna razlika na razini od 5%. F_0 -vrijednost iznosi 1,70*, kao i tablična. Ako pogledamo sliku 38. možemo da ustanovimo da prevladavaju biljke sa 5, a slijede ih sa 6 supki.



Slika 39. Klijanac jele na panju

(Slika 38), što odgovara rezultatima istraživanjima Pavlovića i sur. (1997) jer i oni navode 5 i 6 supki.

Ni u jednoj populaciji nisu registrirane biljke sa brojem supki manjim od 3, jer biljke sa ovim brojem pokazuju vjerojatno malu vitalnost i nisu u stanju da prežive.

e) Populacija Olovo

Za unutarpopulacijsku varijabilnost analizirano je potomstvo sa 32 stabla. Analizom varijanse ustanovljeno je da postoji statistički značajna varijabilnost na razini od 1%. Dobivena F_0 -vrijednost iznosi 2,25**. Prevladavaju stabla sa 6 supki, a zatim sa 5 supki i u tom pogledu se ova populacija razlikuje od drugih.

Međupopulacijska varijabilnost

Iz analize varijanse je vidljivo da nema značajnih razlika između analiziranih populacija, s izuzetkom populacije Olovo. Analizom varijanse nije dobivena vrijednost koja bi pokazala međupopulacijsku varijabilnost. Dobivena je F_0 -vrijednost od 2,70^{ns}, dok je tablična F -vrijednost za razinu od 95% je 3,80.

Analizirajući zbirni rezultat svih 5 populacija može se zaključiti da prevladavaju biljke sa 5, a zatim sa 6 supki

Promjer iznad vrata korijena

Promjer iznad vrata korijena u prvoj godini

Za istraživano svojstvo promjera iznad vrata korijena u prvoj godini dobivene su veličine koje su se kretale od 0,95 mm kod populacije Igman do 1,14 mm kod populacije Kakanj. Varijansa je najmanja bila kod populacije Olovo i iznosila je 0,0179, a najveća kod populacije Kakanj gdje iznosi 0,0279. Varijacijski koeficijent se kretao od 1,81% kod populacije Olovo do 2,45% kod populacije Kakanj (Tablica 28, Slika 41).



Slika 40. Biljke stare jednu godinu

Sve populacije za istraživano svojstvo pokazuju statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, sa F veličinama od 2,51** kod populacije Olovo do 10,41** kod populacije Kakanj.

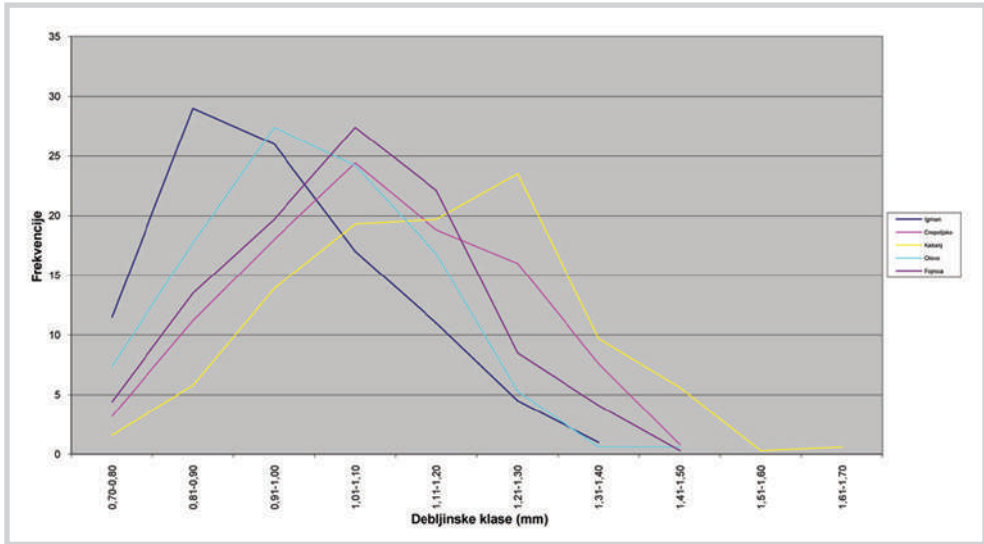
Procijenjena nasljednost (h^2) bila je niska s obzirom da je procijenjena u "širem smislu" i kretala se od $h^2=0,21$ za populaciju Olovo do $h^2=0,56$ za populaciju Kakanj.

Srednji promjer iznad vrata korijena za pet istraživanih populacija iznosi 1,04 mm, a varijansa iznosi 0,0260, dok je varijacijski koeficijent 2,50 %.

Tablica 28. Promjer iznad vrata korijena u prvoj godini, varijansa, F veličina i nasljednost

Populacija	Srednja veličina (mm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi./min. (mm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Igman	0,95	0,0186	1,95	0,70-1,33	2,95**	0,25
Crepoljsko	1,07	0,0245	2,29	0,77-1,44	9,16**	0,54
Kakanj	1,14	0,0279	2,45	0,70-1,63	10,41**	0,56
Olovo	0,99	0,0179	1,81	0,70-1,44	2,51**	0,21
Fojnica	1,04	0,0208	2,00	0,70-1,45	5,02**	0,39
Međupopulacijska	1,04	0,0260	2,50	0,70-1,63	74,19**	0,77

** - statistički značajna razlika za razinu 99%



Slika 4.1. Promjer iznad korijenovog vrata u prvoj godini

Procjena međupopulacijske varijabilnosti pokazuje da postoji statistički značajna razlika između populacija, jer je dobivena F-veličina 74,19** statistički značajna. Razlike između populacija prikazane su na slici 4.1.

Nasljednost (h^2) za ovih pet populacija iznosila je $h^2=0,77$, i relativno je visoka za dobivene nasljednosti u populacijama (Tablica 28).

Promjer iznad vrata korijena u drugoj godini

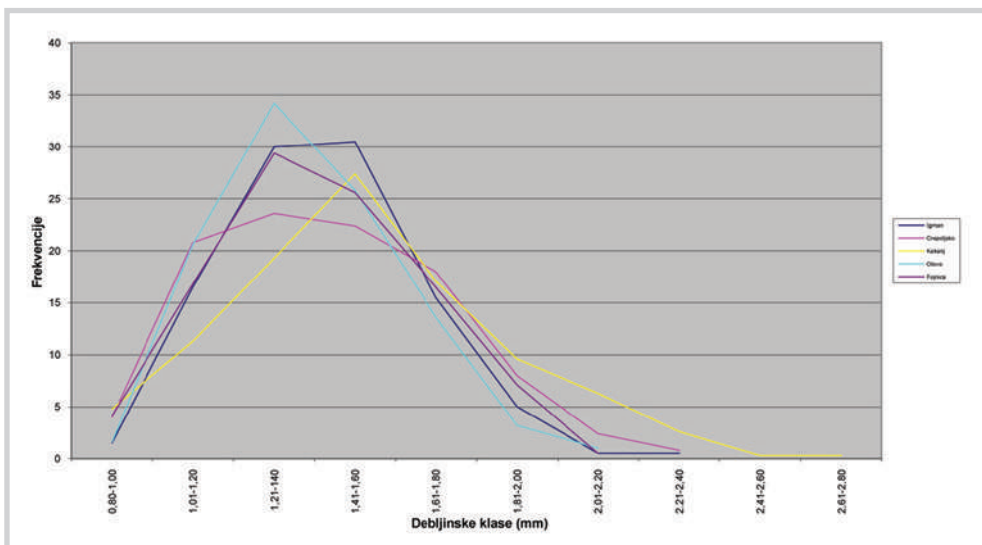
Kod svojstva promjera iznad vrata korijena u drugoj godini dobivene su veličine koje su se kretale od 1,38 mm kod populacije Olovo do 1,53 mm kod populacije Kakanj. Varijansa je najmanja bila kod populacije Olovo i iznosila je 0,0508, a najveća kod populacije Kakanj gdje iznosi 0,1535. Varijacijski koeficijent se kretao od 3,68% kod populacije Olovo do 10,03% kod populacije Kakanj.

Sve populacije za istraživano svojstvo pokazuju statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, sa F veličinama od 5,29** kod populacije Igman do 8,07** kod populacije Olovo.

Procijenjena nasljednost (h^2) bila je niska i kretala se od $h^2=0,40$ za populaciju Igman do $h^2=0,50$ za populaciju Olovo i Crepoljsko.

Srednja veličina promjera iznad vrata korijena za pet istraživanih populacija iznosi 1,43 mm, a varijansa iznosi 0,0863, dok je varijacijski koeficijent 6,04%.

Procjena međupopulacijske varijabilnosti pokazuje da postoji statistički značajna razlika između populacija, jer je dobivena F-veličina 17,35** statistički značajna (Slika 42).



Slika 42. Promjer iznad korijenovog vrata u drugoj godini

Tablica 29. Promjer iznad vrata korijena u drugoj godini

Populacija	Srednja veličina (mm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi. /min. (mm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Igman	1,41	0,0543	3,85	0,85-2,22	5,29**	0,40
Crepoljsko	1,43	0,0870	6,08	0,87-2,32	7,91**	0,50
Kakanj	1,53	0,1535	10,03	0,84-2,69	6,28**	0,45
Olovo	1,38	0,0508	3,68	0,82-2,02	8,07**	0,50
Fojnica	1,41	0,0638	4,52	0,80-2,07	6,03**	0,42
Međupopulacijska	1,43	0,0863	6,04	0,80-2,69	17,35**	0,54

** - statistički značajna razlika za razinu 99%

Nasljednost (h^2) za ovih pet populacija iznosila je $h^2=0,54$ i relativno je bliska sa dobivenim nasljednostima u populacijama (Tablica 29).

Svojtvo promjera iznad vrata korijena u istraživanjima Arbeza (1969) s 21 provenijencijom, za četvrtu godinu pokazuje međupopulacijsku varijabilnost, sa srednjim veličinama za provenijencije od 7,34 do 9,59 mm, a procijenjena nasljednost prema Arbezu (1970) iznosi $h^2=0,22$ za četvrtu godinu. Od drugih vrsta možemo navesti rad Kajbe (1996) na brezi gdje je dobio unutarpopulacijsku varijabilnost za jednu populaciju na dvije ogledne površine, dok nije utvrdio međupopulacijsku varijabilnost.

Promjer iznad korijenovog vrata u trećoj godini

Tablica 30. Promjer iznad vrata korijena u trećoj godini						
Populacija	Srednja veličina (mm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi./min. (mm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Kakanj	2,16	0,3164	14,6197	3,7-1	6,12**	0,45
Crepoljsko	2,05	0,2096	10,1985	3,4-1	13,92**	0,61
Igman	2,08	0,1388	6,6443	3,5-1	5,08**	0,41
Fojnica	2,16	0,1569	7,2510	3,2-1	6,90**	0,48
Olovo	2,07	0,1712	8,2369	3,4-1	7,49**	0,50
Međupopulacijska	2,11	0,1985	9,4075	3,7-1	4,05**	0,37

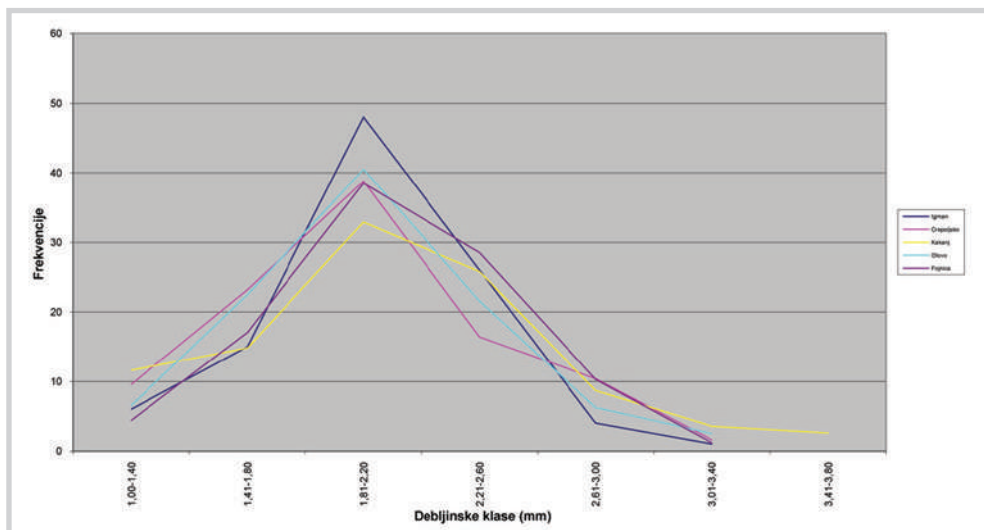
** - statistički značajna razlika za razinu 99%

Svojtvo promjera iznad korijenovog vrata u trećoj godini kod svih istraživanih populacija pokazuje statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost. F_0 vrijednost se kreće od 6,12** kod populacije Kakanj do 13,92** kod populacije Crepoljsko (Tablica 30). Također je dobivena i statistički značajna razlika za ovo svojstvo na međupopulacijskoj razini, sa F_0 vrijednošću od 4,05**, što je vidljivo iz slike 43.

Srednje veličine promjera u trećoj godini su se kretale od 2,05 mm kod populacije Crepoljsko do 2,16 mm kod populacije Fojnica i Kakanj. Najmanje variranje kod potomstva pokazuje populacija Igman. Srednja veličina za sve populacije iznosi 2,11 mm.

Procijenjena nasljednost (h^2) je relativno niska iako je rađena u širem smislu i kretala se od 0,41 kod populacije Igman do 0,61 kod populacije Crepoljsko.

Dobivena nasljednost za sve populacije iznosi 0,37 i relativno je niska ako se uspoređi sa vrijednostima koje su dobivene u prvoj i drugoj godini.



Slika 43. Promjer iznad korijenovog vrata u trećoj godini

Promjer iznad korijenovog vrata u četvrtoj godini

Tablica 31. Promjer iznad vrata korijena u četvrtoj godini

Populacija	Srednja veličina (mm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi./min. (mm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Kakanj	2,36	0,3341	14,1490	4,0-1	4,44**	0,83
Crepoljsko	2,15	0,3118	14,4539	3,8-1	7,64**	0,50
Igman	2,24	0,2081	9,27568	3,6-1	2,33*	0,20
Fojnica	2,32	0,2648	11,3662	3,6-1	3,42**	0,31
Olovo	2,40	0,2506	10,4118	4,4-1	2,37*	0,20
Međupopulacijska	2,29	0,2738	11,9563	4,4-1	11,61**	0,64

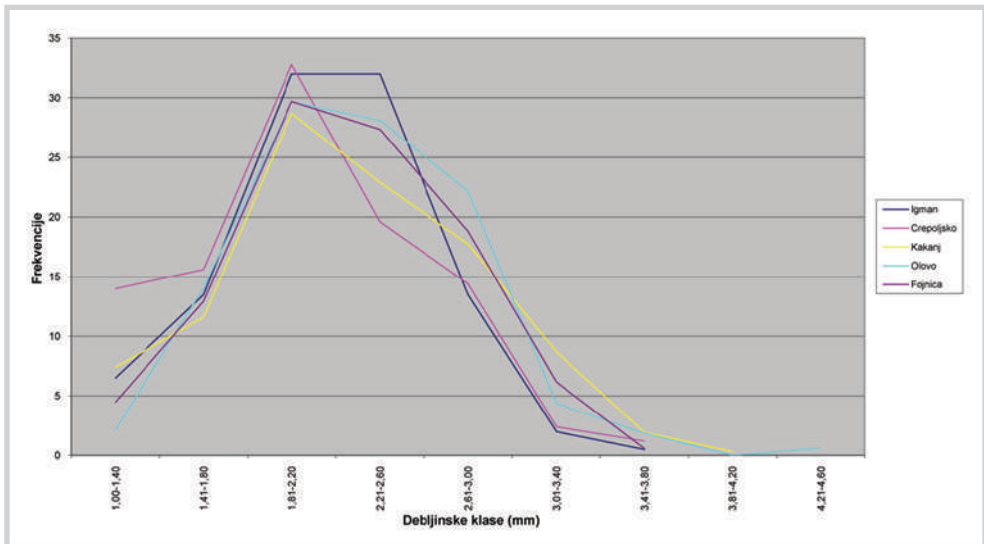
** - statistički značajna razlika za razinu 99%

* - statistički značajna razlika za razinu 95%

U četvrtoj godini za svojstvo promjera iznad korijenovog vrata dobivena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost kod svih istraživanih populacija. F_0 vrijednost se kretala od 2,33* kod populacije Igman, do 7,64** kod populacije Crepoljsko (Tablica 31, Slika 44), dok je među populacijska vrijednost iznosila 11,61**.

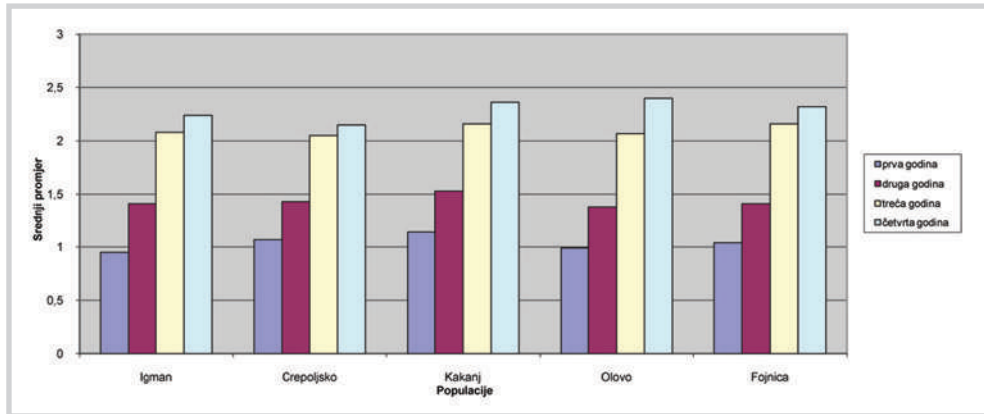
Srednja veličina promjera iznad korijenovog vrata u četvrtoj godini iznosila je od 2,15 mm kod populacije Crepoljsko do 2,40 mm kod populacije Olovo, dok je srednja veličina za sve istraživane populacije iznosila 2,29 mm (Tablica 31). Najmanje unutarpopulacijsko variranje pokazuje populacija Igman, sa varijansom od 0,2081 mm, a najveće variranje ima populacija Kakanj sa veličinom varijanse od 0,3341 mm.

Procijenjena nasljednost (h^2) u širem smislu kretala se od 0,20 kod populacije Igman do 0,83 kod populacije Kakanj. Procijenjena nasljednost za sve populacije iznosila je 0,64.



Slika 44. Promjer iznad korijenovog vrata kod biljaka u četvrtoj godini

Promjer iznad korijenovog vrata u ovom istraživanju pokazuje da u trećoj i četvrtoj godini imamo niže vrijednosti nego što dopušta standard. Stoga je vidljivo da na ovo svojstvo utječe tehnologija proizvodnje biljaka. Inače sadnice u kasetama su ograničene u razvoju korijenovog sistema, te je to direktno vezano sa slabijim debljinskim



Slika 45. Srednji promjeri korijenovog vrata prema starosti

prirastom u trećoj i četvrtoj godini dok se u prve dvije godine to nije primjećivalo (Ballian 2000b). Također se može primijetiti da je u četvrtoj godini došlo i do pretjecanja između populacija Kakanj, Fojnica i Olovo. Stoga se preporučuje proizvodnja obične jele u ovom tipu kasete samo do treće godine, što je vidljivo iz slike 45. gdje je prikazana dinamika prirasta promjera prema starosti sadnica.

Visina sijanaca

Visina sijanaca u prvoj godini

Za istraživano svojstvo visine sijanaca u prvoj godini dobivene su veličine koje su se kretale od 4,14 cm kod populacije Olovo do 4,43 cm kod populacije Crepoljsko. Varijansa je najmanja bila kod populacije Olovo i iznosila je 0,2235, a najveća kod populacije Kakanj gdje iznosi 0,3541. Varijacijski koeficijent se kretao od 5,39% kod populacije Olovo do 8,08% kod populacije Kakanj.

Sve populacije za istraživano svojstvo pokazuju statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, sa F veličinama od 2,48** kod populacije Crepoljsko do 4,64** kod populacije Kakanj.

Procijenjena nasljednost (h^2) bila je niska i kretala se od $h^2=0,21$ za populaciju Crepoljsko do $h^2=0,38$ za populaciju Kakanj.

Srednja veličina visina sijanaca za pet istraživanih populacija iznosi 4,26 cm, a varijansa iznosi 0,290487, dok je varijacijski koeficijent 6,81%.

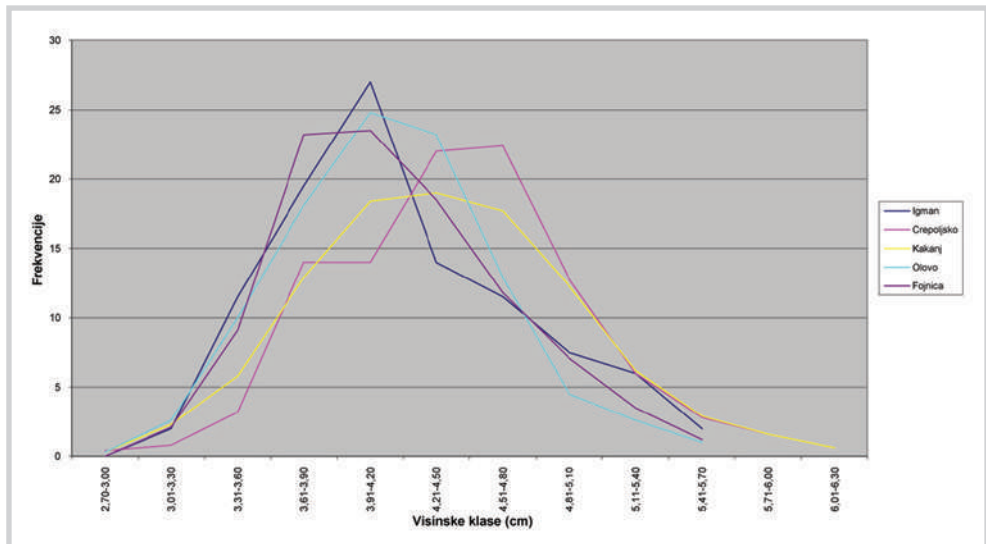
Procjena međupopulacijske varijabilnosti pokazuje da postoji statistički značajna razlika između populacija, jer je dobivena F-veličina 23,22** statistički značajna (Slika 46).

Nasljednost (h^2) za ovih pet populacija iznosila je $h^2=0,69$ i relativno je visoka za dobivene nasljednosti u populacijama (Tablica 32).

Tablica 32. Visina sijanaca u prvoj godini

Populacija	Srednja veličina (cm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi./min. (cm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Igman	4,19	0,2954	7,05	3,22-5,33	2,75**	0,24
Crepoljsko	4,43	0,2802	6,32	2,94-5,81	2,48**	0,21
Kakanj	4,38	0,3541	8,08	2,89-6,22	4,64**	0,38
Olovo	4,14	0,2235	5,39	2,97-5,64	3,13**	0,27
Fojnica	4,15	0,2359	5,68	3,10-5,63	2,57**	0,22
Međupopulacijska	4,26	0,2904	6,81	2,89-6,22	23,22**	0,69

** - statistički značajna razlika za razinu 99%



Slika 46. Visina sijanaca u prvoj godini

Visina sijanaca u drugoj godini

Kod svojstva visine sijanaca u drugoj godini dobivene su veličine koje su se kretale od 7,26 cm kod populacije Igman i 7,85 cm kod populacije Kakanj. Varijansa je najmanja kod populacije Olovo i iznosi 1,3886, a najveća kod populacije Kakanj gdje iznosi 1,7714. Varijacijski koeficijent se kretao od 16,13% kod populacije Olovo do 22,56% kod populacije Kakanj.

Sve populacije za istraživano svojstvo pokazuju statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, sa F veličinama od 2,40** kod populacije Crepoljsko do 6,37** kod populacije Kakanj.

Procijenjena nasljednost (h^2) bila je niska i kretala se od $h^2=0,21$ za populaciju Crepoljsko do $h^2=0,46$ za populaciju Kakanj.

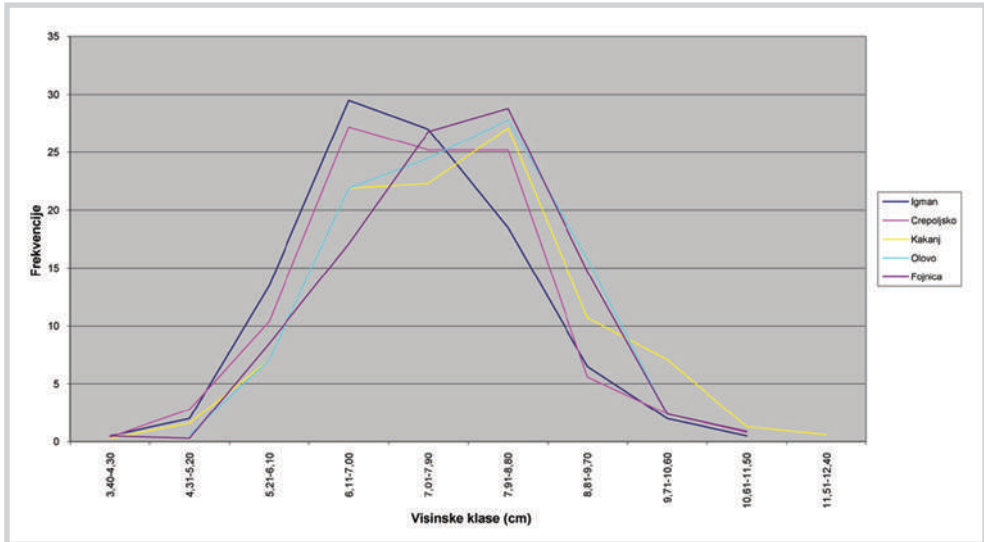
Srednja veličina visina sijanaca za pet istraživanih populacija iznosi 7,59 cm, a varijansa iznosi 1,4899, dok je varijacijski koeficijent 19,62 %.

Procjena međupopulacijske varijabilnosti pokazuje da postoji statistički značajna razlika između populacija, jer je dobivena F-veličina 10,65** statistički značajna (Slika 47).

Nasljednost (h^2) za ovih pet populacija iznosila je $h^2=0,56$, i relativno je visoka u odnosu sa dobivenim nasljednostima u populacijama (Tablica 33).

Tablica 33. Visina biljaka u drugoj godini						
Populacija	Srednja veličina (cm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Maxi./min. (cm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Igman	7,26	1,4183	19,53	3,50-11,20	3,56**	0,31
Crepoljsko	7,39	1,4016	18,96	4,70-11,00	2,40**	0,21
Kakanj	7,85	1,7714	22,56	4,00-12,30	6,37**	0,46
Olovo	7,66	1,2356	16,13	4,50-10,20	5,57**	0,42
Fojnica	7,79	1,3886	17,82	3,90-11,50	4,92**	0,37
Međupopulacijska	7,59	1,4899	19,62	3,50-12,30	10,65**	0,56

** - statistički značajna razlika za razinu 99%



Slika 47. Visina sijanaca u drugoj godini

U dosadašnjim istraživanjima Kočiova (1976) je radila sa dvogodišnjim i četverogodišnjim biljkama. Dobiveni rezultati u tim istraživanjima pokazuju da dvogodišnje biljke iz 15 istraživanih populacija imaju visinu od 4,08 do 4,85 cm, dok Arbez (1969) navodi visine u drugoj godini od 6,84 do 9,26 cm u zavisnosti od provenijencije (19 provenijencija). U četvrtoj godini Kočiova (1976) navodi slijedeće visine 8,58 - 11,20 cm, a Arbez (1969) 16,12 - 21,28 cm. Ako se rezultati ovih autora usporede sa dobivenim rezultatima ovog istraživanja vidjet će se veliko odstupanje u podacima za biljke starosti dvije godine. Dobiveni rezultati (4,14 - 4,43 cm u prvoj godini i 7,26 - 7,85 cm u drugoj godini) daleko nadmašuju rezultate Kočiove (1976) koje je dobila u drugoj godini, jer rezultati ovog istraživanja iz prve godine mogu da se usporede sa rezultatima dobivenim u drugoj godini kod istraživanja Kočiove (1976). Kod Arbeza (1969) je situacija drugačija i dobiveni rezultati su u drugoj godini približno isti sa ovim istraživanjem.

Međupopulacijska varijabilnost je statistički značajna i u ovom istraživanju kao i u istraživanju Kočiove (1976) i Arbeza (1969).

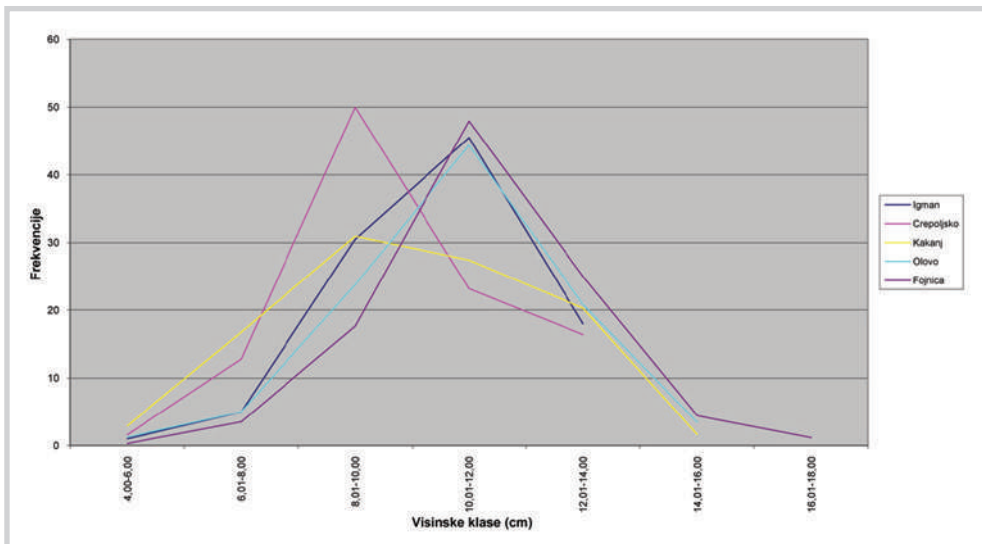
Nasljednost u istraživanju je niska, ali i kod Kočiove (1976) su veličine niske, tako da je u širem smislu prema Stonecypher-u $h^2 = 0,12$ u drugoj godini, a u četvrtoj $h^2 = 0,19$. Arbez (1970) je za drugu godinu

dobio nasljednost $h^2=0,00-0,10$, treću godinu $h^2=0,01-0,12$, i četvrtu $h^2=0,04-0,18$, što su male vrijednosti i dosta niže od ovih istraživanja.

Ipak, na promjer iznad vrata korijena i visine biljaka u prvoj i drugoj godini utjecaj ima i tehnologija proizvodnje reproduktivnog materijala. Kod Kočiove (1976) i Arbeza (1969) primijenjena je klasična metoda proizvodnje sadnica u rasadniku. U ovom istraživanju pak je korištena kasetna proizvodnja koja vrlo vjerojatno ima značajan utjecaj na promjer iznad vrata korijena i visinu biljke. Mala razlika između visina koje je dobila Kočiova (1976) u drugoj i četvrtoj godini i visina u prvoj i drugoj godini ovog istraživanja ovo nam potvrđuju.

Visine u trećoj godini

Svojtvo visine sadnica u trećoj godini pokazuje statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, kod svih istraživanih populacija utvrđena je statistički značajna razlika na razini od 1%. Najmanju F_0 vrijednost ima populacija Crepoljsko sa $5,89^{**}$, a najveću populacija Igman sa $9,67^{**}$ (Tablica 34, Slika 48). Dobivena je i visoka statistički značajna vrijednost za međupopulacijsku varijabilnost, gdje F_0 iznosi $28,01^{**}$.



Slika 48. Visina biljaka u trećoj godini

Srednje visine u trećoj godini kretale su se od 9,88 cm kod populacije Crepoljsko do 11,31 cm kod populacije Fojnica (Tablica 34), dok je srednja veličina za sve istraživane populacije iznosila 10,55 cm.

Najmanje variranje prisutno je kod populacije Igman, sa varijansom od 2,3176.

Procijenjena nasljednost (h^2) u širem smislu bila je relativno niska kod istraživanih populacija i kretala se od 0,44 kod populacije Crepoljsko do 0,55 kod populacije Igman. Ipak, procijenjena nasljednost za svih pet populacija iznosila je 0,74 što je relativno viša vrijednost.

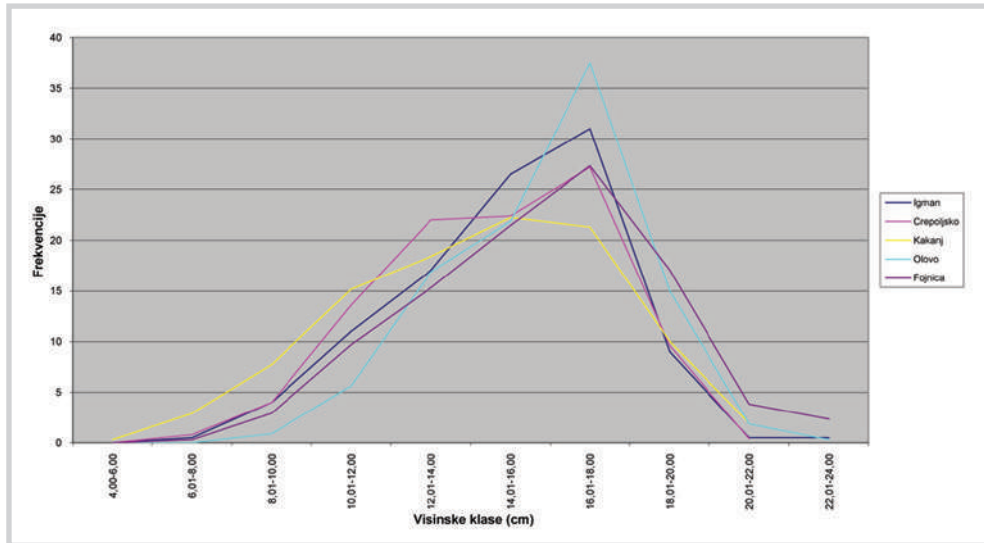
Tablica 34. Visina biljaka u trećoj godini						
Populacija	Srednja veličina (cm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Max./min. (cm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Kakanj	10,13	4,6006	45,3765	16,0-4,0	7,22**	0,48
Crepoljsko	9,88	3,2944	33,3292	13,8-5,4	5,89**	0,44
Igman	10,62	2,3176	21,8188	13,3-5,3	9,67**	0,55
Fojnica	11,31	3,2362	28,6106	17,5-5,7	8,38**	0,52
Olovo	10,83	3,2991	30,4380	15,5-5,2	6,24**	0,46
Međupopulacijska	10,55	3,3495	31,7488	17,5-4,0	28,01**	0,74

** - statistički značajna razlika za razinu 99%

Visine biljaka u četvrtoj godini

Tablica 35. Visina biljaka u četvrtoj godini						
Populacija	Srednja veličina (cm)	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Max./min. (cm)	F-veličina	Nasljednost h^2
Kakanj	14,28	10,3499	72,4373	21-5	3,85**	0,33
Crepoljsko	14,77	6,9968	47,3499	21-8	6,82**	0,48
Igman	15,02	6,8641	45,6921	23-8	3,28**	0,29
Fojnica	15,80	9,8965	62,6046	24,5-7	7,54**	0,50
Olovo	15,95	5,6263	35,2663	22,3-9,6	4,19**	0,35
Međupopulacijska	15,16	7,9467	52,4188	24,5-5	24,41**	0,74

** - statistički značajna razlika za razinu 99%



Slika 49. Visina biljaka u četvrtoj godini

Kod svojstva visina biljaka u četvrtoj godini dobivene su statistički značajne razlike na unutarpopulacijskom nivou kod svih istraživanih populacija, na razini od 1%. Najmanja F_0 vrijednost je dobivena kod populacije Igman, a iznosila je 3,28**, a najveća kod populacije Fojnica sa vrijednošću od 7,54**. Također je dobivena statistički značajna razlika za istraživano svojstvo na međupopulacijskom nivou, sa vrijednošću F_0 od 24,41** (Tablica 35, Slika 49).

Srednje visine sadnica kretale su se od 14,28 cm kod populacije Kakanj do 15,95 cm kod populacije Olovo. Srednja visina za svih pet populacija u četvrtoj godini iznosila je 15,16 cm.

Najmanje variranje registrirano je u populaciji Olovo, gdje je varijansa 5,6263.

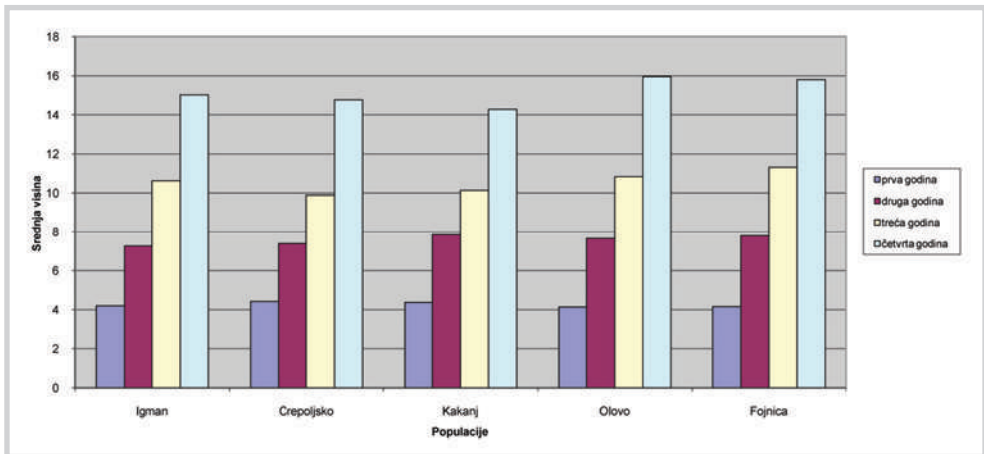
Procijenjena nasljednost (h^2) se kretala od 0,29 kod populacije Igman do 0,50 kod populacije Fojnica. Procijenjena nasljednost za ovo svojstvo kod svih pet populacija zajedno iznosila je 0,74 što je relativno visoka vrijednost i ista je kao i u trećoj godini.

Za svojstvo visine biljaka u četvrtoj godini Kočiová (1976) navodi veličine od 8,58 do 11,20 cm, a Arbez (1969) 16,12-21,28 cm. Uspoređujući rezultate ovog istraživanja vidljivo je da četverogodišnje

biljke imaju daleko veće veličine od onih koje navodi Kočiová, a nešto manje od onih koje navodi Arbez (1969).

Također, međupopulacijska varijabilnost je statistički značajna kao i u istraživanjima sa jednogodišnjim i dvogodišnjim biljkama, kao i kod istraživanja koja su proveli Kočiová (1976) i Arbez (1969).

Pored rečenog u ovom istraživanju je i procijenjena nasljednost (h^2) pokazala veće vrijednosti nego u radovima Kočiová (1976) i Arbeza (1969).



Slika 50. Srednje visine prema starosti

Promatrajući dinamiku visinskog rasta vidljivo je da ne dolazi do stagnacije u prirastu nego sadnice u trećoj i četvrtoj godini zadržavaju i dalje dobar i ujednačen visinski prirast (Slika 50). Ovo se pak može tumačiti borbom za što više svjetla neophodnog za fiziološke procese. Također je vidljivo iz slike da je došlo do određenih pretjecanja između populacija u trećoj i četvrtoj godini.

Broj bočnih izbojaka

Broj bočnih izbojaka u trećoj godini

Svojsvo broja bočnih izbojaka u trećoj godini pokazuje statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost na razini od 5% kod populacija Crepoljsko i Fojnica, a na razini od 1% kod populacija Kakanj,

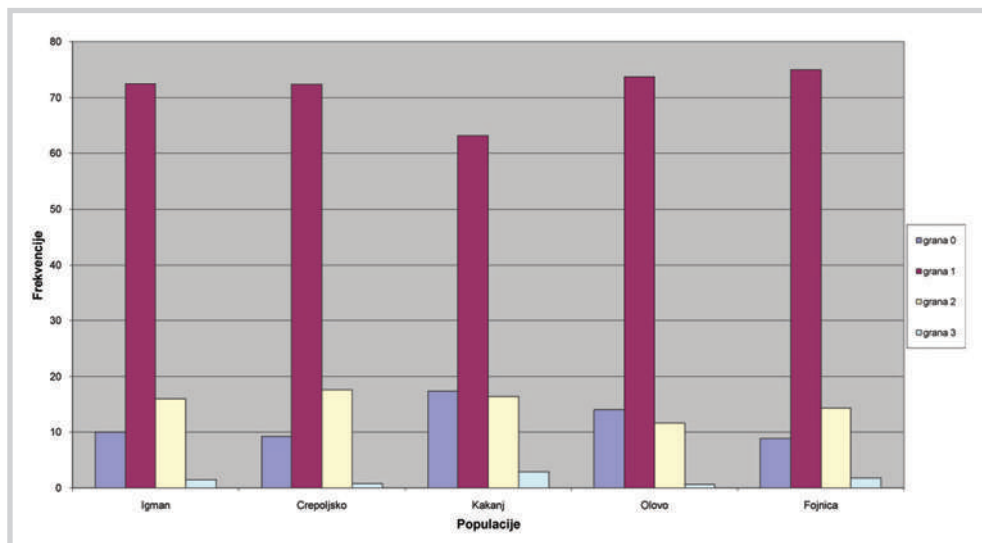
Igman i Olovo. Za ovo svojstvo nije ustanovljena međupopulacijska varijabilnost (Tablica 36, Slika 51).

Tablica 36. Broj bočnih izbojaka u trećoj godini

Populacija	Srednja veličina	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Max./min.	F-veličina	Nasljednost h^2
Kakanj	1,04	0,4539	43,5631	3-0	4,00**	0,35
Crepoljsko	1,10	0,2911	26,4636	3-0	2,57**	0,22
Igman	1,09	0,3134	28,7522	3-0	3,25**	0,29
Fojnica	1,09	0,2954	26,9265	3-0	1,89**	0,63
Olovo	0,98	0,2819	28,5468	3-0	5,93**	0,44
Međupopulacijska	1,06	0,3271	30,8584	3-0	1,53ns	0,10

** - statistički značajna razlika za razinu 99%

ns - statistički značajna razlika nije registrirana



Slika 51. Frekvencija broja bočnih izbojaka u trećoj godini

Srednji broj bočnih izbojaka kretao se od 0,98 kod populacije Olovo do 1,10 kod populacije Crepoljsko, a srednji broj grana za sve populacije iznosio je 1,06.

Procjena nasljednosti (h^2) ovog svojstva bila je relativno niska i kretala se od 0,22 kod populacije Crepoljsko do 0,63 kod populacije Fojnica, dok je ukupna bila jako niska sa vrijednošću od 0,10 (Tablica 36).

Broj bočnih izbojaka u četvrtoj godini

Broj bočnih izbojaka u četvrtoj godini u istraživanju je pokazao da postoji statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost. Tako su populacije Kakanj i Crepoljsko imale statistički značajnu varijabilnost na razini od 1%, a populacije Igman, Fojnica i Olovo na razini od 5%. Međupopulacijska varijabilnost je bila značajna na razini od 1% sa F_0 vrijednošću od 4,01** (Tablica 37, Slika 52).

Srednji broj bočnih izbojka kretao se od 1,26 kod populacije Crepoljsko do 1,43 kod populacije Fojnica.

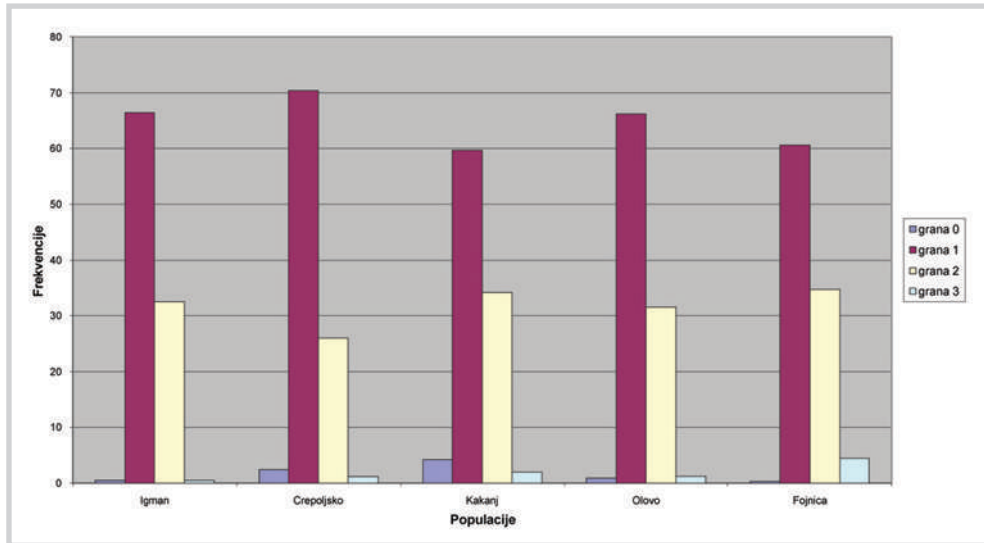
Procijenjena unutarpopulacijska nasljednost (h^2) u širem smislu za ovo svojstvo je vrlo niska i kreće se od 0,14 do 0,38. Na međupopulacijskom nivou također je vrijednost niska i iznosi 0,32.

Tablica 37. Broj bočnih izbojaka u četvrtoj godini

Populacija	Srednja veličina	Varijansa s^2	Varijacijski koeficijent %	Max./min.	F-veličina	Nasljednost h^2
Kakanj	1,33	0,3476	25,9653	3-0	4,56**	0,38
Crepoljsko	1,26	0,2654	21,0634	3-0	3,21**	0,28
Igman	1,33	0,2423	18,2180	3-0	2,67*	0,24
Fojnica	1,43	0,3405	23,7720	3-0	1,65*	0,11
Olovo	1,33	0,2661	19,9887	3-0	2,42*	0,21
Međupopulacijska	1,33	0,2923	21,9774	3-0	4,01**	0,37

** - statistički značajna razlika za razinu 99%

* - statistički značajna razlika za razinu 95%



Slika 52. Frekvencija broja bočnih izbojaka u četvrtoj godini

Pojava bočnih grana već je sporadično primijećena u drugoj godini, ali je bila jako slabog intenziteta.

Inače za ovo svojstvo Kajba (1996) je kod breze dobio statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, dok na međupopulacijskom nivou nije dobio značajne razlike. Također je ustanovio da je ovo svojstvo pod osrednjom genetskom kontrolom.

Ovo svojstvo bi trebalo i dalje pratiti, da se ustanovi kako se odražava na broj grana u pršljenu i debljinu grana, što direktno utječe na kvalitetu drvne mase.

Stupanj vitkosti

Stupanj vitkosti u trećoj godini

Za svojstvo stupnja vitkosti u trećoj godini dobivena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost kod tri istraživane populacije, dok kod dvije nije registrirana. F_0 vrijednost se kretala od 1,20° kod populacije Olovo do 8,04** kod populacije Crepoljsko. Također je dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost na razini od 1%, sa F_0 vrijednošću od 3,59** (Tablica 38).

Tablica 38. Stupanj vitkosti u trećoj godini

Populacija	Srednja veličina	Varijansa s ²	Varijacijski koeficijent %	Max./min.	F-veličina	Nasljednost h ²
Kakanj	48,67	47,31	97,20	111,00 - 27,03	4,87**	0,36
Crepoljsko	49,27	38,86	78,86	70,00 - 28,66	8,04**	0,47
Igman	53,79	109,54	203,63	71,00 - 32,57	1,22 ^{ns}	0,38
Fojnica	53,00	16,59	31,30	86,66 - 34,58	3,77**	0,35
Olovo	54,38	86,63	159,28	84,16 - 37,14	1,20 ^{ns}	0,40
Međupopulacijska	51,82	59,78	115,36	111,00 - 27,03	3,59**	0,70

** - statistički značajna razlika za razinu 99%

* - statistički značajna razlika za razinu 95%

^{ns} - statistički značajna razlika nije registrirana

Srednje vrijednosti stupnja vitkosti kretale su se od 48,67 kod populacije Kakanj do 54,38 kod populacije Olovo, dok je ukupni srednji stupanj vitkosti za svih pet populacija iznosio 51,82.

Procijenjena nasljednost (h²) u širem smislu za ovo svojstvo kretala se od 0,35 kod populacije Fojnica do 0,47 kod populacije Crepoljsko, a za svih pet populacija bila je relativno visoka sa vrijednošću od 0,70.

Stupanj vitkosti u četvrtoj godini

U četvrtoj godini svojstvo stupnja vitkosti pokazuje statistički značajnu razliku na razini od 5% kod populacija Igman, Fojnica i Olovo. Kod populacije Kakanj i Crepoljsko dobivena statistički značajna razlika na razini od 1% (Tablica 39). Za ovo svojstvo dobivena je i statistički značajna razlika na međupopulacijskom nivou, a na razini od 1% sa F₀ vrijednošću od 8,41**.

Srednja vrijednost stupnja vitkosti kretala se od 70,90 kod populacije Crepoljsko do 62,00 kod populacije Kakanj, dok je srednji stupanj vitkosti za svih pet populacija iznosio 67,88.

Procijenjena nasljednost (h²) kretala se od 0,14 kod populacije Olovo do 0,59 kod populacije Kakanj, a za sve populacije 0,60.

S obzirom da je stupanj vitkosti koeficijent između visine i promjera korijenskog vrata, ovaj koeficijent pokazuje otpornost biljke na savijanje, pa tako i kakva je otpornost biljaka na snijeg, a što je jako

bitno kod uzgojno meliorativnih radova u našim šumama gdje se snijeg dugo zadržava.

Što ovaj koeficijent pokazuje manju vrijednost jedinke su otpornije na štete od snijega (Pintarić 1999 i 2000).

Tablica 39. Stupanj vitkosti u četvrtoj godini

Populacija	Srednja veličina	Varijansa s ²	Varijacijski koeficijent %	Max./min.	F-veličina	Nasljednost h ²
Kakanj	62,00	69,54	112,14	101,87 - 22,72	7,42**	0,59
Crepoljsko	70,90	66,50	93,79	124,00 - 40,00	5,66**	0,45
Igman	68,11	20,62	30,28	104,28 - 38,33	2,04*	0,17
Fojnica	69,13	23,59	34,13	116,66 - 45,00	1,94*	0,20
Olovo	67,75	17,31	25,55	106,25 - 38,96	1,62*	0,14
Međupopulacijska	67,88	39,51	58,20	124,00 - 22,72	8,41**	0,60

** - statistički značajna razlika za razinu 99%

* - statistički značajna razlika za razinu 95%

Uspoređenjem rezultata iz treće i četvrte godine vidljivo je da vrijednost stupnja vitkosti raste. Ovo ukazuje da svako daljnje držanje biljaka u kasetama je loše jer se smanjuje i njihova otpornost na snijeg. Razlog povećanju stupnja vitkosti leži u ograničenosti prostora u kome se biljke razvijaju (kasete), te kao posljedicu ima mali debljinski prirast, kao i borba za svjetlom što dovodi do većeg visinskog priraščivanja.

Korelacijski odnosi

Korelacijski odnos prsnog promjera majčinskog stabla i promjera iznad vrata korijena linije polusrodnika

a. Prva godina

Za odnos prsnog promjera adultnih stabala i promjera iznad vrata korijena juvenilnih biljaka možemo reći, da je korelacijska veza jako slaba, što se može vidjeti iz dobivenih jednadžbi koje su date u tablici 40, i koeficijenata regresije koji su dati u tablici 41, koji su niski, a u nekim slučajevima imaju i negativnu vrijednost. Isto važi kako za pojedine populacije tako i za sve populacije zajedno.

b. Druga godina

U drugoj godini isto kao i u prvoj rezultati se značajnije nisu promijenili. Kako za jednadžbe tako i za regresijske vrijednosti.

Odnos između adultnih i juvenilnih biljaka za istraživanja svojstva nije pokazao međuzavisnost, kao što je za bijeli bor utvrdio i Mikić (1990) u izvještaju DC za 1989-90 god.

Tablica 40. Linearne jednadžbe za odnos adultne i juvenilne generacije				
Populacija	U prvoj godini		U drugoj godini	
	Za promjer	Za visinu	Za promjer	Za visinu
Kakanj	$y=1,0634+0,0015x$	$y=3,7167+0,0255x$	$y=1,5150+0,0002x$	$y=7,1454+0,0289x$
Crepoljsko	$y=0,9154+0,0031x$	$y=4,4980-0,0022x$	$y=1,4385-0,0004x$	$y=6,7246+0,0249x$
Igman	$y=1,0355-0,0013x$	$y=4,4402-0,0082x$	$y=1,2353+0,0031x$	$y=9,1514-0,0614x$
Olovo	$y=0,8831+0,0019x$	$y=3,8636+0,0095x$	$y=0,9567+0,0074x$	$y=10,0733-0,0799x$
Fojnica	$y=1,1790-0,0031x$	$y=3,9551+0,0092x$	$y=1,7721-0,0083x$	$y=8,3436-0,0230x$
Zajedno	$y=1,1173-0,0013x$	$y=4,1313+0,0048x$	$y=1,4317+0,0001x$	$y=8,1480-0,0184x$

Korelacijski odnos visine majčinskog stabla
i visine biljaka linije polusrodnika

a. Prva godina

Visine biljaka juvenilne generacije pokazuju sa visinama stabala adultne generacije slabu korelacijsku vezu, što se vidi iz jednadžbi što su date u tablici 40 i koeficijentata regresije koji dati u tablici 41.

Tablica 41. Koeficijenti regresije za odnos adultne i juvenilne generacije				
Populacija	U prvoj godini		U drugoj godini	
	Za promjer	Za visinu	Za promjer	Za visinu
Kakanj	0,1266	0,2482	0,0110	0,1103
Crepoljsko	0,2652	-0,0483	-0,0024	0,2402
Igman	-0,3117	-0,0859	0,3600	-0,2936
Olovo	0,2423	0,1023	0,3667	-0,3002
Fojnica	-0,2546	0,1674	-0,3645	-0,1355
Zajedno	-0,1350	0,0754	0,0064	-0,1163

b. Druga godina

Visine biljaka u drugoj godini i visine stabala adultne generacije imaju slabu korelacijsku vezu (Tablica 40), a i koeficijent regresije je nizak što se vidi u tablici 41.

Odnos između adultnih i juvenilnih stabala za istraživana svojstva nije pokazao međuzavisnost, kao što je za bijeli bor utvrdio i Mikić (1990) u izvještaju DC za 1989-90 godine.

Korelacijski odnos apsolutne mase sjemena (1.000 kom.)
i promjera iznad vrata korijena linije polusrodnika

a. Prva godina

Za odnos mase 1.000 komada sjemena i promjera iznad vrata korijena u prvoj godini nije dobivena značajna korelacijska veza što se vidi iz jednadžbi što su date u tablici 42, kao i iz regresivnog koeficijenta iz tablice 43.

b. Druga godina

Korelacijska veza između mase sjemena i promjera iznad vrata korijena u drugoj godini također ne pokazuje značajan odnos (Tablica 42), a to je vidljivo kod regresivnog koeficijenta iz tablice 43.

Korelacijski odnos apsolutne mase sjemena (1.000 kom.)
i visine biljaka linije polusrodnika

a. Prva godina

Odnos mase 1.000 komada sjemenki i visine juvenilnih biljaka u starosti od jedne godine ne pokazuje značajnu korelacijsku vezu (Tablica 42), a i koeficijent regresije je nizak što se vidi u tablici 43.

b. Druga godina

Korelacijska veza između mase 1.000 komada sjemenki i visine juvenilnih biljaka u drugoj godini nije značajna, dosta je slaba (Tablica 42), što se također vidi i iz regresijskog koeficijenta koji je dat u tablici 43.

Tablica 42. Linearne jednadžbe za odnos mase sjemena (1.000 kom.) i juvenilne generacije

Populacija	U prvoj godini		U drugoj godini	
	Za promjer	Za visinu	Za promjer	Za visinu
Kakanj	$y=0,9255+0,0042x$	$y=3,1854+0,0204x$	$y=1,1857+0,0075x$	$y=5,1178+0,0490x$
Crepoljsko	$y=1,0244+0,0017x$	$y=4,6267-0,0039x$	$y=1,9136-0,0079x$	$y=7,7077-0,0060x$
Igman	$y=0,8745+0,0014x$	$y=3,5588+0,0113x$	$y=1,5794-0,0027x$	$y=5,2044+0,0377x$
Olovo	$y=0,8956+0,0017x$	$y=3,7909+0,0047x$	$y=1,3560+0,0009x$	$y=5,4474+0,0409x$
Fojnica	$y=1,0898-0,0009x$	$y=3,4100+0,0135x$	$y=1,7796-0,0065x$	$y=7,0944+0,0133x$
Zajedno	$y=0,9497+0,0019x$	$y=3,7123+0,0092x$	$y=1,3832+0,0016x$	$y=5,7249+0,0344x$

Tablica 43. Koeficijenti regresije za odnos mase sjemena (1.000 kom.) i juvenilne generacije

Populacija	U prvoj godini		U drugoj godini	
	Za promjer	Za visinu	Za promjer	Za visinu
Kakanj	0,4504	0,6297	0,3873	0,6537
Crepoljsko	0,0857	-0,0874	0,2274	-0,0578
Igman	0,1729	0,3191	-0,1559	0,4869
Olovo	0,2593	0,2660	0,0676	0,6993
Fojnica	-0,0829	0,3723	-0,3354	0,1196
Zajedno	0,1472	0,2787	0,0835	0,4332

Što se tiče odnosa mase 1.000 komada sjemena i visine biljaka u drugoj godini Kočiova (1976) je dobila pozitivnu korelaciju sa visokim koeficijentom regresije ($r=0,8218$), što isto odstupa od ovih istraživanja, jer su dobivene male veličine koeficijenta regresije za sve uspostavljene korelacijske veze. Prema izvještaju DC za 1989-90 god. Mikić (1990) navodi da se za bijeli bor iz Bosne i Hercegovine ne može dobiti pozitivna korelacija između mase 1.000 komada sjemena i visine mlade biljke u prvim godinama nego da možda na visinu utječu određeni mikroelementi u podlogama na kojima je naraslo stablo sa koga je sabrano sjeme.

Utvrđena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost za svojstvo broja supki kod svih istraživanih populacija, dok međupopulacijska varijabilnost ovog svojstvo nije registrirana.

U četiri populacije (Crepoljsko, Fojnica, Igman, Kakanj) prevladavaju biljke sa 5, a zatim sa 6 supki, a u jednoj populaciji (Olovo) najbrojnije su sa 6 supki, a zatim sa 5 supki.

Biljke sa manjim brojem supki od 3 nisu registrirane jer vrlo vjerovatno ne mogu da preživljavaju.

Uzimajući u obzir sve populacije najbrojnije su biljke sa 5 supki.

Svojtvo broja supki ne može poslužiti u diferencijaciji obične jele u niže taksonomske jedinice.

Za sva istraživana svojstva dobivena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost u starosti od tri i četiri godine, dok je na međupopulacijskoj razini samo za svojstvo broja izbojaka u trećoj godini izostala statistički značajna varijabilnost. Stoga sva svojstva bi mogla da posluže za procjenu međupopulacijske varijabilnosti.

Dobiveni rezultati u prvoj, drugoj, trećoj i četvrtoj godini pokazuju da se može izvršiti individualna selekcija na brzi debljinski i visinski rast, a također mogu se izdvojiti i populacije sa bržim rastom.

Procijenjena nasljednost je u prvoj, drugoj, trećoj i četvrtoj godini starosti prilično niska, a to se može povezati sa stadijskom starošću materijala, ili u drugom slučaju sa podrijetlom sjemena, koje potječe iz prirodnih sastojina, ali je nastalo iz slobodnog oprašivanja gdje su muški roditelji možda bili inferiorni.

Za razliku od pozitivnih rezultata dobivenih sa sadnicama proizvedenim u kasetama u prve dvije godine, u ovom slučaju, u trećoj i četvrtoj taj pozitivan trend se gubi, jer se remeti stupanj vitkosti, te se za jelu može zaključiti da je ne bi trebalo u kasetama držati duže od tri godine. Time se smanjuje njena otpornost na različite pritiske kojima može mlada biljka biti izložena, prije svega na snijeg.

Pojavu bočnih izbojaka koja je ovdje praćena dvije godine trebala bi se nastaviti i ubuduće, da se odredi kako na podmlatku obične jele utječe na pojavu pršljena, odnosno broja grana u pršljenu, te kasnije u kakvoj je to vezi sa debljinom grana.



Slika 53. Rasuti češer jele

ISTRAŽIVANJE VARIJABILNOSTI MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA OBIČNE JELE U TESTU PROVENIJENCIJA DELIMUSA

Odabiranje najboljih sjemenskih sastojina obične jele unutar šumskih kompleksa u BiH je otpočelo 1953. godine (Đikić i sur. 1965), da bi se hitnije tom problemu pristupilo 1982. godine pa je i napravljen elaborat na temu: *Revizija postojećih i izdvajanje novih sjemenskih sastojina i proučavanje bioloških karakteristika smreke, jele, bijelog i crnog bora u funkciji proizvodnje kvalitetnog sjemena za potrebe šumarstva SR BiH* (Dizdarević i sur. 1987).



Slika 54. Pokus Delimusa

U sklopu istraživanja napravljen je izbor najboljih sastojina jele i njihovim uređenjem bi se formirala solidna baza za vegetativnu i generativnu reprodukciju, čije će potomstvo imati brz rast, dobar oblik, dobra tehnološka svojstva i otpornost na biotske i abiotske faktore. Sve sjemenske sastojine jele opisane su u svim bitnim elementima njihovog kvaliteta. Prikazani su svi osnovni elementi ekoloških faktora u kojima se one nalaze.

Na temelju navedenih elemenata i stanja ekoloških faktora u postojećim šumsko-privrednim područjima izrađen je prijedlog distribucije sjemenom dotičnih područja svih sjemenskih sastojina. Pri tome se strogo vodilo računa putem detaljne analize postojećih faktora da se sjeme iz svake sastojine usmjeri u pripadajuće ekološke uvjete staništa, pri čemu su tri ekološka

faktora imala prije svega utjecaj orografskih, klimatskih i edafskih čimbenika.

Osnovna provjera navedenih pretpostavki trebala je da se izvrši preko eksperimentalnih rajonizacija podizanjem provenijencijskih ogleda. Iz toga je proistekao i cilj ovog istraživanja, da se preko provenijencijskih ogleda sa običnom jelom putom testiranja odgovori na neka od pitanja koja su vezana za morfološke karakteristike navedene vrste drveća (Halilović 2008, Halilović i sur. 2009a i b, 2013).

Polazni materijal za podizanje ogleda sa običnom jelom potiče sa devet lokaliteta u Bosni i Hercegovini (Bugojno, Bos. Petrovac, Olovo-Palež, Pale, Konjic, Fojnica, Sokolac, Olovo-Klis i Prozor), sa položaja između 850 i 1.300 m nadmorske visine (Karta 16).

Najsjevernija provenijencija dolazi iz Bos. Petrovca, dok je najjužnija iz područja Hercegovine (Prozor).

Bliži pregled istraživanih provenijencija sa njihovim karakteristikama prikazan je u tablici 44 i 45.

Tablica 44. Provenijencije jele u pokusu Delimusa					
Provenijencija	Tip tla	Geološko petrografska podloga	Nadmorska visina (m)	Ekspozicija	Nagib terena (%)
1. Bugojno	rendzina, kalkokambisol	dolomit i vapnenac	1.090	N - W	10 - 25
2. Bosanski Petrovac	rendzina, kalkok., pseudoglej	dolomit	900	N	2
3. Olovo - Palež	kalkokambisol, luvisol	vapnenac	960	N - E	12
4. Pale	distrični kambisol, kalkomelanosol	verfenski škrljci, pješčari, vapnenac	1.200	N - E	20
5. Konjic	kalkokambisol, kalkomelanosol	jedri vapnenci	1.030	E - EN	10 - 22
6. Fojnica	Distrični kambisol	riolit	1.010	-	-
7. Sokolac	kalkokambisol, kalkomelanosol	vapnenac	940	S - W	13
8. Olovo - Klis	kalkokambisol, luvisol	vapnenac	850	N - W	13
9. Prozor	kalkomelanosol, luvisol	vapnenačka morena	1.300	N - E	5 - 10

Tablica 45. Opće karakteristike sjemenskih sastojina uzetih u pokus provenijencija

Provenijencija	Tip fitocenoze	Prosječna starost	Srednja visina (m)	Srednji Promjer (cm)	Zapremina (m ³)
1. Bugojno	<i>Piceo - Abietum</i>	100	24,7	29,7	327,7
2. Bosanski Petrovac	<i>Abieto - Picetum Illyracum</i>	105	27,2	32,4	302,9
3. Olovo - Palež	<i>Galio - Abietetum</i>	80	30,7	30,6	537,3
4. Pale	<i>Abieto - Picetum Illyracum</i>	90	23,1	28,4	692,8
5. Konjic	<i>Abieto - Fagetum Illyracum</i>	130	27,2	43,0	270,4
6. Fojnica	<i>Piceo - Abietum Syllicolum</i>	135	25,6	41,5	397,2
7. Sokolac	<i>Abietum - Picetum Syllicolum</i>	95	26,9	27,3	390,6
8. Olovo - Klis	<i>Abieto - Picetum Illyracum</i>	125	14,2	29,5	669,1
9. Prozor	<i>Piceo - Abietum Fagetum</i>	115	17,0	30,5	307,5

Sakupljanje sjemena ovih provenijencija obavljeno je u jesen 1985. godine u okviru projekta "Revizija postojećih i izdvajanje novih sjemenskih sastojina i proučavanje bioloških karakteristika smreke, jele, bijelog i crnog bora u funkciji proizvodnje kvalitetnog sjemena za potrebe šumarstva SRBIH", koji je izrađen na Šumarskom fakultetu u Sarajevu (Dizdarević i sur. 1987).

Nakon što je sakupljeno sjeme sjetva je izvršena iste godine u rasadniku Zavidovići. Sadnice su proizvedene pod jednakim ekološkim uvjetima i u sijalištu rastle tri godine, tako da su kao trogodišnje školo-vane dvije godine u istom rasadniku (3+2), a zatim prenesene na teren.

Opis staništa na kome je podignut provenijencijski test

Ogledna ploha je postavljena na području gospodarske jedinice "Krivaja" u odjelu 86 "K" lokalitet "Delimusa". Nadmorska visina na kojoj je podignuta ogledna ploha je 970 m, ekspozicija terena je sjeverna. Inklinacija terena se kreće u intervalu 10 - 20 stupnjeva.

Prema tipološkoj klasifikaciji koja je rađena u BiH u petogodišnjem periodu (1964. - 1968.), pa na temelju te klasifikacije, izrađene su pedološke i tipološke karte za ovo područje. Prema pedološkoj klasifikaciji tlo na kome je podignuta ogledna ploha je distrični kambisol na neraščlanjenoj vulkanogenoj sedimentnoj formaciji (obilježje 2008-II).



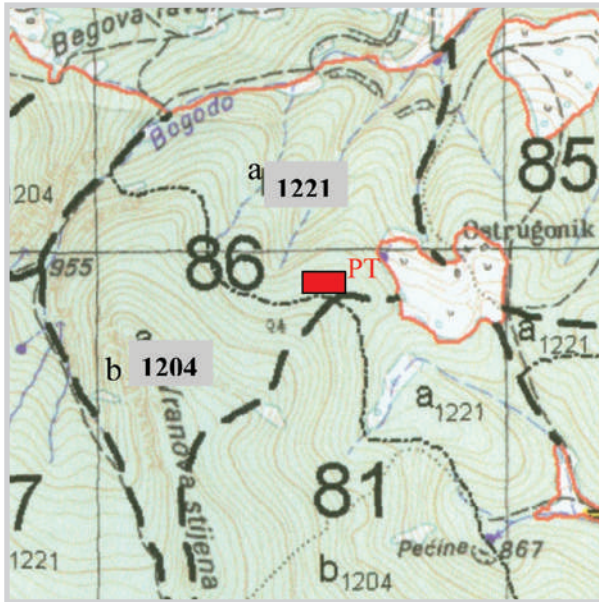
Karta 16. Zemljopisni raspored provenijencija: Bugojno, Bos. Petrovac, Olovo - Palež, Pale, Konjic, Fojnica, Sokolac, Olovo - Klis, Prozor, **PT**- provenijenični test

Kada je u pitanju tip šume, po klasifikaciji, područje je uključeno u šume bukve i jele sa smrekom na dubokim distričnim zemljištima na silikatnim stijenama - obilježje 102 S².

Na temelju rezultata dobivenih tipološkom klasifikacijom u odjelu 86 "K" ukupne površine 64,9 ha izdvojena su dva odsjeka (dvije gazdinske klase), (Karta 17), i to:

Odsjek "a" G.K 1221 - šume bukve i jele sa smrekom na duboko - kiselo - smeđem zemljištu na silikatnim supstratima, površine 32,5 ha u kome je i podignuta ogledna ploha;

Odsjek "b" G.K 1204 - šume bukve i jele sa smrekom na pretežno plitkim zemljištima na vapnencima, površine 32,4 ha.



Karta 17. Odjel 86 "K", granica odjela, odsjeka i lokacija ogledne plohe ■ PT

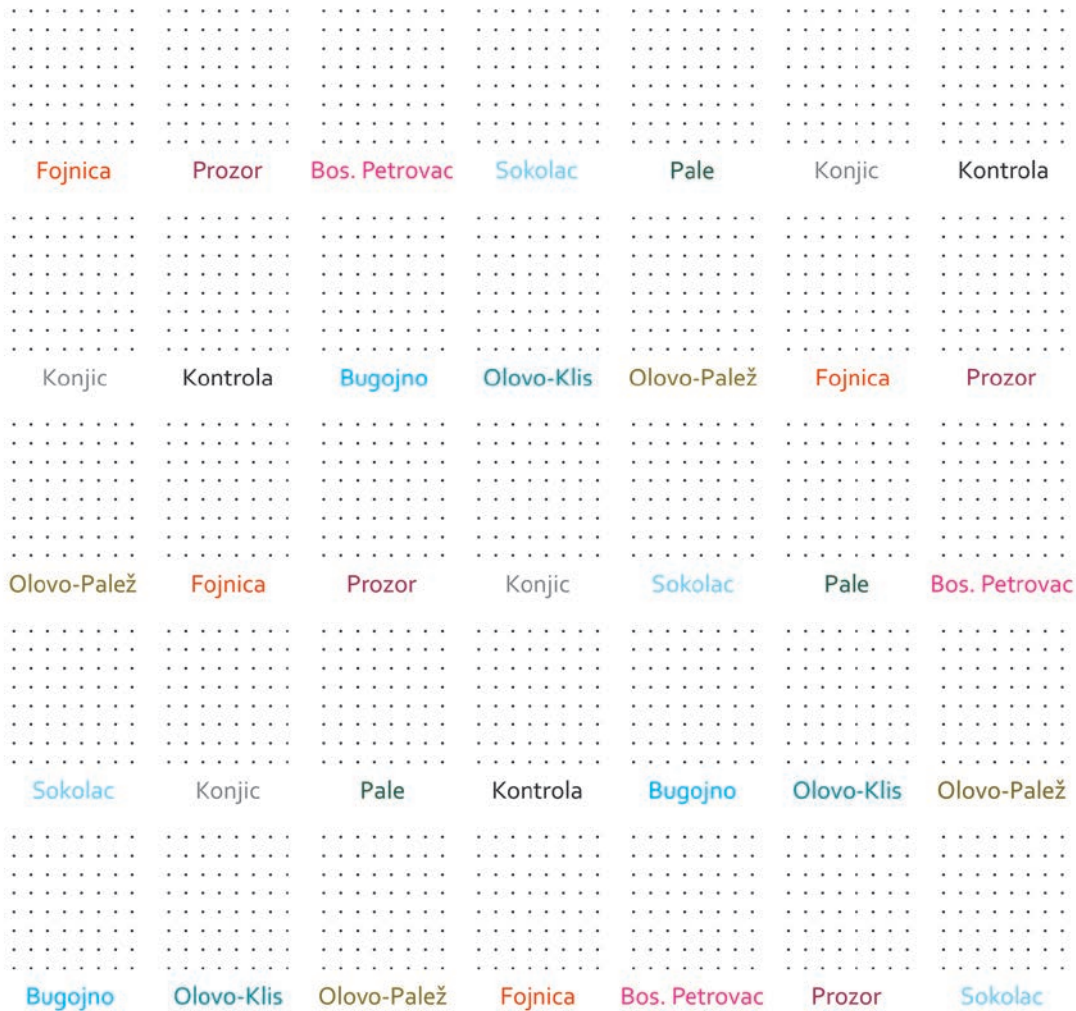
Priprema površine i shema testa

Na lokalitetu obilježena je površina od 2 ha na kojoj su posječene sve biljke, a zatim površina u potpunosti očišćena i pripremljena za pošumljavanje. Sadnja na plohi je obavljena u proljeće 1991. godine sa sadnicama devet različitih provenijencija starosti 3+2, u "blok sistem" sa pet ponavljanja.

Veličina plohe na kojoj je izvršena sadnja je $173 \text{ m} \times 88 \text{ m} = 1,522 \text{ ha}$ i još ako se doda zaštitni pojas od dva reda koji je od iste vrste drveća onda ta površina iznosi oko 2 ha.

Na svakom od pet blokova je po deset ploha $14 \times 14 \text{ m}$. Sa svake strane plohe ostavljeni su međuprostori od 3 m.





Slika 55. Shema sadnje u pokusu "Delimusa"

(Dimenzije pokusa, 173 x 88 m = 1,522 ha)

1 = četiri polusrodnika od jedne majčinske biljke; P = popuna rezerva;

Kontrola = smješa svih provenijencija; Razmak sadnje u plohi 2 x 2 metra;

Razmak između ploha 3 m; 9 provenijencija u pet ponavljanja

Unutar ploha biljke su zasađene po unaprijed razrađenom prostornom rasporedu, (Slika 55) na rastojanju od 2 metra. Prema tome, na svakoj od izdvojenih ploha posađeno je po 64 biljke, tako da je broj biljaka koji je posađen po provenijenciji iznosio 320 (64 x 5 blokova), a na cijelom ogledu ukupno je posađeno 2.880 biljaka, od devet različitih provenijencija. Unutar svake provenijencije imamo po 15 familija, a svaka familija ima četiri biljke. To znači da unutar svake provenijencije sa sjemenskih objekata je prisutno sjeme sa petnaest biljaka. Dio biljaka, njih četiri koje su 16-te po redu, unutar svake provenijencije predstavljaju kontrolnu mješavinu iste provenijencije.

Međutim, ovdje treba napomenuti da je mješavinom biljaka svih provenijencija unutar svih pet pojaseva napravljena po još jedna parcela koja je nazvana kontrolna, tako da je sveukupan broj zasađenih biljaka iznosio 3.200 komada.

Premjer pokusa

Prikupljanje podataka je izvršeno u toku 2005. godine i to prva mjerenja u proljetnom periodu, a drugi dio podataka u jesenjem periodu, pa je i starost analiziranog materijala u tom periodu iznosila 20 godina.

- Utvrdili smo brojno stanje biljaka po provenijencijama.
- Na svim stablima izvršeno je mjerenje promjera na vratu korijena (na visini 0,05 m) i prsnoj visini (na 1,30 m), milimetarskom promjerkom unakrsno (prosjek), sa tačnošću do 1 mm.
- Ukupna visina svih biljaka je mjerena pomoću letve za 2005, 2004, 2003, 2002, 2001, 2000 i 1999. godinu.
- Kod svih biljaka je izmjereno i visinski prirast (cm) u 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 i 2005. godini.
- Evidentirane su greške na stablima, koje su se odnosile na pojavu račvanja glavnog debla, i ukoliko se račvanje pojavilo na visini ispod 1,30 m evidentirali smo kao račva dole (RD), a ukoliko se javilo iznad 1,30 m evidentirali smo kao račva gore (RG).
- Broj grana u pršljenu na svim stablima za zadnje tri godine (2005, 2004, 2003.).
- Zatim, sa deset najviših biljaka po svakoj parceli, unutar provenijencije, uzeli smo uzorak grančice prirasle (godišnji prirast) u

2005. godini dužine 10 cm sa jedne od grana koje se nalaze na pršljenu u 2003. godini, za određivanje broja iglica po 1 cm.

- Nakon što smo odredili broj iglica po cm, isti materijal nam je poslužio i za mjerenje dužine i širine iglice. Sa svake grančice, koju smo uzeli sa po deset najviših biljaka svake provenijencije po pojasu, smo bez biranja uzeli uzorak od deset iglica i mjerili dužinu i širinu iglice. Što znači da smo za jednu provenijenciju unutar pet blokova imali 500 mjerenja dužina i 500 mjerenja širina iglica, odnosno, ukupan broj mjerenja za sve provenijencije na 4 puta po 500 iglica.

Statistička obrada podataka

Provedena je analiza varijanse po provenijencijama i po područjima, za posmatrana morfološka obilježja, gdje smo provenijencije svrstali u odgovarajuće grupe (*Duncan-test*).

Za utvrđivanje jačine korelacijske veze između analiziranih morfoloških obilježja poslužila je *Pearson Correlations* analiza. Analiza podataka je napravljena preko programa *WINSTAT*;

Razlike u varijaciji pojedinih provenijencija ispitali smo također i uz pomoć *Klaster* analize. Analiza je napravljena preko programa *STATISTIKA*.

Izbor karakteristika obilježja za ovu analizu uslijedio je kroz sljedeća dva kriterija:

- svaka karakteristika treba doprinijeti za diferencijaciju porijekla (značajne provenijencijske razlike);
- same karakteristike pokazuju, nikakvu ili samo neznatnu korelaciju jedne između drugih.

Morfološke karakteristike:

- visine biljaka;
- visinski prirast;
- prsni promjer i promjer na vratu korijena;
- vitkost biljaka;
- broj grana u pršljenu;
- broj iglica;
- dužina i širina iglica.

Pored morfoloških analiza, na svakom stablu, po provenijencijama, izvršili smo i mehaničko odvajanje asimilacijskog aparata po godinama starosti, zatim sušili na 105°C u termostatu do konstantne težine i na kraju njihova masa je vagana analitičkom vagom što nam je poslužilo za izračunavanje procentualnog učešća istog po godinama starosti.

Preživljavanje biljaka

Analiza preživljavanja zasađenih sadnica jele različitih provenijencija izvršena je u 2005. godini. Rezultati ove analize dati su u tablici 46.

Najveći procent sušenja konstatirano je u provenijenciji Bosanski Petrovac, dok je najmanji procent je dobiven kod provenijencije Fojnica i Olovo-Palež.

Fojnica se karakterizira istim tipom tla matične sastojine kao i ogled u "Delimusí", a u pitanju je distrični kambisol, dok se provenijencija Olovo-Palež pokazala kao dosta otporna na promjenu stanišnih uvjeta.

Ostale provenijencije pokazuju manji ili veći stupanj osjetljivosti na promjenu stanišnih uvjeta. U prosjeku, za kompletan ogled procent uspjeha sadnje iznosi 80%.

Na stablima koja su preživjela uslijed djelovanja snijega došlo je do pojave prijeloma tako da je ukupno konstatirano 29 prijeloma. Biljke na kojima se desio prelom su izuzete iz analize visine i visinskog prirasta.

Tablica 46. Preživljavanje biljaka

R.br.	Provenijencije	Zasađene 1991. god.	Preživjele do 2005. god.	Procent sušenja %	Prelom	Br.biljaka bez deformacija -prijeloma	Račva dole RD	Račva gore RG
1.	Bugojno	320	244	24	5	239	17	6
2.	Bos. Petrovac	320	230	28	1	229	7	14
3.	Olovo-Palež	320	276	14	6	270	20	6
4.	Pale	320	246	23	3	243	15	7
5.	Konjic	320	267	17	1	266	21	11
6.	Fojnica	320	277	14	2	275	10	12
7.	Sokolac	320	258	19	2	256	23	15
8.	Olovo-Klis	320	239	25	6	233	16	5
9.	Prozor	320	262	18	3	259	13	11
Σ		2.880	2.299		29	2.270	142	87

Pojava rašljivosti

Jedno od bitnih morfoloških karakteristika koje smo utvrdili na terenu je pojava rašlji, koje mogu nastati mehanički griženjem pupova od strane divljači ili zbog kasnih proljetnih mrazova. Kako je pokus bio ograđen, štete od divljači su zanemarene, te se istraživanje usmjerava ka djelovanju mraza.

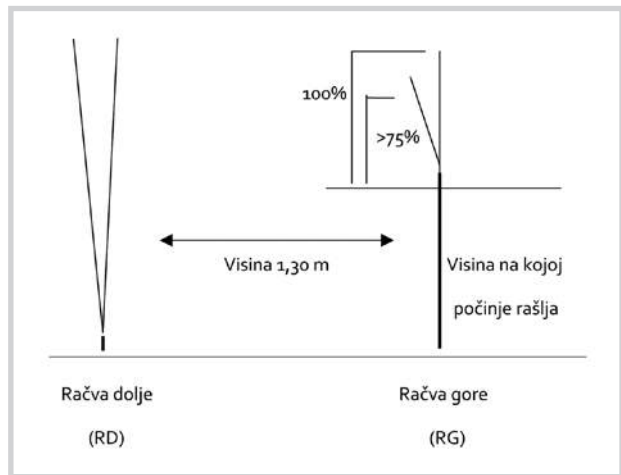
Stablo se definira kao rašljivo ako ima granu koja je od njenog početka do vrha duga najmanje 75% od grane koja čini centralno vreteno (Višnjčić, 2001), slika 56.

Rašlja dole (RD) označava rašljanje koje se pojavilo iznad same razine tla, do visine 1,30 m, dok sa rašljom gore (RG) označava rašljanje u gornjem dijelu biljaka, tj. na visini iznad 1,30 m.

Iz tablice 46. možemo zaključiti da kod svih provenijencija, izuzev provenijencije B. Petrovac i Fojnica, je zabilježen veći broj rašlji dolje.

Pojava rašlje je najizraženija kod provenijencije Sokolac gdje je utvrđen najviši broj rašlji i RD i RG. Najmanji broj RD je konstatiran kod provenijencije B. Petrovac, a kada je u pitanju najmanji broj RG, konstatirali smo kod provenijencije Olovo-Klis.

Iz analize rašljanja možemo ipak konstatirati da je došlo do većeg pojavljivanja rašlji u donjem dijelu biljaka.



Slika 56. Shema rašlji na biljkama

Visina biljaka

Kao važan pokazatelj vitalnosti provenijencija je svakako uspjeh u uzrastu. Jela u prirodnim sastojinama u mladosti ima veoma spor rast, a u vještački podignutim sastojinama raste znatno brže i u tom pogledu jedva da zaostaje za smrekom, bijelim i crnim borom (Ratknić i sur. 2002).

Kada je u pitanju visina biljaka, mjerenja smo izvršili na svim stablima koja su imala pravilno formiranu krošnju.

Izmjerene su ukupne visine biljaka za period od zadnjih sedam godina, visine u 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 i 2005. godini i prosječne vrijednosti ukupnih visina po godinama date su u narednoj tablici 47.

Tablica 47. Prosječne visine biljaka provenijencija po godinama starosti								
R.br.	Provenijencije	Visine po godinama/starosti (cm)						
		1999. 14 godina	2000. 15 godina	2001. 16 godina	2002. 17 godina	2003. 18 godina	2004. 19 godina	2005. 20 godina
1.	Bugojno	167	192	224	267	314	354	389
2.	Bos. Petrovac	171	200	236	282	331	371	407
3.	Olovo-Palež	163	189	220	263	311	347	376
4.	Pale	157	181	212	254	300	339	370
5.	Konjic	168	194	227	269	314	353	383
6.	Fojnica	167	194	228	272	321	363	399
7.	Sokolac	164	191	225	269	317	356	388
8.	Olovo-Klis	155	180	209	251	297	335	364
9.	Prozor	168	195	228	271	318	355	387
Srednja vrijednost		165	191	223	266	314	353	385

Podaci koji se odnose na prosječne visine iz prethodne tablice predstavili smo i grafički (Slika 57).

Najmanja visina biljaka je izmjerena kod provenijencije Olovo-Palež i iznosila je 55 cm, a najviše stablo je izmjereno kod provenijencije B. Petrovac, 744 cm.

Krive kojima smo na slici 57. predstavili prosječne visine biljaka različitih provenijencija, predstavljaju krive stanja za period od sedam godina. U početku te krive progresivno rastu do 2003. godine kada se javlja prevojna točka, a zatim ponovo depresivno rastu.

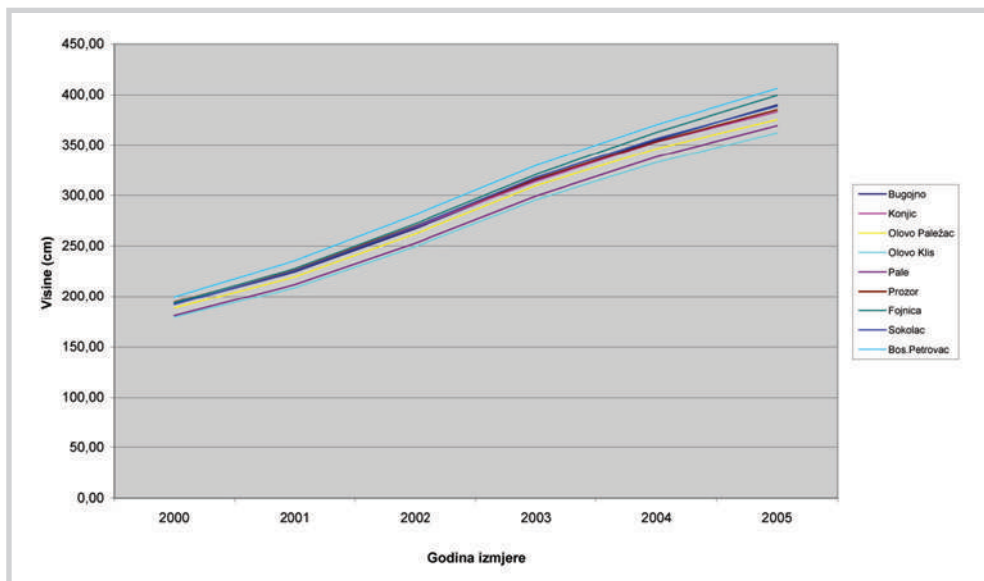
Iz slika se može primijetiti da je najveću visinu tokom istraživanoga perioda od sedam godina imala provenijencija B. Petrovac, a najmanju provenijencija Olovo - Klis.

Uz provenijenciju B. Petrovac od 2003. godine se izdvaja i provenijencija Fojnica dok provenijenciju Olovo-Klis prate provenijencije

Pale i Olovo-Palež, a ostale 4 provenijencije su grupirane u sredini čiji je tok rasta biljaka također bez nekih većih kolebanja od 1999. sve do 2005. godine.

U 1999. i 2000. godini (u 14 i 15 godini starosti) su razlike u visinama kod svih provenijencija bile neznatne. Tako je prosječna visina biljaka provenijencije B. Petrovac u 1999 godini iznosila 171 cm, dok je prosječna visina biljaka Olovo-Klis kao najmanje iznosila 155 cm i to je razlika od 16 cm.

Razlike između visina biljaka ove dvije provenijencije od 1999. do 2005. godine se postupno povećavaju tako da je prosječna visina biljaka provenijencije B. Petrovac u 2005. godini (u 20 godini starosti) iznosila 407 cm, dok je prosječna visina biljaka provenijencije Olovo-Klis iznosila 364 cm i to je razlika od 43 cm.



Slika 57. Prosječne visine biljaka provenijencija po godinama starosti

Da bi utvrdili točnost postojanja razlika između ukupnih visina ispitivanih provenijencija izvršili smo analizu varijanse i na temelju te analize preko *Duncan*-testa su, ukoliko su postojale značajne razlike između provenijencija, iste grupirane u odgovarajuće grupe za određeni razinu značajnosti za koji je postojala razlika.

U tablicama 48 i 49. vertikalne linije svrstavaju provenijencije u odnosu na ispitivane taksacijske elemente, a na temelju statističke obrade u jednu grupu.

U svom radu Mekić (1991) je proveo istraživanja na petogodišnjim sadnicama (3+2) ovih provenijencija. Istraživanja su provedena na sadnicama starosti od 3, 4 i 5 godina i konstatiraju da postoje značajne razlike u ukupnim visinama između provenijencija u 1988. i 1989. godini, dok ta razlika između provenijencija u 1990. godini nije izražena.

U 14 i 15-toj godini starosti također su te razlike u pogledu ukupne visine bile značajne (Tablica 48). Formirane su dvije Duncan-skupine.

Analizom ukupnih visina biljaka po godinama starosti od 14 i 15 godina možemo zaključiti da je najmanju ukupni rast biljaka u visinu pokazala provenijencija Olovo-Klis i provenijencija Pale.

Također se jasno izdiferencirala i provenijencija koja je pokazivala najbolji rast u visinu, a to je provenijencija B. Petrovac.

Na temelju ovoga možemo zaključiti da provenijencija Bosanski Petrovac po visinama odstupa od ostalih provenijencija, odnosno, da postoji značajna razlika između ukupnih visina ove provenijencije i ukupnih visina provenijencije Olovo-Klis i Pale.

Vrijednosti visina ostalih provenijencija nalaze se u intervalu bez jasno izraženih značajnih razlika i imaju prosječne visine.

Koeficijent varijacije je pokazatelj koji govori o diferenciranju biljaka u okviru provenijencije, odnosno koeficijent varijacije predstavlja prosječno relativno odstupanje elemenata skupa od njihove aritmetičke sredine. Po visokim vrijednostima varijacijskoga koeficijenta da se primijetiti da u okviru samih provenijencija postoji jako variranje visina.

Vrijednost ovog koeficijenta je najveća kod provenijencije Pale, koja je pokazala zajedno sa provenijencijom Olovo-Klis i najmanju ukupnu visinu, u 14 i 15-toj godini starosti. Kod ostalih provenijencija varijacijski koeficijent se ponaša prilično ujednačeno, odnosno homogeno.

Analiza ukupnih visina u 16 i 17-toj godini (vidi tablicu 49) također pokazuje da postoje statistički značajne razlike između provenijencija. Analizom su formirane dvije Duncan - grupe na temelju kojih možemo zaključiti, kao i u prethodnom slučaju, da ukupne visine biljaka provenijencije Bosanski Petrovac se statistički razlikuje od ukupnih visina provenijencije Olovo-Klis, u 16-toj godini starosti, dok u 17-toj godini starosti ta razlika je statistički značajna i u odnosu na ukupnu visinu provenijencije Pale.

Tablica 48. Analiza visina u 1999. i 2000. godini

R. br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja						
		1999. (14)	Duncan test	VK %	Provenijencije	2000. (15)	Duncan test	VK %
		cm						
1.	Olovo-Klis	155±50,065	a	32	Ol.-Klis	180±57,544	a	32
2.	Pale	157±56,044	a	36	Pale	181±64,522	a	36
3.	Olovo-Palež	163±49,399	a, b	30	Olovo-Palež	189±57,654	a, b	31
4.	Sokolac	164±49,491	a, b	30	Sokolac	191±58,202	a, b	30
5.	Bugojno	167±54,911	a, b	33	Bugojno	192±63,202	a, b	33
6.	Fojnica	167±53,157	a, b	32	Fojnica	194±62,341	a, b	32
7.	Prozor	168±50,706	a, b	30	Konjic	194±59,373	a, b	31
8.	Konjic	168±51,601	a, b	31	Prozor	195±57,192	a, b	29
9.	Bos. Petrovac	171±56,157	b	33	Bos. Petrovac	200±66,088	b	33
Srednja vr.		165±52,392		32		191±60,679		32
F - vrijednost		2,55**				2,78**		

** - statistički značajne razlike za razinu 1%

Tablica 49. Analiza visina u 2001. i 2002. godini

R.br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja						
		2001. (16)	Duncan test	VK %	Provenijencije	2002. (17)	Duncan test	VK %
		cm						
1.	Olovo-Klis	209±65,972	a	31	Olovo-Klis	251±75,880	a	31
2.	Pale	212±75,108	a, b	35	Pale	254±85,588	a	35
3.	Olovo-Palež	220±67,528	a, b	31	Olovo-Palež	263±80,392	a, b	31
4.	Bugojno	224±73,451	a, b	33	Bugojno	267±85,480	a, b	33
5.	Sokolac	225±69,215	a, b	31	Sokolac	269±81,454	a, b	31
6.	Konjic	227±69,162	a, b	31	Konjic	269±77,806	a, b	31
7.	Fojnica	228±72,514	a, b	32	Prozor	271±77,138	a, b	32
8.	Prozor	228±66,462	a, b	29	Fojnica	272±84,257	a, b	29
9.	Bos.Petrovac	236±78,452	b	33	Bos.Petrovac	282±91,230	b	33
Srednja vr.		223±70,873		32		266±82,136		31
F - vrijednost		3,21***				3,24***		

*** - statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %

Visoka vrijednost varijacijskoga koeficijenta nam govori o postojanju jakog variranja visina u ovim godinama.

Analizirajući dalje rast biljaka u visinu, kod provenijencija u 18 i 19-toj godini starosti također se uočavaju razlike koje su statistički značajne (Tablica 50).

U ovom slučaju za obje godine starosti kod ukupne visine biljaka ponovo su se izdvojile dvije grupe. Provenijencija Bosanski Petrovac pokazuje najveće vrijednosti ukupne visine biljaka i statistički se razlikuje od ukupne visina biljaka provenijencije Olovo-Klis, koja je u odnosu na sve ostale provenijencije pokazala najmanju ukupnu visinu biljaka.

Ukupne visine biljaka ostalih provenijencija u intervalu između ove dvije provenijencije se statistički bitno ne razlikuju i iste imaju prosječne vrijednosti.

Kada je u pitanju varijacijski koeficijent, on je nešto manji u odnosu na prethodne godine, ali je i dalje zadržao visoku vrijednost variranja ukupnih visina kod svih provenijencija. Međutim, kad usporedimo njegovu vrijednost između provenijencija vidimo da su te vrijednosti prilično homogene i da se kreću u manjem intervalu.

Tablica 50. Analiza visina u 2003 i 2004. godini

R.br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja						
		2003. (18)	Duncan test	VK %	Provenijencije	2004. (19)	Duncan test	VK %
		cm						
1.	Olovo-Klis	297±86,908	a	29	Olovo-Klis	335±97,170	a	29
2.	Pale	300±97,831	a, b	33	Pale	339±108,390	a, b	32
3.	Olovo-Palež	311±95,276	a, b	31	Olovo-Palež	347±108,454	a, b	31
4.	Konjic	314±88,852	a, b	28	Konjic	353±99,239	a, b	28
5.	Bugojno	314±98,955	a, b	31	Bugojno	354±112,436	a, b	32
6.	Sokolac	317±94,748	a, b	30	Prozor	355±100,389	a, b	28
7.	Prozor	318±89,444	a, b	28	Sokolac	356±105,311	a, b	30
8.	Fojnica	321±96,577	a, b	30	Fojnica	363±107,689	a, b	30
9.	Bos.Petrovac	331±105,11	b	32	Bos.Petrovac	371±116,807	b	31
Srednja vr.		314±94,855		30		353±106,209		30
F - vrijednost		2,79***				2,68***		

*** - statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %

Analiza ukupnih visina biljaka provenijencija u 20-toj godini starosti je također potvrdila statistički značajnu razliku za najveći razinu značajnosti između ukupnih visina određenih provenijencija (Tablica 51). I u ovoj godini starosti su se potvrdile prethodne konstatacije koje smo rekli kod analiza visina u 18 i 19-toj godini starosti.

Tablica 51. Analiza visina u 2005.godini				
R.br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja		
		2005 (20)	Duncan test	VK %
cm				
1.	Olovo-Klis	364±106,343	a	29
2.	Pale	370±117,335	a, b	32
3.	Olovo-Palež	376±120,795	a, b	32
4.	Konjic	383±108,767	a, b	28
5.	Prozor	387±110,482	a, b	29
6.	Sokolac	388±116,217	a, b	30
7.	Bugojno	389±126,224	a, b	32
8.	Fojnica	399±118,589	a, b	30
9.	Bosanski Petrovac	407±127,456	b	31
F- vrijednost		3,24***		
Područja	I	370±117,522	a	32
	IV	377±115,226	a	31
	V	385±109,528	a, b	28
	II	398±127,185	b	32
	III	399±118,589	b	30
Srednja vrijednost		385±116,912		30
F - vrijednost		4,40**		

I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;

II Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije Bosanskog Petrovac i Bugojno;

III Srednje-bosansko područje - provenijencija Fojnica;

IV Područje istočno-bosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,

V Submediteransko planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.

** statistički značajne razlike za razinu 1 %

*** statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %



Slika 58. Pokus obične jele Delimusa

Poslije petnaest godina od osnivanja ogleda, kako smo ustanovili, postoje razlike u pogledu ukupne visine biljaka između pojedinih provenijencija. Na temelju ekološko-vegetacijske rajonizacije BiH, izvršili smo grupiranje provenijencija po rajonima odnosno područjima i izvršili analizu ukupnih visina biljaka za 2005. godinu.

Iz tablice 51. se vidi da provenijencije iz srednjobosanskog i zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja pokazuju dobar rast, dok provenijencije iz submediteransko-planinskog područja imaju prosječne visine. Provenijencije iz gornje-drinskog područja i područja istočnobosanske visoravni imaju najmanje srednje visine.

Na temelju grupiranja "područja - rajona" u Duncan-skupine može se zaključiti da postoje značajne razlike u visinama između "područja - rajona" srednjobosanskog, zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja u odnosu na "područje - rajon" gornje-drinskog područja i područja istočnobosanske visoravni.

Izvršena analiza po rejonima kada je u pitanju ovaj taksacijski element nam pokazuje također da nije bilo značajnih razlika na razinu od 0,1%, kao što je to slučaj kod provenijencija gdje je međupopulacijska vrijednost F iznosila 3,24^{***}, dok je za rajone statistički značajna razlika se javila na razinu od 1% značajnosti sa vrijednošću F od 4,40^{**}.

Visinski prirast

O svojstvu rasta jele različitih provenijencija može se zaključiti i na temelju starosti kada kulminira tekući visinski prirast, kao i na temelju

maksimalnih veličina tekućeg prirasta visina. Jela se u kulturama karakterizira ranom kulminacijom visinskog prirasta.

Prosječne vrijednosti tekućeg visinskog prirasta ispitivanih provenijencija predstavili smo u narednom tekstu u tablicama i grafički dok smo analizu prirasta za šest godina izvršili na temelju prosječnog periodičnog prirasta za taj period.

Tablica 52. Prosječne vrijednosti prirasta po godinama starosti								
R.br.	Provenijencije	Prirast po godinama (cm)						Prosječni periodični visinski prirast
		2000. 15 godina	2001. 16 godina	2002. 17 godina	2003. 18 godina	2004. 19 godina	2005. 20 godina	
1.	Bugojno	25,2	32,0	42,8	47,4	40,2	34,4	37,0
2.	Bos. Petrovac	28,9	35,9	45,6	49,0	40,6	36,0	39,3
3.	Olovo-Palež	25,7	31,3	42,8	47,8	36,8	29,0	35,5
4.	Pale	24,5	31,2	41,1	46,5	39,1	31,0	35,6
5.	Konjic	26,0	32,5	42,4	45,0	39,4	29,8	35,8
6.	Fojnica	27,1	34,0	44,4	48,7	41,9	36,7	38,8
7.	Sokolac	27,4	33,6	43,7	48,7	38,7	32,1	37,4
8.	Olovo-Klis	24,9	29,6	41,0	46,5	37,5	29,7	34,9
9.	Prozor	27,2	32,9	43,0	46,5	37,7	31,6	36,5
Srednje vrijednosti		28	33	42	47	38	32	

Iz slike 59. možemo vidjeti da prosječne vrijednosti visinskog prirasta, koje smo predstavili za period od 2000 do 2005. godine, rastu sve do 2003. godine kada se javlja kulminacija tekućeg visinskog prirasta, a zatim te vrijednosti opadaju. U momentu kada se javila kulminacija tekućeg visinskog prirasta u 2003. godini, odnosno u 18 godini, na slici 57. na kojoj smo predstavili prosječne visine, u tom periodu se javlja prijelomna točka.

Na temelju ovih podataka možemo potvrditi konstataciju o ranoj kulminaciji visinskog prirasta biljaka jela u kulturama, što znači da se kulminacija visinskog prirasta javila u 18 godini starosti.

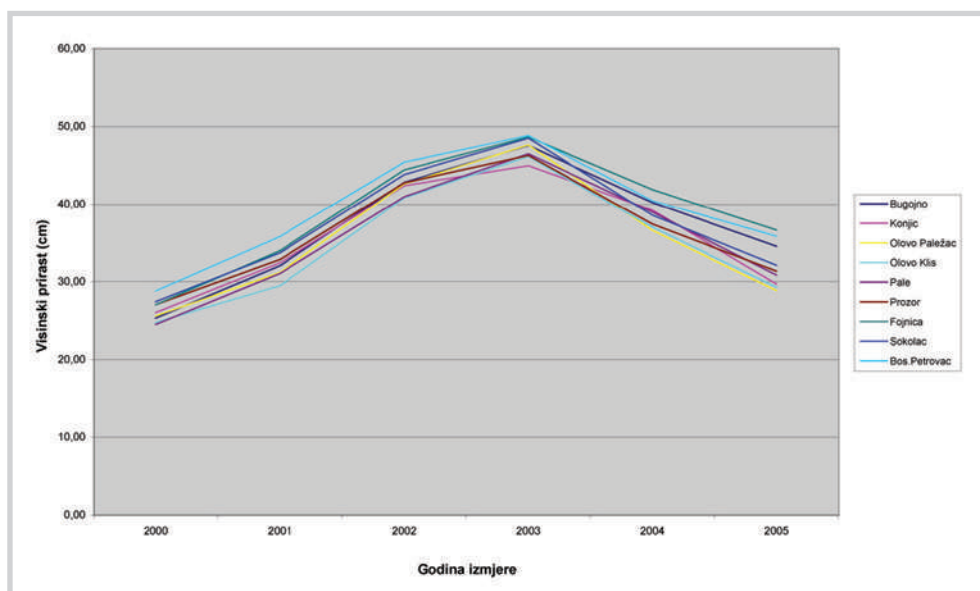
Također, sa slika se može primijetiti da je najveću vrijednost visinskog prirasta u 2000. godini (u 15 godini starosti) imala provenijencija Bosanski Petrovac, 28,9 cm, a najmanju vrijednost je imala

provenijencija Pale 24,5 cm. Provenijencija B. Petrovac je taj trend najvećeg visinskog prirasta zadržala sve do 2003. godine, da bi kasnije tu funkciju preuzela provenijencija Fojnica.

Provenijenciju Pale, kao najmanju kada su u pitanju prosječne vrijednosti visinskog prirasta, prati sve do 2003. godine provenijencija Olovo-Klis. U 2003. godini najmanju vrijednost je imala provenijencija Konjic, da bi kasnije uz provenijenciju Konjic se približile i provenijencije Olovo-Klis i Olovo-Palež.

Promatrajući raspon između najveće i najmanje vrijednosti prirasta po provenijencijama u 2000. godini vidimo da je taj raspon manji u odnosu na 2005. godinu.

U 2000. godini jedino se ističe provenijencija Bosanski Petrovac koja odstupa od ostalih i od tog perioda javljaju se neka manja kolebanja da bi u 2005. godini mogli izdvojiti provenijencije koje su se na neki način razdvojile u dvije grupe. Jednu grupu bi činile provenijencije Bosanski Petrovac, Fojnica i Bugojno, koje imaju najveće vrijednosti, dok bi u drugu grupu ušle ostale provenijencije.



Slika 59. Visinski prirast biljaka za period od šest godina

Kako smo kod analize varijanse ukupnih visina biljaka po godinama starosti ustanovili da ne postoje neka veća kolebanja kod formiranja Duncan-skupina za određeni razinu značajnosti i kako je ukupna visina rezultat visinskog prirasta, a da bi utvrdili točnost postojanja razlika između visinskih prirasta ispitivanih provenijencija, izvršili smo statističku analizu varijanse prosječnog periodičnog visinskog prirasta i preko Duncan-testa grupisali provenijencije u skupine.

U tablici 53, vertikalne linije svrstavaju provenijencije, u odnosu na ispitivane taksacijske elemente, a na temelju statističke obrade u jednu skupinu.

Tablica 53. Analiza visinskog prirasta				
Redni broj	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja		
		Prosječni periodični visinski prirast	Duncan test	VK %
		cm		
1.	Olovo-Klis	34,9±11,488	a	33
2.	Olovo-Palež	35,5±13,549	a, b	38
3.	Pale	35,6±12,554	a, b	35
4.	Konjic	35,8±11,289	a, b	32
5.	Prozor	36,5±12,457	a, b	34
6.	Bugojno	37,0±14,089	a, b	38
7.	Sokolac	37,4±12,709	a, b	34
8.	Fojnica	38,8±12,560	a, b	32
9.	Bosanski Petrovac	39,3±13,651	b	35
F- vrijednost		3,53***		
Područja	I	35,6±12,554	a	35
	IV	36,0±12,688	a	35
	V	36,2±11,873	a, b	33
	II	38,2±13,911	b, c	36
	III	38,8±12,560	b, c	33
Srednja vrijednost		36,8± 12,70		35
F - vrijednost		4,69**		

I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;

II Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije Bosanski Petrovac i Bugojno;

III Srednje-bosansko područje - provenijencija Fojnica;

IV Područje istočno-bosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,

V Submediteransko planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.

** statistički značajne razlike za razinu 1 %

*** statistički značajne razlike za razinu od 0,1 %

U svom radu Mekić (1991) konstatira značajne razlike u visinskom prirastu između pojedinih provenijencija tokom 1988. i 1990. godine, u petoj godini nakon sadnje. Poslije petnaest godina od osnivanja ogleda postoje razlike u pogledu visinskog prirasta biljaka između pojedinih provenijencija (Tablica 53).

Iz tablice se vidi da su za najveći razinu značajnosti formirane dvije Duncan-skupine. Provenijencija Bosanski Petrovac ima najveću vrijednost i po visinskom prirastu odstupa od ostalih provenijencija, odnosno postoji statistički značajna razlika između visinskih prirasta ove provenijencije u odnosu na visinski prirast provenijencije Olovo-Klis.

Provenijencija Olovo-Klis je pokazala najmanje vrijednosti visinskog prirasta, a kako se dalje ide sa manjim razinom značajnosti ovu provenijenciju prati provenijencija Olovo-Palež i Pale, dok u grupi sa provenijencijom Bosanski Petrovac se pridružuje provenijencija Fojnica.

Ostale provenijencije, kada je u pitanju ovaj podatak, pokazuju prosječne vrijednosti.

Na temelju ekološko-vegetacijske rajonizacije Bosne i Hercegovine, izvršili smo grupiranje provenijencija po rajonima, odnosno područjima i izvršili analizu visinskog prirasta biljaka za 2005. godinu.

Iz tablice 53. se vidi da provenijencije iz srednjobosanskog i zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja pokazuju dobar rast. Provenijencije iz gornje-drinskog područja, istočnobosanske visoravni i submediteransko-planinskog područja imaju najmanje srednje visine.

Na temelju grupiranja područja-rajona u tri Duncan-skupine može se zaključiti da postoje značajne razlike u visinama između "područja - rajona" za razinu značajnosti 1%.

Provenijencije iz srednjobosanskog i zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja statistički se znatno razlikuju od provenijencija iz gornje-drinskog područja i područja istočnobosanske visoravni, dok provenijencije iz srednjobosanskog područja se statistički razlikuju i od provenijencija unutar submediteranskog područja.

Kada su u pitanju analize po područjima za ukupne visine biljaka i visinski prirast možemo konstatirati postojanje određenih provenijencija unutar područja srednjobosanskog i zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja, koje imaju dobar rast i u statističkim analizama se razlikuju od ostalih.

I u ovom slučaju, kada su u pitanju analize visinskog prirasta po područjima, te statistički značajne razlike se ne pojavljuju na najvećem razinu značajnosti nego na manjem razinu kao i kod analize ukupnih visina.

Promjer biljaka

Mjerenje promjera na vratu korijena i na prsnoj visini izvršili smo u proljeće 2005. godine prije kretanja vegetacije pa smo u tablici 54. prikazali veličine kao da je 2004. godina, kada je ukupna starost biljaka iznosila 19 godina.

Promjer na vratu korijena

Mjerenje promjera na vratu korijena je izvršeno na visini od 5 cm iznad razine tla. Iz tablice 54. se vidi da je najveću vrijednost promjera imala provenijencija Fojnica 75,6 mm, a najmanju provenijencija Olovo-Klis 65,2 mm.

Rezultati provedenih analiza na vratu korijena na petogodišnjim sadnicama ovih provenijencija (Mekić 1991), su pokazali da provenijencije u cijelosti pripadaju istom skupu. Međutim, uspoređenjem sredina, najtanji promjer ima provenijencija Bugojno i ostalih provenijencija, je pokazalo da postoje razlike različite razine značajnosti.

Poslije 19 godina te razlike između promjera na vratu korijena po provenijencijama su očigledne.

Iz tablice 54. se vidi da su formirane dvije Duncan-skupine. Za najveći razinu značajnosti izdvaja se provenijencija Fojnica koja ima najveće vrijednosti i po srednjem promjeru odstupa od ostalih provenijencija, odnosno statistički se znatno razlikuje u odnosu na provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i provenijenciju Pale koje su pokazale najmanju vrijednost srednjeg promjera na vratu korijena.

Sa smanjenjem razina značajnosti uz provenijenciju Fojnica dolazi i provenijencija Bosanski Petrovac.

Kao i kod visina i kod promjera na vratu korijena možemo reći da postoji veće variranje ovog taksacijskoga elementa kod svih provenijencija gdje svakako prednjači provenijencija Olovo-Palež i provenijencija Bugojno sa vrijednošću varijacijskoga koeficijenta od 35, dok kod ostalih provenijencija ova vrijednost je prilično ujednačena.

Analizom promjera po područjima primjećuje se, također, veoma značajna razlika između provenijencija.

Naime, u ovom slučaju provenijencije srednjobosanskoga područja pokazuju najveće vrijednosti ovog taksacijskoga elementa i statistički se znatno razlikuju od provenijencija unutar gornje-drinskog i područja istočnobosanske visoravni.

Provenijencije submediteransko-planinskog područja i zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja pokazuju srednje vrijednosti ovog taksacijskoga elementa.

Ono što je bitno napomenuti jeste da analizom varijanse sa manjim razinama značajnosti dolazi do sve većeg udaljavanja između svih područja.

Tablica 54. Analiza promjera na vratu korijena				
Redni broj	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja		
		D 0,05m	Duncan test	VK %
		mm		
1.	Olovo-Klis	65,2±21,819	a	33
2.	Olovo-Palež	65,8±22,853	a	35
3.	Pale	66,3±20,939	a	32
4.	Konjic	68,7±22,252	a, b	32
5.	Bugojno	71,4±25,668	a, b	35
6.	Prozor	71,6±23,266	a, b	32
7.	Sokolac	72,1±21,640	a, b	30
8.	Bosanski Petrovac	72,4±23,893	a, b	33
9.	Fojnica	75,6±24,501	b	32
F - vrijednost		6,22***		
Područja	I	66,3±20,939	a	32
	IV	67,7±22,325	a	33
	V	70,1±22,783	a, b	32
	II	71,9±24,801	a, b	34
	III	75,6±24,501	b	32
Srednja vrijednost		69,9± 22,98		33
F - vrijednost		8,30***		

I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;

II Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije Bosanski Petrovac i Bugojno;

III Srednjobosansko područje - provenijencija Fojnica;

IV Područje istočnobosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,

V Submediteransko planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.

*** statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %

Prsni promjer

Najveću vrijednost prsnog promjera je imala provenijencija Fojnica 47,0 mm, dok je najmanju vrijednost ovog taksacijskoga elementa imala provenijencija Pale 41,6 mm (Tablica 55). Bitnim smatramo napomenuti da je broj biljaka čija je ukupna visina bila manja od prsne visine, odnosno 1,30 m, iznosio 50, tako da je i broj biljaka na kojima je izvršeno mjerenje prsnog promjera u odnosu na broj biljaka na kojima je mjereno promjer na vratu korijena i manji za 50 biljaka.

Analizom smo utvrdili da postoje jasno izdiferencirane dvije Duncan-skupine za razinu značajnosti 1%.

Iz tablice 55. se vidi da je provenijencija Fojnica, imala najveće srednje vrijednosti prsnog promjera, odnosno da postoji statistički značajna razlika između prsnog promjera ove provenijencije u odnosu na promjere provenijencija Pale, Olovo-Klis i Olovo-Palež koje imaju najmanje vrijednosti promjera.

Sa smanjenjem razine značajnosti zajedno u skupini sa provenijencijom Fojnica dolazi i provenijencija Bosanski Petrovac, dok ostale provenijencije imaju srednje vrijednosti istraživanoga taksacijskoga elementa.

Iz tablice 55. se vidi da provenijencije iz srednjobosanskog područja pokazuju dobar rast, dok provenijencije iz gornje-drinskog područja i područja istočnobosanske visoravni imaju najmanje srednje vrijednosti prsnog promjera.

Za razinu značajnosti 0,1 % formirane su dvije Duncan-skupine gdje postoji statistički značajna razlika između provenijencija srednje-bosanskog područja koje imaju najveće promjere u odnosu na provenijencije unutar gornje-drinskog i područja istočne bosanske visoravni, koje su pokazale najmanje vrijednosti, dok provenijencije



Slika 60. Vještčina metla (*Melamporella caryophyllacearum* (DC.) J. Schröt.) na običnoj jeli

unutar submediteranskog i zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja imaju prosječne vrijednosti prsnog promjera.

Variranje prsnog promjera biljaka kod svih provenijencija je jako izraženo. Najveći razinu variranja pokazuje provenijencija Bugojno čija vrijednost varijacijskoga koeficijenta iznosi 43, dok najmanju vrijednost ima provenijencija Konjic sa varijacijskim koeficijentom od 36.

Tablica 55. Analiza prsnog promjera

Redni broj	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja		
		D 1,30m	Duncan test	VK %
		mm		
1.	Pale	41,6±16,608	a	40
2.	Olovo-Klis	41,7±16,220	a	39
3.	Olovo-Palež	42,5±16,643	a	39
4.	Prozor	44,1±16,911	a, b	38
5.	Bugojno	44,5±19,153	a, b	43
6.	Sokolac	44,7±17,181	a, b	38
7.	Konjic	45,0±16,314	a, b	36
8.	Bosanski Petrovac	46,3±19,061	a, b	41
9.	Fojnica	47,0±18,477	b	39
F- vrijednost		2,91**		
Područja	I	41,6±16,608	a	40
	IV	43,0±16,722	a	39
	V	44,5±16,605	a, b	37
	II	45,4±19,108	a, b	42
	III	47,0±18,477	b	39
Srednja vrijednost		44,2 ± 17,39		39
F - vrijednost		4,44**		

I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;

II Zapadno-bosansko-vapnenačko- dolomitna područja - provenijencije Bosanski Petrovac i Bugojno;

III Srednjobosansko područje - provenijencija Fojnica;

IV Područje istočnobosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,

V Submediteransko planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.

** statistički značajne razlike za razinu 1 %

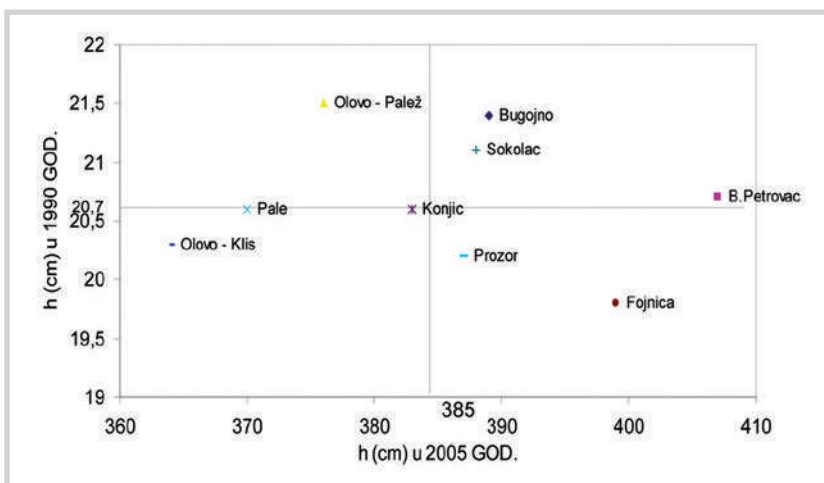
Odnos između visina biljaka i promjera na vratu korijena po provenijencijama u 5-toj i 20-toj godini starosti

Kada su u pitanju rezultati istraživanja, na više mjesta u ovom radu smo usporedili iste sa rezultatima do kojih je došao Mekić 1991. godine, pa ćemo i na naredna dva (Slika 61) predstaviti odnos prosječnih visina biljaka po provenijencijama i prosječnih promjera na vratu korijena.

Na slici 59 smo predstavili odnos između prosječnih visina biljaka provenijencija u 1990. godini (po podacima Mekić 1991.) i 2005. godini, tj. odnos između prosječnih visina koja su biljaka različitih provenijencija imala u 5 i 20-toj godini života.

Na istoj slici (Slika 61) se može vidjeti da su najmanju prosječnu visinu biljaka u 1990. godini imale provenijencije Fojnica i Prozor, dok su najveću vrijednost imale provenijencije Olovo-Palež i Bugojno. Nakon 20 godina, točnije u 2005. godini, najveću vrijednost prosječnih visina biljaka imale su provenijencije Bosanski Petrovac i Fojnica, a najmanju provenijencije Olovo-Klis i Pale.

Iz ovog odnosa vidimo da poredak provenijencija, na temelju prosječnih visina biljaka, nakon 1990. godine (od 5-te godine starosti), pa sve do 2005. godine (do 20-te godine), nije ostao isti nego je došlo do međusobnih pomjeranja određenih provenijencija.



Slika 61. Poređenje prosječnih visina biljaka provenijencija u 1990 i 2005. godini

U uspoređenju ovih rezultata važno je napomenuti i raspored prosječnih visina biljaka provenijencija u odnosu na prosječnu vrijednost visina svih provenijencija u 1990 i 2005. godini. Jednu skupinu čine provenijencije Olovo-Klis, Pale i Konjic koje su imale i zadržale manje prosječne vrijednosti visina biljaka u odnosu na prosjek svih provenijencija, zatim skupina sa provenijencijama Bugojno i Sokolac koje su imale i zadržale veće vrijednosti od prosječnih. Ovoj skupini možemo dodati i provenijenciju Bosanski Petrovac, iako je imala vrijednost prosječne visine identičan prosjeku svih provenijencija u 1990. godini, ipak, u 2005. godini vrijednost analiziranoga taksacijskoga elementa znatno je veća od prosjeka.

Također, na slici 61 se može izdvojiti provenijencija Fojnica koja je imala najmanju vrijednost prosječne visine biljaka u 1990. godini, da bi ta vrijednost u 2005. godini bila znatno veća od prosjeka visina svih provenijencija, točnije samo je provenijencija Bosanski Petrovac imala veću vrijednost.

Na slici 62 smo predstavili odnos između prosječnih promjera na vratu korijena biljaka provenijencija u 1990. godini (po podacima Mekić 1991.) i 2004. godini.

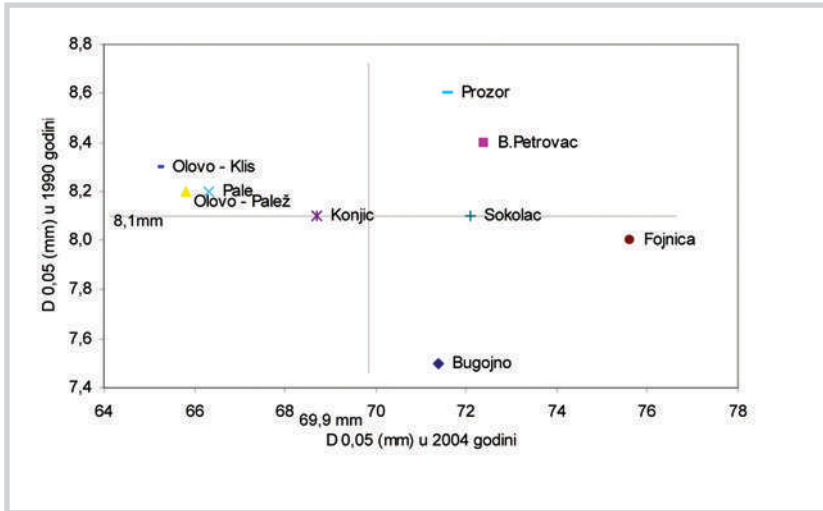
Na slici se može vidjeti da su najmanji prosječni promjer na vratu korijena biljaka u 1990. godini imale provenijencije Bugojno i Fojnica, dok su sve ostale provenijencije imale prosječnu i veću vrijednost od prosjeka promjera na vratu korijena svih provenijencija.

Istraživane vrijednosti promjera biljaka u 2004. godini nam pokazuju da je najveće vrijednosti ovog taksacijskoga elementa imala provenijencija Fojnica dok najmanje vrijednosti je imala provenijencija Olovo-Palež i Olovo-Klis.

Kada je u pitanju raspored prosječnih promjera na vratu korijena biljaka provenijencija, u odnosu na prosječnu vrijednost promjera na vratu korijena svih provenijencija u 1990 i 2004. godini, posebno se mogu istaći provenijencije Prozor i Bosanski Petrovac koje su imale u 1990. godini, a i u 2004. godini zadržale veće vrijednosti u odnosu na prosječnu.

Iz svega navedenoga se vidi da provenijencije Bosanski Petrovac i Fojnica pokazuju najveće vrijednosti ovih ispitivanih taksacijskih elemenata.

Pored promjera na vratu korijena provenijencija Fojnica u ovim istraživanjima pokazuje također i najveću vrijednost kada je u pitanju prsni promjer biljaka.



Slika 62. Uspoređenje prosječnih promjera na vratu korijena biljaka provenijencija u 1990 i 2004. godini

Stupanj vitkosti

Osnovni elementi koji utječu na stupanj vitkosti su svakako visina i promjer biljaka. Odnos između ovih dviju vrijednosti predstavljen je u narednoj tablici, 56. Analiziran je stupanj vitkosti na temelju podataka za prsni promjer i visine biljaka u 2004. godini.

Rezultati provedenih analiza vitkosti biljaka na petogodišnjim sadnicama ovih provenijencija (Mekić 1991), su pokazali da postoje značajne razlike kada je u pitanju ovaj podatak. Isti autor je došao do podatka da je najmanji stupanj vitkosti imala provenijencija Fojnica (24,9), a najveći provenijencija Bugojno (29). Podaci se odnose na odnos visine i promjera na vratu korijena.

Iz tablice 56. se može vidjeti da najmanju vrijednost stupanja vitkosti, izražen u relativnim vrijednostima, je zadržala provenijencija Fojnica (84), dok najveću relativnu vrijednost ovog elementa je imala provenijencija Olovo-Palež (92).

Analizom varijanse kod stupanja vitkosti utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike između provenijencija. Analizom je utvrđeno postojanje dvije Duncan-skupine.

Možemo izdvojiti provenijenciju Olovo-Palež koja pokazuju najveće vrijednosti ovog taksacijskoga elementa i statistički na razinu od 0,1% se bitno razlikuje u odnosu na provenijenciju Fojnica koja je pokazala najmanju vrijednost (Tablica 56).

Da su velika variranja ovih podataka pokazuju i veće vrijednosti varijacijskoga koeficijenta. Tako najveća vrijednost je zabilježena kod provenijencije Prozor (36), dok najmanja vrijednost je konstatirana kod provenijencije Pale (23).

Tablica 56. Stupanj vitkosti				
R.br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja		
		Stupanj vitkosti H/D 1,30m	Duncan test	VK %
		%		
1.	Fojnica	84±25,048	a	29
2.	Konjic	86±30,116	a, b	35
3.	Olovo-Klis	87±22,825	a, b	26
4.	Bugojno	87±21,492	a, b	24
5.	Prozor	87±31,956	a, b	36
6.	Sokolac	88±25,018	a, b	28
7.	Pale	88±20,550	a, b	23
8.	Bosanski Petrovac	88±27,868	a, b	31
9.	Olovo-Palež	92±31,941	b	34
F - vrijednost		1,61**		
Područja	III	84±25,048	a	29
	V	87±31,021	a, b	35
	I	88±20,550	a, b	23
	II	88±24,810	a, b	28
	IV	89±27,115	b	30
Srednja vrijednost		88± 26,31		29
F - vrijednost		1,79*		

I - Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;

II - Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije B. Petrovac i Bugojno;

III - Srednjobosansko područje - provenijencija Fojnica;

IV - Područje istočnobosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,

V - Submediteransko planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.

* statistički značajne razlike za razinu 5 %

** statistički značajne razlike za razinu 1 %

Pored analiza po provenijencijama, analizu varijanse vitkosti biljaka smo primijenili i na područja. Na temelju dobivenih podataka možemo konstatirati da je postojanje razlika prisutno na nižim razinama značajnosti u odnosu na razinu značajnosti za provenijencije.

Analizom smo dobili dvije Duncan-skupine gdje možemo izdvojiti provenijencije unutar područja istočnobosanske visoravni (Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac) koje imaju najveće vrijednosti i statistički se bitno razlikuju u odnosu na provenijencije unutar srednjobosanskoga područja (Fojnica). Ostala područja imaju srednje vrijednosti i na ovoj razini značajnosti ne pokazuju značajne razlike.

U svojim istraživanjima značaja stupanja vitkosti na stabilnost sastojine smreke, Pintarić (1979) konstatira da u fazi koljika možemo očekivati veću stabilnost ako je stupanj vitkosti ispod 90.

S obzirom da je stupanj vitkosti koeficijent između visine i promjera biljke, ovaj koeficijent pokazuje otpornost biljke na savijanje te ima značajnu ulogu u punodrvnosti i stabilnosti sastojine pa tako i kakva je otpornost biljaka na snijeg, a što je jako bitno kod uzgojno-meliorativnih radova u našim šumama gdje se snijeg dugo zadržava.

Broj grana u pršljenu

Kada je u pitanju grananje biljaka kao elementa koji ima visok stupanj nasljednih osobina, kod analiza preko testova provenijencija posebno je bitno prema Vidakoviću i Krstiniću (1985) da krošnja mora biti simetrična i zauzimati $1/3$ visine biljaka. Grane moraju biti tanke, dosta kratke i horizontalno otklonjene. Kut između debla i grana treba da je velik (do 90°). Broj grana u pršljenu treba da je malen. Iz ovoga vidimo da kao bitan element prilikom testiranja potomstva odabranih biljaka preko provenijencijskih ogleda je svakako i broj grana u pršljenu. U ovim istraživanjima kao jedna od morfoloških karakteristika koja je istraživana i jeste broj grana u pršljenu.

Broj grana u pršljenu, kako navodi Mekić (1997), je kod četinaru u velikoj mjeri genetski određeno svojstvo i ono je u korelaciji sa brzinom čišćenja debla od grana i punodrvnošću.

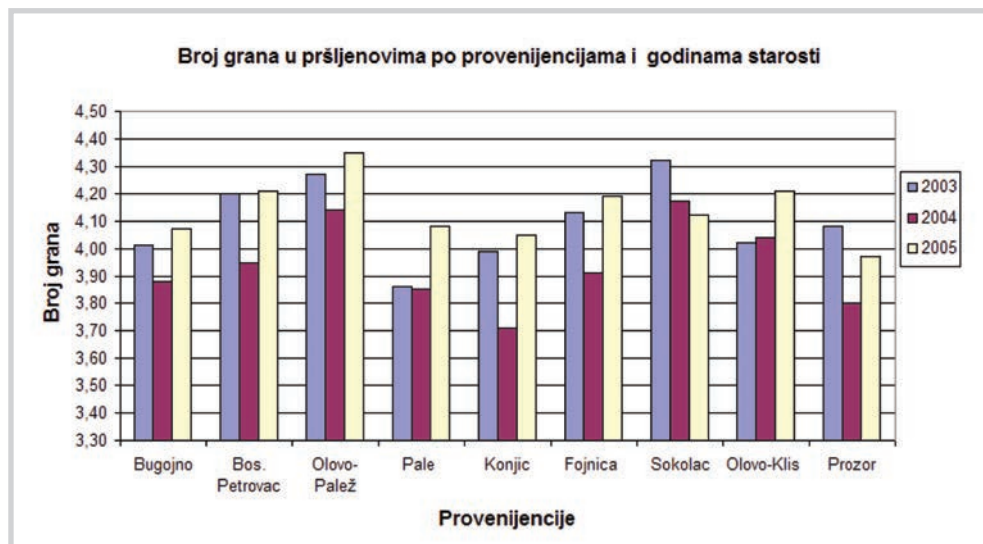
U tablici 57 koja slijedi, predstavljene su prosječne vrijednosti broja grana u pršljenu za pojedine godine starosti. U ovom slučaju broj grana na svim stablima po provenijencijama smo evidentirali za 2003, 2004 i 2005. godinu, odnosno broj grana u starosti biljaka 18, 19 i 20 godina.

Tablica 57. Broj grana u pršljenu

Provenijencije	Broj grana po godinama		
	2003.	2004.	2005.
1. Bugojno	4,01	3,87	4,07
2. B. Petrovac	4,20	3,95	4,21
3. Olovo-Palež	4,27	4,14	4,35
4. Pale	3,86	3,85	4,08
5. Konjic	3,99	3,71	4,05
6. Fojnica	4,13	3,91	4,19
7. Sokolac	4,32	4,17	4,12
8. Olovo-Klis	4,02	4,04	4,21
9. Prozor	4,08	3,80	3,97
Srednja vr.	4,10	3,94	4,14

Da bi dobili jasniju sliku, gore navedene podatke smo predstavili i grafički (Slika 63).

Na temelju tablice 57 i slike 63 koja slijedi, možemo vidjeti da je najmanji broj grana u pršljenu kod gotovo svih provenijencija, izuzev provenijencija Sokolac i Olovo-Klis, evidentiran u 2004. godini. Za tu godinu najmanji broj grana je evidentiran kod provenijencije Konjic 3,71 dok je najveći broj kod provenijencije Sokolac 4,17.



Slika 63. Broj grana u pršljenovima

Za razliku od 2004. godine u 2005. godini također kod gotovo svih provenijencija, izuzev provenijenciju Sokolac i Prozor, evidentiran je najveći broj grana u pršljenu. Od provenijencija najveću vrijednost ovog elementa je imala provenijencija Olovo-Palež 4,35, a najmanju provenijencija Prozor 3,97.

U 2003. godini, izuzev provenijencija Sokolac i Olovo-Klis, kod svih ostalih provenijencija broj grana je bio veći u odnosu na broj grana u 2004. godini, a manji u odnosu na broj grana u 2005. godini. Najveću vrijednost u ovoj godini je imala provenijencija Sokolac 4,32, a najmanju provenijencija Pale 3,86.

Rezultati do kojih je došao Mekić (1991) prilikom provedenih analiza na broju grana u 3, 4 i 5-toj godini starosti biljaka ovih provenijencija je da broj grana varira iz godine u godinu i od provenijencije do provenijencije, gdje su utvrđene razlike kako između provenijencija, a tako isto i između godina. Međutim, dalje Mekić konstatira da se ne može ni kod jedne provenijencije utvrditi zakonitost.

Poslije 13 godina od osnivanja ogleđa te razlike između broja grana u pršljenu po provenijencijama su očigledne.

U narednim tablicama predstavljeni su podaci do kojih smo došli nakon provedene analize.

Iz tablice 58 koja slijedi, vidimo da postoje statistički značajne razlike između broja grana u pršljenu za 2003 i 2004 godinu, odnosno u 18 i 19 godini starosti biljaka. Za obje godine formirane su dvije Duncan-grupe.

Za najveću razinu značajnosti vidimo da u 2003. godini najveći broj grana u pršljenu ima provenijencija Sokolac i statistički se razlikuje od provenijencije Pale koja pokazuje najmanji broj grana u pršljenu. Ostale provenijencije pokazuju prosječne vrijednosti ispitivanog taksacijskoga elementa.

Kada je u pitanju 2004. godina, vidimo ponovo da je najveći broj grana prisutan kod provenijencije Sokolac i ista se statistički razlikuje u ovom slučaju u odnosu na provenijenciju Konjic.

Kod analize broja grana po područjima (Tablica 58) možemo vidjeti da su također formirane dvije grupe gdje je najveći broj grana u oba slučaja konstatirati kod područja istočnobosanske visoravni (provenijencija Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac), u odnosu na gornje-drinsko područje sa provenijencijom Pale u 2003. godini i u odnosu na submediteransko-planinsko područje (provenijencije Konjic i Prozor) u 2004. godini.

Ostala, nespomenuta područja imaju srednje vrijednosti ispitivanih elemenata.

Tablica 58. Analiza broja grana u 2003 i 2004. godini								
R.br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja						
		2003 (18)	Duncan test	VK %	Provenijencija	2004 (19)	Duncan test	VK %
		Kom.						
1.	Pale	3,86±1,350	a	35	Konjic	3,71±1,315	a	35
2.	Konjic	3,99±1,404	a, b	35	Prozor	3,80±1,207	a, b	32
3.	Bugojno	4,01±1,350	a, b	34	Pale	3,85±1,337	a, b	35
4.	Olovo-Klis	4,02±1,391	a, b	35	Bugojno	3,88±1,200	a, b	31
5.	Prozor	4,08±1,374	a, b	34	Fojnica	3,91±1,236	a, b	32
6.	Fojnica	4,13±1,334	a, b	33	B. Petrovac	3,95±1,222	a, b	31
7.	B. Petrovac	4,20±1,409	a, b	33	Olovo-Klis	4,04±1,251	a, b	31
8.	Olovo-Palež	4,27±1,351	a, b	32	Olovo-Palež	4,14±1,302	b	31
9.	Sokolac	4,32±1,304	b	30	Sokolac	4,17±1,162	b	28
F - vrijednost		2,94***				3,91***		
	I	3,86±1,350	a	35	V	3,76±1,262	a	33
	V	4,03±1,389	a, b	34	I	3,85±1,337	a, b	34
	II	4,10±1,381	a, b	33	III	3,91±1,236	a, b	31
	III	4,13±1,334	a, b	32	II	3,91±1,210	a, b	31
	IV	4,21±1,352	b	32	IV	4,12±1,240	b	30
Srednja vrijednost		4,10± 1,36		33		3,94± 1,24		32
F - vrijednost		3,47**				7,19**		

- I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;
 II Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije B. Petrovac i Bugojno;
 III Srednjobosansko područje - provenijencija Fojnica;
 IV Područje istočnobosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,
 V Submediteransko-planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.
 ** statistički značajne razlike za razinu 1 %
 *** statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %

Analizu varijanse broja grana u pršljenu smo izvršili i u 20 godini starosti biljaka različitih provenijencija.

Iz naredne tablice, 59. možemo vidjeti da i za broj grana u pršljenu u 2005. godini također postoji značajna razlika između provenijencija.

Analizom su podaci za obje razine značajnosti formirali dvije Duncan-skupine.

Tablica 59. Analiza broja grana u 2005. Godini

Redni broj	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja		
		2005 (20)	Duncan test	VK %
		Kom.		
1.	Prozor	3,97±1,365	a	34
2.	Konjic	4,05±1,474	a, b	36
3.	Bugojno	4,07±1,435	a, b	35
4.	Pale	4,08±1,441	a, b	35
5.	Sokolac	4,12±1,426	a, b	35
6.	Fojnica	4,19±1,343	a, b	32
7.	Bosanski Petrovac	4,21±1,408	a, b	33
8.	Olovo-Klis	4,21±1,385	a, b	33
9.	Olovo-Palež	4,35±1,397	b	32
F- vrijednost		1,65**		
Područja	V	4,01±1,420	a	35
	I	4,08±1,441	a, b	35
	II	4,14±1,422	a, b	34
	III	4,19±1,343	a, b	32
	IV	4,23±1,404	b	33
Srednja vrijednost		4,14± 1,40		34
F - vrijednost		2,06*		

- I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;
 II Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije B. Petrovac i Bugojno;
 III Srednjobosansko područje - provenijencija Fojnica;
 IV Područje istočnobosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,
 V Submediteransko-planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.
 * - statistički značajne razlike za razinu 5 %
 ** - statistički značajne razlike za razinu 1 %

Na temelju toga možemo konstatirati da je najveću vrijednost broja grana imala provenijencija Olovo-Palež, a najmanju Prozor, pa se provenijencija Olovo-Palež statistički i razlikuje od te provenijencije za razinu značajnosti od 1%.

Kada je u pitanju analiza broja grana u pršljenovima po područjima i u ovom slučaju najveći broj grana je konstatiran kod područja istočno-bosanske visoravni (provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac) u odnosu na submediteransko-planinsko područje (provenijencije Konjic i Prozor).

Ako napravimo jednu malu digresiju za ove tri godine, kada je u pitanju broj grana, možemo reći da se kroz sve analize izdvaja provenijencija Sokolac i Olovo-Palež koje su pokazivale najveće vrijednosti, dok se prilikom analiza područja ovim provenijencijama pridružila i provenijencija Olovo-Klis.

Za razliku od ovih provenijencija, sa u prosjeku najvećim brojem grana u pršljenu, provenijencije Konjic i Prozor te provenijencija Pale su imale najmanji broj grana u prosjeku. Ostale provenijencije pokazuju prosječne vrijednosti.

Za sve tri godine, analizom varijanse, konstatirali smo da postoji veliki stupanj variranja broja grana u pršljenu gdje je vrijednost varijacijskoga koeficijenta kretala od 28 pa do 36.

Analiza asimilacijskog aparata

Istraživanja Denglera i Müncha, Oppermana, Langleta i drugih, kako navodi Vidaković i Krstinić (1985), dokazala su, između ostalih svojstava, da se duljina i broj iglica ne mijenjaju prenošenjem te provenijencije u novo područje. U sklopu ovog istraživanja prikupljali smo i podatke koji se odnose na ta svojstva, tj. na svojstva broja, dužine i širine iglica.

Analiza broja iglica po cm dužnom po provenijencijama i područjima

Kada je u pitanju broj iglica do ovog podatka smo došli tako što smo sa po deset najviših biljaka svake provenijencije, unutar svih pet pojaseva odsjekli grančicu dužine deset centimetara koja je prirasla u 2005. godini, a nalazi se na jednoj od grana u pršljenu od 2003. godine. Nakon toga smo brojali iglice na uzorku dugom deset centimetara, a kasnije dobivenu vrijednost sveli na centimetar.

U narednoj tablici (60) smo predstavili rezultate do kojih smo došli nakon provedene analize. Najmanji broj iglica vidimo da je imala provenijencija Fojnica 14,52, a najveći broj iglica je imala provenijencija Konjic 16,48.

Statističkom analizom vidimo da su formirane dvije Duncan-skupine. Na temelju analiza možemo konstatirati da se provenijencija Konjic statistički značajno razlikuje od svih ostalih provenijencija, osim u odnosu na provenijencije Olovo-Klis, Bosanski Petrovac i Prozor koje imaju prosječan broj iglica.

Tablica 6o. Analiza broja iglica				
R.br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja		
		Broj iglica po 1 cm'	Duncan test	VK %
Kom.				
1.	Fojnica	14,52±2,029	a	14
2.	Pale	14,62±1,818	a	12
3.	Olovo-Palež	14,75±2,052	a	14
4.	Bugojno	14,76±2,241	a	15
5.	Sokolac	14,95±2,442	a	16
6.	Olovo-Klis	15,21±2,270	a, b	15
7.	Bosanski Petrovac	15,73±2,379	a, b	15
8.	Prozor	15,76±1,919	a, b	12
9.	Konjic	16,48±2,031	b	12
F - vrijednost		4,79***		
	III	14,52±2,029	a	14
	I	14,62±1,818	a	12
	IV	14,97±2,253	a	15
	II	15,25±2,351	a, b	15
	V	16,12±1,999	b	12
Srednja vrijednost		15,20± 2,13		14
F - vrijednost		7,21***		

I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;

II Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije B. Petrovac i Bugojno;

III Srednjobosansko područje - provenijencija Fojnica;

IV Područje istočnobosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,

V Submediteransko-planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.

*** statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %

Koeficijent varijacije je pokazatelj koji govori o varijabilnosti biljaka u okviru provenijencije. Vrijednost ovog koeficijenta kod svih provenijencija ponaša se prilično homogeno.

Nakon izvršene analize po provenijencijama, s obzirom na ovaj pokazatelj, nakon svrstavanja provenijencija po područjima, vidljivo je iz prethodne tablice, da provenijencije unutar submediteranskog područja pokazuju najveće vrijednosti i da se statistički razlikuju od ostalih područja.

Ovo grupiranje također potvrđuje i konstataciju koju smo zabilježili i prilikom analiza između provenijencija gdje se izdvajaju provenijencije Konjic i Prozor sa vrijednostima koje se statistički razlikuju od vrijednosti ostalih provenijencija.

Analiza dužine i širine iglica po provenijencijama i područjima

U ovom slučaju istraživanja dužine i širine iglica proveli smo na običnoj jeli koja potiče sa devet različitih lokacija u Bosni i Hercegovini.

Nakon izvršenih mjerenja analizirali smo varijanse po provenijencijama i područjima (Tablica 61). Iz tablice možemo vidjeti da i za dužinu i širinu iglica postoji statistički značajna razlika između provenijencija. Za dužinu iglica formirane su četiri Duncan-skupine. Najmanju dužinu iglica u odnosu na sve ostale provenijencije imala je provenijencija Prozor. Najveću vrijednost dužine iglica su imale provenijencije Sokolac, Konjic i Fojnica, gdje vrijednosti ovih provenijencija se statistički znatno razlikuju u odnosu na provenijencije Olovo-Palež, Olovo-Klis, Bosanski Petrovac i Prozor.

Također, možemo izdvojiti grupu provenijencija Olovo-Palež, Bugojno i Pale čije vrijednosti su manje i statistički se razlikuju od provenijencija koje imaju najveće vrijednosti, a pokazuju veće vrijednosti u odnosu na provenijencije Olovo-Klis, Bosanski Petrovac i Prozor i od njih se značajno razlikuju.

Analizom dužina po područjima vidimo da provenijencije iz srednjobosanskoga područja pokazuju najveće vrijednosti i statistički se znatno razlikuju u odnosu na provenijencije ostalih područja, dok provenijencije unutar gornje-drinskog područja se ne razlikuju u odnosu na sva područja i pokazuju srednje vrijednosti.

Analizom širina iglica pokazala se velika različitost po provenijencijama. Provenijencije Fojnica i Pale imaju najveće vrijednosti ovog istraživana elementa i statistički se razlikuju od svih ostalih provenijencija. Najmanju vrijednost ima provenijencija Sokolac. Između ove dvije krajnje vrijednosti formirane su još dvije grupe gdje možemo izdvojiti

provenijenciju Prozor koja se razlikuje u odnosu na provenijencije Olovo-Palež i Konjic dok ostale provenijencije pokazuju srednje vrijednosti.

Tablica 61. Analiza dužine i širine iglica po provenijencijama i područjima

R.br.	Provenijencija	Aritmetička sredina ± linearna odstupanja						
		Dužina iglica	Duncan Test	VK %	Provenijencija	Širina iglica	Duncan test	VK %
		mm						
1.	Prozor	17,31±3,108	a	18	Sokolac	1,89±0,147	a	8
2.	B. Petrovac	17,97±2,986	b	17	Olovo-Palež	1,92±0,142	a, b	7
3.	Olovo-Klis	17,99±2,923	b	16	Konjic	1,92±0,124	a, b	6
4.	Olovo-Palež	18,02±3,016	b, c	17	Bugojno	1,94±0,148	b, c	8
5.	Bugojno	18,61±2,593	b, c, d	14	B. Petrovac	1,94±0,155	b, c	8
6.	Pale	18,66±3,193	c, d	17	Olovo-Klis	1,95±0,147	b, c	7
7.	Sokolac	18,76±3,225	d	17	Prozor	1,96±0,147	c	7
8.	Konjic	18,93±3,367	d	18	Fojnica	1,97±0,173	c, d	9
9.	Fojnica	19,15±2,623	d	18	Pale	1,99±0,141	d	7
F - vrijednost		19,11***				20,76***		
	V	18,12±3,339	a	18	IV	1,92±0,141	a	7
	IV	18,26±3,076	a	17	V	1,94±0,137	a	7
	II	18,29±2,813	a	15	II	1,94±0,152	a	8
	I	18,66±3,193	a, b	17	III	1,97±0,173	b	9
	III	19,15±2,632	b	14	I	1,99±0,141	b	7
Srednja vr.		18,38± 3,0		17		1,94± 0,14		7
F - vrijednost		11,70***				28,01***		

I Gornje drinsko područje - provenijencija Pale;

II Zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitna područja - provenijencije B. Petrovac i Bugojno;

III Srednjobosansko područje - provenijencija Fojnica;

IV Područje istočnobosanske visoravni - provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Sokolac,

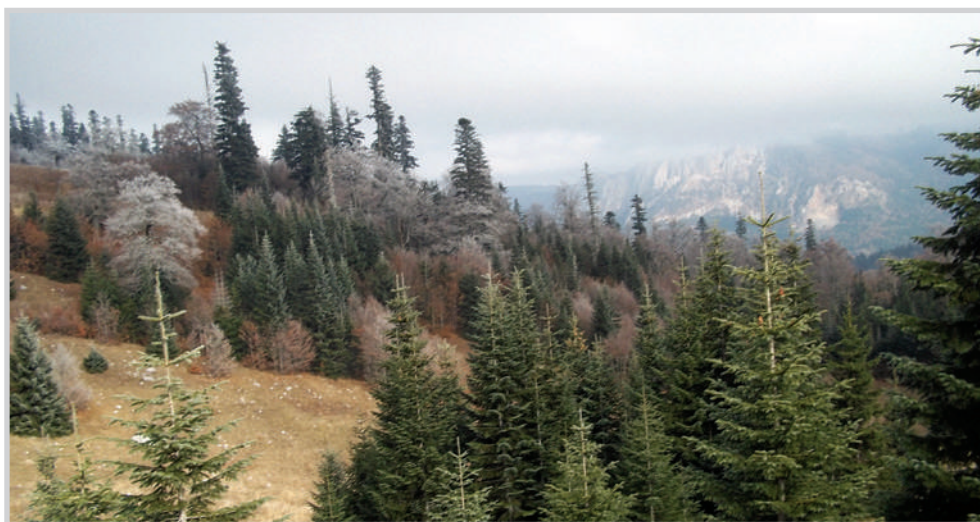
V Submediteransko-planinsko područje - provenijencije Konjic i Prozor.

*** - statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %

Analizom širina iglica po područjima formirane su dvije jasno odvojene Duncan-grupe. Najveće vrijednosti pokazuju provenijencije unutar gornje-drinskog i srednjobosanskog područja i statistički se znatno razlikuju od provenijencija ostalih područja koje su pokazale manje vrijednosti.

Iz ovih analiza primjećujemo da je provenijencija Fojnica imala najveće vrijednosti kada je u pitanju dužina, a dok je najšire iglice imala provenijencija Pale, a zatim provenijencija Fojnica.

Analiza po područjima je pokazala da najveće vrijednosti i dužine i širine iglica imaju provenijencije unutar gornje-drinskog i srednjobosanskoga područja. Najmanje vrijednosti su pokazale provenijencije submediteransko-planinskog područja za dužinu iglica, dok su najmanje vrijednosti širine iglica imale provenijencije područja istočnobosanske visoravni.



Slika 64. Jele na Volujku (foto Hukić)

Unutarpopulacijska varijabilnost

Dosadašnja istraživanja sa provenijencijskih pokusa obične jele pokazala su da pored razlika između provenijencija u pojedinim ispitivanim taksacijskim elementima postoji razlika i unutar samih provenijencija.

Analizom varijanse u ovom našem slučaju pored međupopulacijske varijabilnosti obrađena je i unutarpopulacijska varijabilnost za ukupnu visinu biljaka, promjer na vratu korijena i prsni promjer.

Naime, unutar svake provenijencije imamo po 15 familija, a svaka familija ima četiri biljke. To znači da unutar svake provenijencije sa sjemenskih objekata je ubrano sjeme sa petnaest biljaka.

Analizu gore navedenih taksacijskih elemenata unutar provenijencija po familijama predstavili smo u narednoj tablici (62).

Iz tablice 62. možemo vidjeti da, kada su u pitanju ukupne visine biljaka, je statistički značajna razlika se javila kod provenijencija Bosanski Petrovac, Olovo-Klis i Prozor, dok kod ostalih provenijencija, kada je u pitanju ovaj taksacijski element, nije bilo značajnih razlika.

Analizom promjera na vratu korijena je također potvrđena prethodna konstatacija za navedene provenijencije, s tim što je za sve tri provenijencije razina značajnosti manja u odnosu na ukupne visine.

Tablica 62. Unutar populacijska varijabilnost			
Provenijencije	Ukupne visine biljaka	Promjer na vratu korijena	Prsni Promjer
	F-vrijednosti		
Bugojno	0,594 ^o	0,437 ^o	0,811*
Bosanski Petrovac	1,528**	1,286*	1,178*
Olovo-Palež	0,872 ^o	0,884 ^o	0,746 ^o
Pale	0,651 ^o	0,822 ^o	0,855*
Konjic	0,606 ^o	0,942 ^o	0,930*
Fojnica	0,623 ^o	0,607 ^o	0,447 ^o
Sokolac	0,527 ^o	0,834 ^o	1,039*
Olovo-Klis	2,473***	1,787**	1,817**
Prozor	1,395**	1,782*	1,218*

^o - nema statistički značajnih razlika

* - statistički značajne razlike za razinu 5 %

** - statistički značajne razlike za razinu 1 %

*** - statistički značajne razlike za razinu za manju od 0,1 %

Analiza prsnog promjera unutar provenijencija nije pokazala postojanje varijabiliteta unutar provenijencija Olovo-Palež i Fojnica, dok je za ostale provenijencije statistički značajna razlika ispitivanih taksacijskih elemenata potvrđena.

Iz ove analize možemo vidjeti da su kao najhomogenije za sva tri taksacijska elementa koja smo ispitivali bile provenijencije Olovo-Palež i Fojnica.

Za razliku od ove dvije provenijencije najveći stupanj unutarpopulacijske varijabilnosti se javio kod provenijencije Olovo-Klis, te provenijencija Prozor i Bosanski Petrovac.



Slika 65. Sastojina jele i smreke na planini Karauli

Klaster analiza

U prethodnim tačkama analiza vidljivo je da postoji velika šarolikost provenijencija kod istraživanja pojedinih parametara, ali ipak provenijencija Fojnica i Bosanski Petrovac po pojedinim parametrima (promjer i visina) odstupaju od ostalih, naročito od provenijencije Olovo-Klis, Olovo-Palež i Pale.

Uz pomoć Klaster analize moguće je ispitati razlike u varijaciji pojedinih provenijencija gdje ćemo uključiti sve istraživane parametre.

Dobiveni rezultati su prikazani u formi dendrograma (Slika 66) gdje se vrši grananje pojedinih provenijencija i njihovo povezivanje u određene klustere.

Promotrimo li rezultate

Klaster analize možemo primijetiti jasno odvojene dvije skupine populacija obične jele.

Prvu skupinu čine provenijencije Pale, Bugojno, Bosanski Petrovac i Olovo-Klis. Unutar ove skupine najveća bliskost se nalazi između populacije Pale i Bugojno, a zatim slijede populacije Bosanski Petrovac i Olovo-Klis koje zajedno tvore jednu skupinu.

Drugu skupinu populacija obične jele čine provenijencije Fojnica, Olovo-Palež, Konjic, Sokolac i Prozor. Unutar ove skupine najveću bliskost pokazuju provenijencije Olovo-Palež i Konjic, a zatim slijede provenijencije Sokolac i Prozor.

Također, unutar ove skupine i ujedno važi za sve populacije jasno se izdvaja provenijencija Fojnica koja se odvaja od skupine provenijencija Olovo-Palež i Konjic. Ovo izdvajanje provenijencije Fojnica u odnosu

na ostale može biti kao rezultat da je stanište na kome je podignut ogleđ, kada je tlo u pitanju, odgovara staništu odakle potiče polazni materijal ove provenijencije.

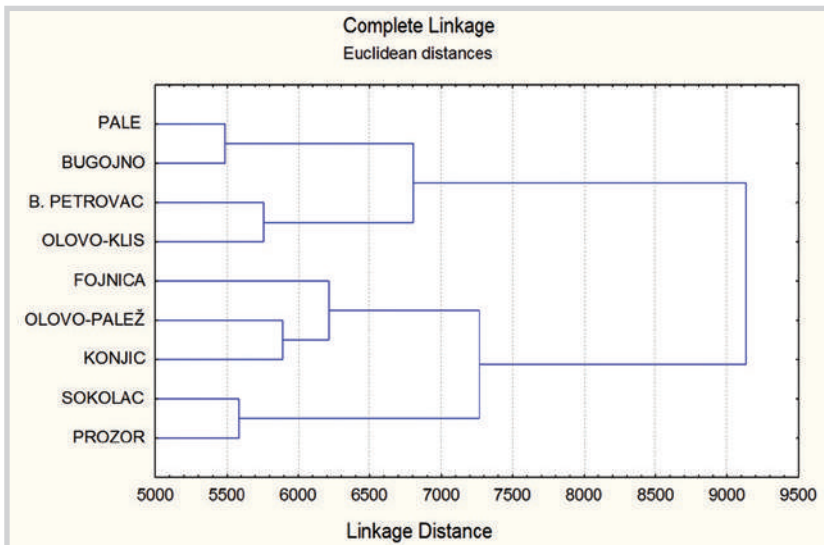
Kada promatramo udaljenost provenijencija unutar ove dvije skupine možemo primijetiti da je udaljenost provenijencija na kojima tvore jednu skupinu prilično jednaka.

Tako skoro na istoj udaljenosti jednu grupaciju čine Pale i Bugojno na jednoj strani, a na drugoj Sokolac i Prozor, zatim slijedi grupacija Bosanski Petrovac i Olovo Klis unutar prve skupine i Olovo-Palež i Konjic unutar druge skupine.

Međutim, rezultat odstupanja provenijencije Fojnica je uvjetovao da se provenijencije unutar ove druge skupine povezuju na većoj udaljenosti u odnosu na prvu skupinu.

Ako promatramo Klaster analizu, a u osvrtu se na ekološko-vegetacijsku rajonizaciju Bosne i Hercegovine, vidimo da prvu skupinu čine provenijencije gornje-drinskog područja (Pale) i zapadno-bosansko-vapnenačko-dolomitnog područja (Bugojno i Bosanski Petrovac), sa izuzetkom provenijencije Olovo-Klis.

Drugu skupinu čine provenijencije srednjobosanskog područja (Fojnica), područja istočnobosanske visoravni (Sokolac i Olovo-Palež) i submediteransko-planinskog područja (Konjic i Prozor).



Slika 66. Dendrogram Klaster analize

Iz tablice u kojoj su predstavljene provenijencije sa njihovim karakteristikama možemo konstatirati da je za drugu skupinu provenijencija Klaster analize geološka podloga uglavnom vapnenačka, sa izuzetkom provenijencije Fojnica.

Za prvu skupinu geološku podlogu čine uglavnom dolomit, verfenski škriljci i pješčari, sa izuzetkom provenijencije Olovo-Klis koja je na vapnencu.

Različita geološka podloga za sobom povlači i različit tip tla, međutim i ako se javlja isti tip tla na različitim podlogama ipak možemo pretpostaviti da su fizičko-hemijske karakteristike tog tla različite.

Kako vidimo, ova Klaster analiza nam je pokazala, a na temelju morfoloških karakteristika, samo donekle vezu između područja prema geološkoj podlozi.

Iz svega navedenoga možemo konstatirati da jela nije genetski izdiferencirana prema ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji, te da slične morfološko-proizvodne karakteristike pokazuje jela iz različitih područja, što nam govori da puno drugih faktora utječe na morfološku proizvodnost jele.

Istraživanja koja su provedena na različitim provenijencijama obuhvativši gotovo cijeli prirodni areal jele, pokazala su u istoj starosti vrlo velike morfološke razlike (Mekić 1988).

Pošto se ovdje radi o jednom segmentu prirodnog areala, koji u cijelosti ne predstavlja njegov veliki dio, za očekivati je i veću uniformnost provenijencija, tim više što je ogled u ranoj fazi, gdje nasljedne osobine nisu u značajnoj mjeri izražene.

U ovom radu testiralo se 9 provenijencija jele iz njezinoga prirodnog rasprostranjenja. Cilj testa je bio da se na temelju morfoloških pokazatelja istraži da li postoje i kolike su razlike između provenijencija.

Da bi se utvrdilo da li postoje razlike među provenijencijama jele koje potiču iz različitih područja, unutar njenoga segmenta prirodnog areala, provenijencije su grupirane u pet pripadajućih područja.

Razlike koje su ovdje konstatirane, promatrane u apsolutnom iznosu su beznačajne, ali statistički one ipak pokazuju visoku značajnost.

Morfološke karakteristike

Sva dosadašnja istraživanja morfoloških karakteristika provenijencija jele imala su nedostatak koji se ogledao u nedovoljnoj starosti biljaka na eksperimentalnim površinama sa provenijencijama jele.

Rezultati istraživanja mnogih pokusa provenijencija osnovanih sredinom i krajem 20. stoljeća odbacuju tezu o uniformnosti obične jele koja je bila prihvaćena dugi niz godina i ukazuju na varijabilnost obične jele koja nimalo ne zaostaje za varijabilnošću drugih vrsta lišćara i četinara.

U Francuskoj je pokus provenijencija obične jele osnovan 1963. godine s 19 francuskih i dvije rumunjske provenijencije (Lapus i Prahova). Strane su provenijencije sa svojim svojstvima bile kontrolne populacije u odnosu na lokalne. Širina varijabilnosti visinskog prirasta imala je i do 27% veće vrijednosti kod stranih provenijencija (Kajba 2001).

Provenijencije s planina Lapus pokazale su najbolje prirašćivanje u dvama provenijencijskim pokusima s ukupno 12 provenijencija osnovanih u Donjoj Saskoj (Kajba 2001). Slovačke provenijencije imale su također dobre rezultate, dok su njemačke bile sporog rasta.

Četiri pokusa s 26 provenijencija osnovana su u Engleskoj. Najbolji visinski rast imala je talijanska provenijencija iz Kalabrije, a slijedile su je provenijencije iz Poljske, Češke i Njemačke (Schwarzwald). Slabiji prirast imale su francuske provenijencije, uključujući i Normandiju, koja ima klimu sličnu engleskoj klimi (Kajba 2001).

Austrijski pokus obične jele osnovan 1970. godine s 19 provenijencija koje su uključivale i pet južnih provenijencija pokazale su bitne razlike u poduzetim morfološkim istraživanjima (Mayer i sur. 1980).

Izučavanje geografske varijabilnosti obične jele s obzirom na dinamiku prirasta utvrđivao je Larsen (1986). Najbrži prirast imala je kalabrijska provenijencija, dok su provenijencije iz zapadne i središnje Europe bile lošije, uz mnogo manju unutarpopulacijsku varijabilnost.

Geografsku varijabilnost obične jele u Europi utvrđivali su Mekić i Larsen (1991) kod 15 provenijencija u dobi od šest godina. Talijanske provenijencije karakterizirao je mnogo bolji visinski i debljinski prirast u odnosu na provenijencije iz središnje i istočne Europe.

Mekić (1988) je utvrdio postojanje velike varijabilnosti kalabrijskih provenijencija i s obzirom na morfološke i fiziološke pokazatelje.

Istraživanja morfoloških svojstava u provenijencijskim kulturama iz središnje i južne Italije, pokazala su značajnu unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost obične jele (Ducci 1991).

Također, istraživanja koja je proveo Mekić (1991) na petogodišnjim sadnicama sa devet lokaliteta u Bosni, a te provenijencije su i predmet ovog istraživanja, pokazala su postojanje razlika u morfološkim karakteristikama.

Naime, sa ovih devet lokaliteta podignut je i provenijencijski pokus u jozapadnoj Srbiji, gdje je konstatirano postojanje značajnih razlika između posmatranih morfoloških obilježja (Ratknić i sur. 2002).

Kako je područje Dinarskih planina vrlo je specifično, kada su posrijedi uvjeti okoliša, jer na vrlo malom prostoru postoji velika šarolikost klimatskih, edafskih, orografskih i drugih činioca koji utječu na diferencijaciju različitih ekotipova, a posebice područje središnje Bosne (Stefanović i sur. 1983). Stoga stručnjaci smatraju kako vrste šumskog drveća s područja Dinarskih planina pokazuju veliku varijabilnost u usporedbi s istim vrstama sa sjevera te bi se na relativno malom prostoru mogla naći velika varijabilnost (Ballian 2005a), što je potvrđeno ovim istraživanjima.

U ovom radu vrlo jasno su provenijencije izdiferencirane s obzirom na visine, visinski prirast, promjeri, vitkost biljaka kao i na broj grana u pršljenu.

Kada je u pitanju visina i visinski prirast za istraživani period konstatirali smo da provenijencija Bosanski Petrovac i Fojnica imaju najveće vrijednosti dok najmanje vrijednosti pokazuju provenijencije Olovo Klis i Pale. Promatrano kroz analize po područjima konstatirano je da područje kojima pripada provenijencija Fojnica imaju najveće vrijednosti u odnosu na područje kojima pripada provenijencija Pale, koje imaju najmanje vrijednosti.

Vrijednosti ukupnih visina ostalih provenijencija nalaze se u intervalu bez jasno izraženih značajnih razlika i imaju prosječne visine. Redoslijed prikaza ovih provenijencija u tablicama je također dosta ujednačen.

Istraživane vrijednosti promjera biljaka nam pokazuju da najveće vrijednosti ovog taksacijskoga elementa ima provenijencija Fojnica, dok najmanje vrijednosti je imala provenijencija Pale i Olovo Klis. Također, jasno su se izdiferencirale provenijencije i na temelju stupanja vitkosti, a kada su u pitanju unutarpopulacijske varijabilnosti ovih taksacijskih elemenata ista je konstatirana kod provenijencija Prozor, Olovo Klis i Bosanski Petrovac.

Analizom procenta sušenja biljaka konstatirali smo da je najmanji procent sušenja imala provenijencija Fojnica.

Iz svega rečenog proizlazi da provenijencija Fojnica pokazuje najveće vrijednosti ovih ispitivanih taksacijskih elemenata. Razloge treba tražiti vjerojatno u tome što je stanište sa kojeg potječe sjeme ove

provenijencije odgovara staništu na kome je podignut ogled i kada je u pitanju matični supstrat, a i tlo.

Rezultati do kojih je došao Mekić (1991) prilikom provedenih analiza na broju grana u 3, 4 i 5-oj godini starosti biljaka ovih provenijencija, koje su spomenute u dotičnom radu, je da broj grana varira iz godine u godinu i od provenijencije do provenijencije, gdje su utvrđene razlike kako između provenijencija, tako isto i između godina. Međutim, dalje Mekić konstatuje da se ne može ni kod jedne provenijencije utvrditi zakonitost.

Također, kada su u pitanju ove provenijencije i u ogledu koji je podignut u Srbiji ne postoje neke zakonitosti koje se odnose na broj grana u pršljenu (Ratknjić i sur. 2002), pa kako vidimo i u ovom radu nisu utvrđene zakonitosti u odnosu broja grana u pršljenu biljaka.

Istraživanja anatomske-morfološke građe iglica, kako navodi Kajba (2001), imaju veliko značenje pri ekološko-fiziološkim i evolucijskim izučavanjima, te pri selekciji pojedinih vrsta drveća.

Utvrđeno je da su iglice obične jele vrlo osjetljive i da brzo reagiraju na ekološke uvjete sredine, te da donekle određuju tok prirasta i razvoja drugih organa (Kajba 2001, po navodima Pravdin-a 1964, Mamaev i Roždestvenskij 1969).

Popnikola (1974) je istraživao varijabilnost iglica obične jele na osam lokaliteta u Makedoniji i utvrdio da su najduže i najšire iglice u najnižim predjelima, dok se sa povećanjem nadmorske visine te veličine smanjuju.

Podaci Gagova (1973a) za duljinu i širinu iglica obrnuti su od Popnikolinih (1974a) istraživanja. On je zaključio da dimenzije pokrovnih i mehaničkih dijelova tkiva iglica variraju s obzirom na mjesto sakupljanja. S nadmorskom visinom povećava se debljina kutikule, što nije slučaj kod hipoderme i mehaničkoga tkiva iglica. Asimilacijski dijelovi pokazuju znatnu varijabilnost među istraživanim lokacijama.

Istraživanja dužine i širine asimilacijskog aparata kod obične jele s obzirom na različite doze prihranjivanja sadnica pokazala je da je srednja doza NPK kompleksa i uree najpovoljnije djelovala na dužinu i širinu iglica, a najveća doza je utjecala na smanjenje dužine i širine iglica (Milanović i sur. 1980).

U dotičnim istraživanjima smo izvršili analize širina i dužina iglica i nismo utvrdili postojanje veze između ovih parametara i nadmorske visine. Međutim, značajno je napomenuti ponovo provenijenciju

Fojnica koja je imala najveće vrijednosti kada je u pitanju dužina iglica, dok je sa širinom iglica zaostajala za provenijencijom Pale.

Ove vrijednosti se na neki način mogu povezati sa ostalim morfološkim pokazateljima gdje je provenijencija Fojnica imala najveće vrijednosti. Međutim, vidimo da provenijencija Pale ne zaostaje puno za ovom provenijencijom, ali je ipak u spomenutim morfološkim pokazateljima ipak imala najmanje vrijednosti.

Kako jela, kao i neki drugi četinari, u toku života zadrži na sebi četine i nekoliko godina stare, istraživanje ovog parametra može dati konkretan sud o homogenosti bosanskohercegovačke jele (Mekić 1991).

Geografsku varijabilnost obične jele u Europi, s obzirom na njenu transpiraciju i oblik iglica u odnosu na dob iglica te udio suhe tvari i njene gustoće, utvrđivali su Larsen i Mekić (1991) kod 15 provenijencija u dobi od 6 godina.

U krošnji jele nalazimo 8 i više generacija iglica, u radovima (Prpić i Seletković 2001), što je potvrđeno ovim istraživanjem, jer smo također konstatirali prisustvo iglica koje su imale starost od 8 godina na svim provenijencijama.

Učešće najstarijih iglica u procentima smo konstatirali kod provenijencija Fojnica i Bosanski Petrovac, dok su provenijencije Pale i Bugojno imale najmanje učešće ovih iglica da bi sa učešćem najmlađih iglica taj odnos bio promijenjen.

Iz ovog odnosa iglica može se konstatirati da je možda učešće starih iglica i imalo utjecaja na povećanje ostalih morfoloških parametara, naročito kada je u pitanju provenijencija Fojnica, a i provenijencija Bosanski Petrovac nije puno zaostajala.

Iz čitavog niza pokazatelja koje smo analizirali u ovom radu, pomoću računskoga postupka pod nazivom Klaster analiza, izvršeno je kvantificiranje varijabilnosti pokazatelja između provenijencija. Provedena je analiza koja se odnosi na morfološke pokazatelje.

Dobiveni rezultati pokazuju otklon provenijencije Fojnica u odnosu na ostale provenijencije kada su u pitanju morfološki pokazatelji.

Istraživanja morfoloških pokazatelja na odabranim provenijencijama izvršili smo i na temelju ekološko-vegetacijske rajonizacije Bosne i Hercegovine. Međutim, rezultati do kojih smo došli nisu potvrdili različitost ispitivanih parametara po područjima, odnosno nije uočena neka zakonitost kada su područja u pitanju.

Jedan od razloga možda bi se mogao prepisati i tome da se radi o relativno mladom ogledu (20 godina), te da područje ispitivanih provenijencija zauzima samo jedan manji segment prirodnog rasprostiranja obične jele.

Međutim, veoma je vjerojatno da jedan od razloga leži i pri samoj ekološko-vegetacijskoj rajonizaciji Bosne i Hercegovine.

Iz studije u kojoj su dosta detaljno razrađeni ekološko-vegetacijski elementi, lako se može uočiti da svi rajoni u edafskom smislu nisu potpuno homogeni, ne samo kada se radi o seriji tala nastalih na određenom geološko-petrografskoj strukturi, nego i kada se radi o regijama ili određenim tipovima tala nastalim na različitim geološko-petrografskim supstratima. Također, postoje razlike u stanju unutar pojedinih biljnih zajednica uvjetovane karakterom, intenzitetom i dužinom trajanja antropogenih utjecaja, a što zahtijeva i različit tretman u uzgajanju šuma.

U stručnom razrješavanju ove problematike poteškoće proizlaze iz postojeće organizacije šumskoprivrednih područja koja uvijek ne čine prirodne cjeline kada su u pitanju ekološki uvjeti i sastojinske prilike. Iz toga proizlazi da pojedini rajoni kao prirodne najmanje i najhomogenije cjeline kvalifikacijom formirane, svojim dijelovima ulaze u različita šumskoprivredna područja, odnosno pojedina šumskoprivredna područja obuhvaćaju po više dijelova pojedinih rajona (uzgojni rajon).

Pored toga, uslijed vrlo heterogenih ekoloških uvjeta u Bosni i Hercegovini, te različitog intenziteta i trajanja antropogenih utjecaja teško je uspostaviti jedinstven režim prometa i upotrebe sjemena po izdvojenim područjima. Prije svega treba naglasiti da su se najkvalitetnije sastojine do nedavno nalazile u bespuću daleko od utjecaja ljudske aktivnosti, te se u njima zadržao najkvalitetniji genetski potencijal. Takvo stanje je privuklo pažnju naših terenskih stručnjaka i naučnih radnika pri čemu su takve sastojine pretežno predložene i birane za sjemenske objekte.

Dakle, prvo se prišlo izradi prijedloga za izdvajanje sjemenskih objekata prije nego što se razradila i usvojila ekološko-vegetacijska rajonizacija i prije nego što se razradila potreba na sjemenu provenijencija određenih vrsta šumskog drveća za uzgojne radove. Kao logična posljedica takvog pristupa odabiranju sjemenskih objekata proizašla je činjenica da je ranije izdvojeno nesrazmjerno više jelovih

sastojina nego svih ostalih vrsta šumskog drveća i ako se jelovo sjeme u sadašnjim uvjetima neznatno koristi kod podizanja zasada (Dizdarević i sur. 1987).

Radi održavanja genetskog resursa trebalo bi uspostaviti što gušću mrežu banki gena *in situ* i *ex situ*, nužnih za održanje genetičke raznolikosti populacija. To znači da bi svaka ekološka niša važna za običnu jelu trebala imati svoju banku gena, s odgovarajućim brojem jedinki, kako bi se očuvala ekološko-fiziološka osobnost populacija. Za banku gena velike populacije treba veći broj jedinki, a za male populacije treba manji broj jedinki. Osim toga, treba voditi računa i o samom prilagodbenom potencijalu biljaka u populaciji. Za populacije i jedinke koje imaju visok potencijal prilagodbe treba manje populacija ili jedinki, od onih kod kojih je taj potencijal manji, pa je potrebno i više populacija i više jedinki.

Tako u homogenim uvjetima trebamo imati manji broj većih populacija koje bi mogle zadovoljiti potrebe za reprodukcijom materijalom, a u heterogenim uvjetima Dinarida potrebno je imati veći broj manjih objekata (sjemenskih sastojina). Dakle, pri vještačkom širenju populacija obične jele u Bosni i Hercegovini treba posebnu pažnju obratiti lokalnim populacijama, koje su vrlo važne na lokalnoj razini, odnosno reonu, na osnovi svog prilagodbenog potencijala, a koji bi se i eksperimentalno trebao dokazati.

U gospodarenju prirodnim resursima i njihovoj obnovi, prednost uvijek treba dati prirodnoj obnovi, uz stalno praćenje genetičke strukture, kako bi se mogle poduzeti mjere pravodobno za održanje genetičke raznolikosti koja karakterizira svaku populaciju.

Buduća istraživanja treba nastaviti na ovim populacijama obične jele u Bosni i Hercegovini i neprestano pratiti gospodarske zahvate na obnovi obične jele te ih usmjeravati na održanje genetičke raznolikosti lokalnih populacija, kao i sva druga opažanja na terenu radi donošenja suda o uniformnosti jele u uvjetima srednje Europe, gdje pretpostavku treba potvrditi ili odbaciti.



Slika 67. Dobar podmladak jele

MOLEKULARNA I BIOKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA

ANALIZA KLOROPLASTNE DNK KOD OBIČNE JELE

Nakon što su u kloroplastima otkrili prisustvo DNK, pristupilo se i njenom istraživanju (Lewin 2000). Istraživanje kloroplastne DNK (cpDNK) na običnoj jeli u Bosni i Hercegovini je proveo Ballian (2003) u cilju molekularne karakterizacije obične jele u Bosni i Hercegovini. Cilj istraživanja bio je utvrđivanje genetske varijabilnosti nekih populacija obične jele u Bosni i Hercegovini. Ovo je bacilo više svjetla na podrijetlo istraživanih populacija i riješilo sve zablude koje se pojavljuju u taksonomiji obične jele iz malih izoliranih populacija, u zapadnoj Bosni i u malim izoliranim populacijama obične jele u Hercegovini.

Ovim istraživanjem učinjen je pokušaj određivanja povezanosti naših populacija i populacija iz srednje i južne Europe. Krajnja je svrha istraživanja utvrditi postoji li značajna varijabilnost između populacija, što bi bilo važno za gospodarenje u šumama obične jele i u uzgojnim radovima.

Ovo je istraživanje značajno za dalje radove na oplemenjivanju obične jele, odnosno u procesu obnove jelovih šuma (pošumljavanje i sjetva sjemena), te za osnivanje banaka i arhiva gena metodama *in situ* i *ex situ*.

Izbor i opis terenskih objekata

Tijekom studenoga 2000. godine selekcionirana su stabla obične jele na području Bosne i Hercegovine, u populacijama Vranice, Čabulje, Orjena, Mekih brda i Crnog vrha (Tablica 64), te za kontrolu na području Hrvatske, u Gorskom kotaru (Šumarija "Vrbovsko", "Skrad", "Fužine", "Gerovo") i na Biokovu. Pri odabiru populacija vodilo se računa da se odaberu podjednako velike i sa znanstvenog stajališta zanimljive male populacije. Vodilo se računa i o tome da populacije budu iz kontrastnih ekoloških uvjeta i da, po mogućnosti, pripadaju različitim fitocenozama i geološkim podlogama. Od populacija Gorskog kotara, za jednu populaciju izabrana su adultna stabla koja su u fazi sušenja, za drugu populaciju uzeta su mlada stabla i pomladak,

odnosno juvenilni stadij koji pokazuje vitalnost, a biljke koje su uzete u uzorak rastu u neposrednoj blizini adultnih stabala prve populacije.

Izbor stabala

Za analizu cpDNK uzimao se jednaki broj biljaka u uzorak populacije, tako da populaciju predstavlja 24 stabla. Inače se pri prikupljanju uzoraka za tu analizu vodilo računa da uzorci budu sabrani sa stabala međusobno udaljenih najmanje 100 m. Zbog loših vremenskih prilika u vrijeme sabiranja uzoraka, manji je broj sabranih jedinki u populaciji Biokova i Gorskog kotara A i J.

Način skupljanja uzoraka

S obzirom na to da je DNK analiza oslobođene efekta dominacije i fenotipskih interakcija (Borojević 1985), pri sabiranju uzoraka pazilo se da se uzmu samo živi dijelovi biljke.

Za analizu cpDNK iskorištene su jednogodišnje iglice. Sa stabala s kojih je grančicu bilo teško skinuti sa tla moralo se provesti otpucavanje iz gornjeg dijela, jer je to bilo najbrže i najjednostavnije. Sama analiza je obavljena u molekularnoj laboratoriji CNR-a u Firenci.

Broj	Populacija	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Broj uspješnih analiza
				cpDNK
1.	Meka brda (Kalinovik)	18°35'	43°29'	24
2.	Vranica (Fojnica)	17°54'	43°56'	24
3.	Gorski kotar A adultna (Delnice)	14°50'	45°25'	21
4.	Gorski kotar J juvenilna (Delnice)	14°50'	45°25'	22
5.	Biokovo (Makarska)	17°08'	43°08'	18
6.	Crni vrh (Tešanj)	18°00'	44°34'	24
7.	Orjen (Trebinje)	18°33'	42°38'	24
8.	Čabalja (Posušje)	17°35'	43°32'	24
Ukupno				181

Metoda izolacije ukupne DNK

DNK je izolirana iz djelića jednogodišnje svježe iglice, težine 50 mg. Uporabljen je laboratorijski komplet za izolaciju ukupne DNK i procedura propisana uz njega (DNeasy Plant Mini Kit, DNeasy 96 Plant Protocol for Isolation of DNK from Plant Leaf Tissue od QIAGEN GmbH, Hilden, Germany). Protokol je sličan onome koji predlaže Rogers (1997).

Za analizu je odvagano 50 mg svježe jednogodišnje iglice i stavljeno u pripremljene plastične epruvete u kojima se provodi maceracija.

Zatim je u epruvete stavljena kuglica volframova karbida, a komplet epruveta stavljen je u aparat za maceraciju (*Retsch MM300 Mixer Mill, QIAGEN*). Maceracija je provedena u dva dijela. Prvi dio maceracije u aparatu traje oko 2 minute. Epruvete se zatim skinu i u svaku se epruvetu doda po 400 µl pripremljene kombinacije pufera AP1, RNase A i reagensa DX. Tada se epruvete spuste u tekući dušik na -70°C. Drugi dio maceracije počinje ponovnim stavljanjem epruveta u aparat za maceraciju, gdje ostaju 1,5 min na 30 1/s, a zatim se epruvete okrenu i ponovno maceriraju 1,5 min na 30 1/s. Nakon završene maceracije uzorci se centrifugiraju 10 s na 1.500 x g. Zatim se uzorci stavljaju na inkubaciju (+65°C), koja u traje 15 - 20 min.

Poslije završene inkubacije uzorci u epruvetama se centrifugiraju, a zatim se doda 130 µl pufera AP2, epruvete zatvore i snažno tresu u trajanju od 15 sekundi. Nakon protresanja epruvete se centrifugiraju 10 s na 1.500 x g, i inkubiraju 10 min na -20°C. Poslije inkubacije epruvete se centrifugiraju 5 min na 5.600 x g. U sljedećoj fazi otpipetira se 400 µl vodene faze u nove, čiste epruvete i doda 600 µl pufera AP3/E, te se epruvete snažno tresu 15 sekundi, zatim centrifugiraju 10 s na 1.500 x g. Dobiveni sadržaj procijedi se kroz ploču DNeasy 96 u nove epruvete, pazeći da ne dođe do kontaminacije, te centrifugira 5 min na 5.600 x g. Zatim se u svaku epruvetu doda 800 µl pufera AW. Postavi se nova ploča DNeasy 96 i centrifugira 15 min na 5.600 x g. Pošto se sadržaj procijedi doda se 100 µl pufera AE inkubira jednu minutu na sobnoj temperaturi, a zatim centrifugira 2 min na 5.600 x g. Ponovno se postavi ploča DNeasy 96 i centrifugira 15 min na 5.600 x g. Pošto se sadržaj procijedi doda se novih 100 µl pufera AE, i time završava postupak izolacije DNK. Dobivena se otopina do uporabe čuva u hladilniku na -20 °C.

Uspješnost izolacije DNK kontrolirala se aparatom za mjerenje koncentracije DNK "Hoefer" - DyNA Quant 200 fluometer. Za rad fluometra pripravljena je otopina dana u tablici 65.

Tvar	Količina
H ₂ O	45 ml
TNE	5 ml
HSS	5 μl
aparatus: Hoefer - DyNa Quant 200 Fluometer	

Lančana reakcija polimerazom (PCR)

Iskorištene su početnice sa 21 do 22 baze, date u tablici 66.

Redni broj	Šifra biljega Lokus	Broj baza	Sekvenca (3'-5')	Temperatura topljenja (T _m)	Temperatura nalijeganja (T _A)*
1.	P 30141 F	22	TTTTATGTCAGCAACAGAAGCC	50	62
	P 30141 R	22	GGGAACATAGAGATCAAATTAC	50	60
2.	P 30249 F	22	GTAATTTGATCTCTATGTTCCC	50	60
	P 30249 R	22	AATCAACTGGTTCCGATTGATC	50	62
3.	P 71936 F	22	CCCgatCACATAAAGGTTACTT	58,1	62
	P 71936 R	21	CCCTTAGAGTACATGCCAAAA	57,9	60

Proračun temperature nalijeganja je bio na temelju sljedećih jednačbi

$$T_A^* = 4(\#G i C) + 2(\#A i T);$$

(#G i C) - broj baza G i C u primeru
(#A i T) - broj baza A i T u primeru

Za lančanu reakciju polimerazom pripremljen je reakcijski volumen od 25 μl za par početnica, a sve potrebno za jednu analizu prikazano je u tablici 67. Kompletna priprava za lančanu reakciju polimerazom urađena je na robotnoj radnoj stanici *Biomek 2000* (Beckman Instruments).

Tablica 67. Sastav otopine za odvijanje lančane reakcije polimerazom (amplifikacija)

Master-Mix za jednu analizu	
Tvar	Količina
H ₂ O (sterilna)	11,6 µl (9,1)
10 x Puffer	2,5 µl
dNTP's	0,4 µl
MgCl ₂	2,0 µl
Početnica 1	2,0 µl
Početnica 2	2,0 µl
Taq (disolucija)	2,0 µl
Otopina DNK	2,5 µl (5)
Ukupno	25 µl

Tablica 68. Trajanje koraka amplifikacije za ispitivanje sekvenca

Vrsta temperature	Temperatura	Vrijeme	Broj krugova
Početna temperatura	94 °C	5 min	
Temperature denaturacije	94 °C	1 min	25
Temperature hibridizacije	55 °C	1 min	25
Temperature elongacija	72 °C	1 min	25
Završna temperature	72 °C	8 min	
Temperature čekanja	4 °C	-	

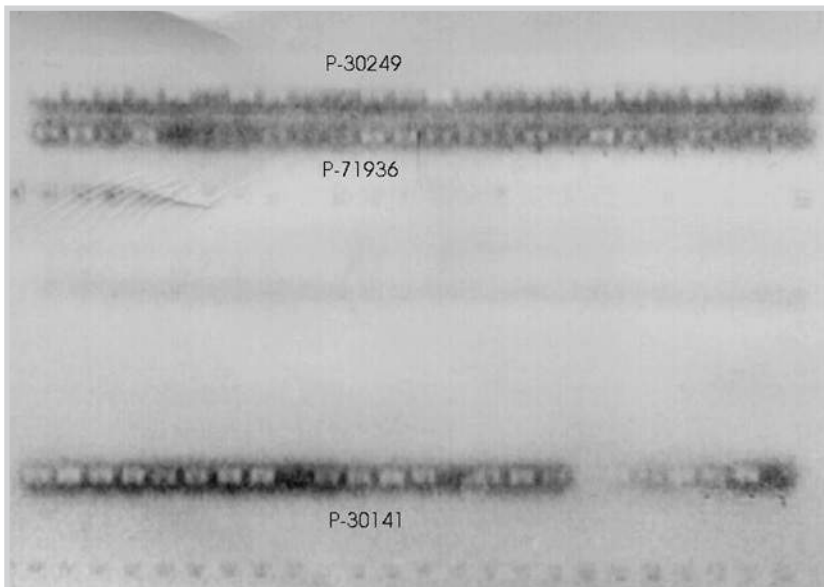
Unatoč različitim temperaturama hibridizacije (T_A) u pokusu je za sve početnice uspješno je primijenjena temperatura $T_A=55^{\circ}\text{C}$.

Lančana reakcija polimerazom urađena je na termokrugu GENE Amp^R-PCR System 9700, uz korištenje sljedećih temperatura: početna od 94 °C u trajanju 5 min; slijedi 25 krugova (94 °C za 1 min, 55 °C za 1 min, 72 °C za 1 min), i završne temperature od 72 °C u trajanju 8 min. Poslije lančane reakcije polimerazom u termokrugu je temperatura čekanja 4 °C (Tablica 68).

Tablica 69. Agarni gel za provjeru uspješnosti lančane reakcije polimerazom (amplifikacije)

Tvar	Količina
Ultra čisti agar (Gibco BRL)	1,4 g
TBE x 0,5	120 ml
Ethidium bromide	7 µl
Elektroforeza se provodi pri naponu od 130 V, na aparatu Bio Tech	

Nakon završene lančane reakcije polimerazom, kontrola uspješnosti provedena je elektroforezom na agarnom gelu (*Ultra pure grade agarose-Gibco BRL*), pripremljenome prema receptu iz tablice 69. U gel se unesu uzorci dobiveni lančanom reakcijom polimeraze. Za elektroforezu potrebno je oko 20 min. Napon istosmjerne struje za elektroforezu iznosio je 130 V. Bojenje gela provedeno je etidijum bromidom koji je u gel dodan u količini 7 $\mu\text{g/ml}$. Poslije završene elektroforeze gel je postavljen na ultravioletni laminator i fotografiran (Slika 68).



Slika 68. Provjera uspješnosti amplifikacije elektroforezom na agarnom gelu

Elektroforeza na poliakrilamidnom gelu

Poslije uspješno završene lančane reakcije polimerazom priprema se smjesa za digestiju prema recepturi iz tablice 70, a obično se radi za 36 uzoraka po jednom krugu rada sekvencera. Zatim se provodi digestija, tako da se pripravak 3 do 5 min grije u termokrugu GENE Amp^R-PCR System 9700 na 95°C. Tada se uzorci brzo izvade i stave u led do postavljanja uzoraka na poliakrilamidni gel da ne bi došlo do njihove ponovne hibridizacije.

Tablica 70. Priprava smjese za digestiju na sekvenceru			
Tvar	Količina	Količina	Vanjski mjerač
Mjerač 50	1 μ l	-	1 μ l
Mjerač 100	-	1 μ l	1 μ l
Mjerač 150	-	-	1 μ l
Mjerač 196	1 μ l	1 μ l	1 μ l
Product amplifikacije P 30141	1 μ l	-	-
Product amplifikacije P 30249	1 μ l	--	-
Product amplifikacije P 71936	-	2 μ l	-
Loading dye	6 μ l	6 μ l	6 μ l
Ukupno	10μl	10μl	10μl

Poliakrilamidni gel pripremljen je na temelju gotovih preparata (Tablica 71) koji se neposredno prije postavljanja gela izmiješaju i utisnu u odgovarajuću šablonu za gel, koja se rabi na sekvenceru Pharmacia LKB-A.L.F. "Alf express DNA Sequencer".

Tablica 71. Komponente za poliakrilamidni gel (korišten je komplet Repro gel amersham pharmacia biotech)	
Solucija A	Acrylamid/bisacrylamide
Solucija B	TBE, denaturisani agens i Uvstarter
Završna koncentracija	8% acrylamid/bisacrylamide i 1x TBE
1x TBE: 0,1 M Tris, 83mM Boric acid, 1mM EDTA	

Za elektroforetski rad sekvencera pripremljena je i otopina pufera prema recepturi iz tablice 72.

Tablica 72. Priprema pufera za rad sekvencera	
Tvar	Količina
H ₂ O	1,9 l
TBE 10	0,1 l

Rad sekvencera trajao je oko 65 do 70 minuta.

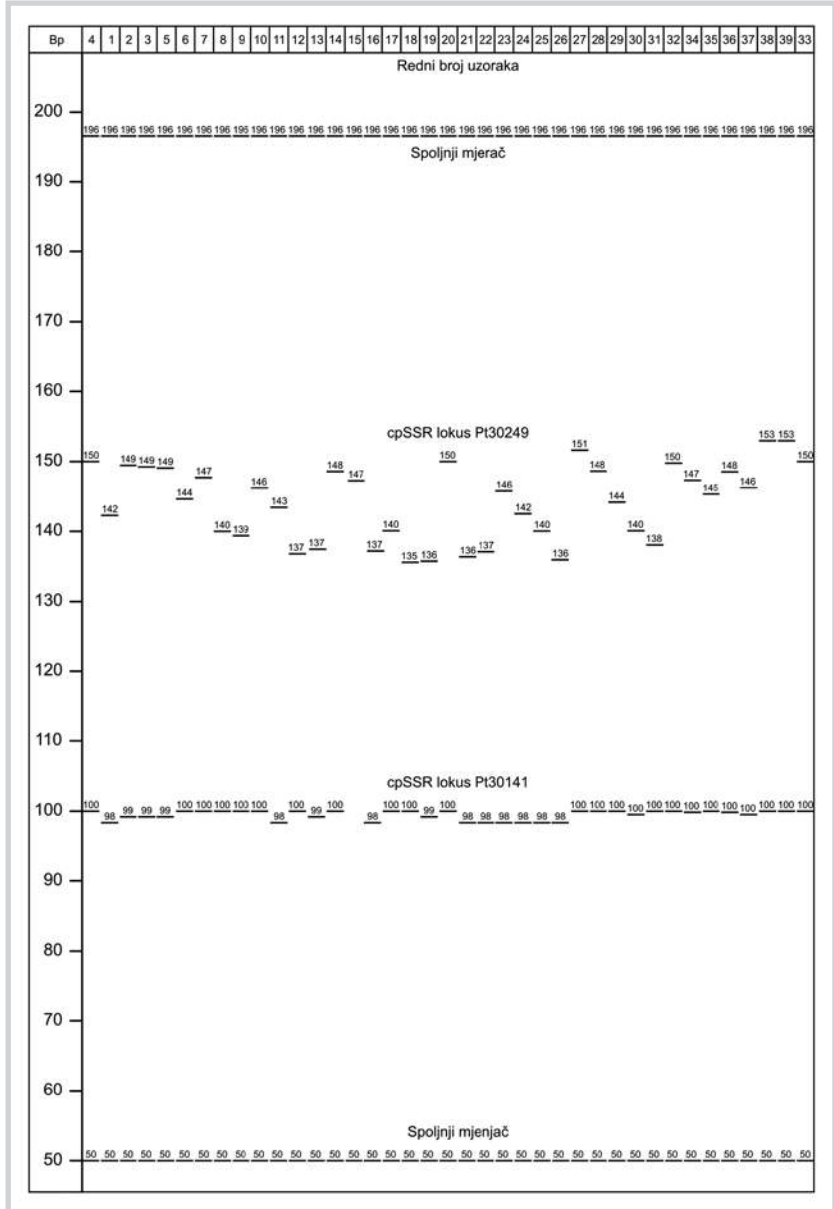
Očitavanje gelova i statistička obrada podataka

Sekvencer je povezan s mikroprocesorom u kojemu je instaliran program *Fragment Manager version 1.1* (Pharmacia) podešen za mjerenje amplificiranih fragmenata. Prilikom rada sekvencera selekcioniraju se polimorfni amplificirani fragmenti u obliku vrhova. Vrijednosti se očitavaju automatski, uz prethodno poravnanje uz pomoć vanjskih mjerača. Kao krajnji produkt dobije se florogram s veličinama određenih fragmenata (Slika 69).

Pošto se završi sekvencioniranje svih uzoraka radi se *cross-check*, na osnovi koje se provede korekcija dobivenih vrijednosti. Te nove, korigirane vrijednosti unose se u računalni program *Excel*, a zatim se podatci konvertiraju u statistički program *Arlequin ver 1.1* i statistički obrade.

Izračunati su sljedeći parametri:

- broj haplotipova (H);
- postotak specifičnih haplotipova (Ph);
- efektivni broj haplotipova (Ne);
- haplotipska raznolikost (H_{exp});
- unutarpopulacijska haplotipska raznolikost (S_w);
- haperding test (HRI);
- srednja haplotipska diferencijacija parova (X_{ij});
- genetska odstojanja metodom parova;
- genetska odstojanja linearnom metodom parova;
- potpuna haplotipska odstojanja metodom parova;
- potpuna haplotipska odstojanja linearnom metodom parova;
- komponentna analiza za ukupnu raznolikost;
- PCA analiza na temelju parova.



Slika 69. Florogrami sa veličinom vrpce u bp

Genetska varijabilnost haplotipova

Broj nađenih haplotipova

Uz pomoć triju kloroplastnih mikrosatelita (cpSSR), Pt 30141, Pt 30249 i Pt 71936, analiziran je polimorfizam u osam populacija iz Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Nakon uspješno urađenog sekvencioniranja amplificiranih uzoraka iz osam populacija i statističke obrade podataka, kao rezultat mikrosatelitske analize dobiveno je 116 različitih haplotipova. U tablica 73 dano je samo prvih 20 haplotipova. Ukupan broj haplotipova i njihov zemljopisni raspored prikazan je na karti od broja 18 do 23, gdje svaka boja označava drugi haplotip.

Tablica 73. Prvih 20 haplotipova s markernim veličinama (bp) nađenih u istraživanim populacijama obične jele

Haplotip	cpSSR lokus			Broj haplotipova
	Pt 30141	Pt 30249	Pt 71936	
H01	100	147	150	7
H02	100	140	150	5
H03	100	147	152	5
H04	100	144	151	4
H05	99	142	151	4
H06	100	153	150	4
H07	99	147	157	4
H08	100	146	152	3
H09	100	143	150	3
H10	100	147	149	3
H11	100	138	155	3
H12	100	148	155	3
H13	100	145	152	3
H14	100	147	155	3
H15	100	142	150	2
H16	100	138	152	2
H17	100	151	151	2
H18	100	147	153	2
H19	100	136	152	2
H20	99	141	153	2

Za lokus Pt 30.141 ustanovljene su četiri varijante, za lokus Pt 30.249 osamnaest, a za lokus Pt 71.936 četrnaest varijanti. U svom radu Vendramin i sur. (1999) za istraživane populacije, među kojima su bile i tri iz Hrvatske, ustanovili su osam varijanti, a u ovom ih radu ima četrnaest (Tablica 75). Iz toga je vidljivo da u istraživanim populacijama postoji velika polimorfnost, što su ustanovili i Ziegenhagen i sur. (1995), odnosno velika genetska raznolikost, čak i u malim, izoliranim populacijama koje su se istraživale u ovom radu.

Broj haplotipova (H)

Broj haplotipova varirao je od populacije do populacije. Najveći broj haplotipova registriran je u populaciji Vranice i Gorski kotar J, po 21 haplotip (Tablica 74), što je bilo očekivano s obzirom na to da su to dvije velike populacije s velikim protokom gena. Najmanje je haplotipova registrirano u populaciji Biokova, samo 16 različitih haplotipova. S obzirom na to da je to mala, izolirana populacija, to se i očekivalo.

Tablica 74. Populacije analizirane u istraživanju i dobiveni rezultati						
Populacija	Broj analiziranih stabala (N)	Broj haplotipova (H)	Specifični haplotipovi (Ph)	Efektivni broj haplotipova (Ne)	Haplotipska raznolikost (Hexp)	Unutar-populacijska varijabilnost (Sw)
Meka brda	24	18	8	13,71	0,96	3,58
Vranica	24	21	13	19,20	0,98	7,25
Gorski kotar A	21	17	4	12,60	0,96	4,82
Biokovo	18	16	2	14,72	0,98	6,38
Gorski kotar J	22	21	12	20,16	0,99	9,40
Crni vrh	24	17	9	12,52	0,96	7,43
Orjen	24	20	10	16,94	0,98	8,36
Čabulja	24	17	5	13,09	0,96	8,39
Sr. vrijednost	22,81	18,44	8,08	15,38	0,97	6,98
Varijanca	1,92	1,84	3,55	2,85	0,0127	1,84

Srednji je broj haplotipova za populacije 18,44, uz standardnu devijaciju od 1,8480. Rezultate koje su dobili Vendramin i sur. (1999) za tri populacije iz Hrvatske (Delnice, Našice i Požega) pokazuju da se broj haplotipova kreće od 5 do 34, s tim što je broj analiziranih uzoraka u populacijama različit. Za nas je zanimljiva populacija Delnica koja

je bila zastupljena sa 95 uzoraka i dala je 34 haplotipa. Naš uzorak iz populacije Gorskog kotara A ima 17 haplotipova, a iz populacije Gorskog kotara J 21 haplotip, što je ipak usporedivo s obzirom na broj analiziranih uzoraka. Parducci i Szmidt (1999) dobili su samo 5 haplotipova uz korištenje deset početnica.

Postotak specifičnih haplotipova u populaciji (Ph)

Postotak specifičnih haplotipova odnosi se na one haplotipove koji se javu u jednoj populaciji više puta, odnosno ponove se više puta u istoj populaciji. Tako se u ovom istraživanju javlja haplotip Ho₄ (100/144/151) tri puta ponavlja u populaciji Crni vrh.

U ovom istraživanju postotak specifičnih haplotipova iznosio je od 12,50% u populaciji Biokova, do 61,90% u populaciji Vranice. Srednji postotak specifičnih haplotipova iznosio je 43,81%, sa standardnom devijacijom 3,55 (Tablica 74). Za populaciju Delnica u radu Vendramina i sur. (1999) postotak specifičnih haplotipova iznosio je oko 42%, a u ovom istraživanju populacije Gorskog kotara A i Gorskog kotara J imaju veličine 23,50% i 57,14%.

U istraživanju Ehta i sur. (1998) za *Pinus resinosa* postotak specifičnih haplotipova iznosio je 60,8%, a u radu Vendramina i sur. (1998) na *Pinus piraster* 73,5%. Bucci i sur. (1998) u istraživanju na *Pinus halepensis* dobili su 88,8% specifičnih haplotipova.

Tablica 75. Dosad objavljeni radovi i rezultati analize cpSSR lokusa u populacijama različitih vrsta porodice Pinaceae

Vrsta	Autor	Broj analiziranih populacija	Broj analiziranih cpSSR lokusa	Broj varijanti	Broj haplotipova
<i>Pinus halepensis</i>	Morgante i sur. (1997)	10	12	28	37
<i>Pinus leucodermis</i>	Vendramin i sur. (1999)	7	10	29	48
<i>Pinus brutia</i>	Bucci i sur. (1998)	8	9	28	40
<i>Pinus sylvestris</i>	Provan i sur. (1998)	7	17	-	174
<i>Pinus pinaster</i>	Vendramin i sur. (1998)	10	9	24	34
<i>Pinus resinosa</i>	Echt i sur. (1998)	7	9	25	23
<i>Picea abies</i>	Vendramin i sur. (2000)	97	3	21	47
<i>Abies alba</i>	Vendramin i sur. (1999)	17	2	26	90
<i>Abies alba</i>	U ovom istraživanju	8	3	36	116

Iz toga je vidljivo da obična jela u istraživanjima s ovom grupom cpSSR markera nema veliki udio specifičnih haplotipova. Inače, veliki udio specifičnih haplotipova je iskorišten kod hrastova (Slade 2001, Slade i sur. 2008, Petit i sur 2002a i b) i za određivanje migracija hrasta i drugih listača poslije ledenog doba.

Efektivni broj haplotipova

Najmanji efektivni broj haplotipova pokazuje populacija Crnog vrha, sa 12,52, i populacija Gorskog kotara A s veličinom 12,60, a koji se javljaju u samo tim populacijama. Budući da je posrijedi jedna velika i jedna mala populacija, mali efektivni broj haplotipova mogao bi se objasniti na sljedeći način: Crni vrh je mala i izolirana populacija, a populacija Gorskog kotara A velika je, ali ograničena samo na stara stabla u procesu sušenja i dugo je godina bila pod velikim selekcijskim pritiskom, pa bi se i ona mogla uvjetno uzeti kao malena. Inače, populacija Gorskog kotara A već niz godina izložena je i neprestanoj selekciji koju uzrokuje čovjek određenim načinima gospodarenja, pa joj je i na taj način poremećena struktura, s obzirom na to da populacija Gorski kotar J pokazuje najveću vrijednost od 20,16 za ovo svojstvo, ali je ona predstavljena velikom populacijom mladih i vitalnih biljaka. Slijedi je populacija Vranice sa 19,20, što se i očekivalo jer je to vrlo vitalna i velika populacija. Srednji efektivni broj haplotipova za to svojstvo iznosi 15,38, sa standardnom devijacijom od 2,85 (Tablica 74).



Slika 70. Obilan podmladak jela u populaciji Mekiš kod Tešnja

Haplotipska raznolikost

U svim istraživanim populacijama dobivene su visoke vrijednosti haplotipske raznolikosti. Vrijednosti iznose od 0,96 u populacije Crnog

vrha do 0,99 u populacije Gorskog kotara J. Srednja vrijednost za haplotipsku raznolikost istraživanih populacija iznosi 0,97, (Tablica 74).

Uspoređujući te rezultate sa rezultatom Vendramina i sur. (1999) primjećuje se da populacija iz Delnica ima visoku haplotipsku raznolikost, s vrijednosti 0,96. Populacija Požege ima vrijednost 0,95, a populacija Našica ima relativno nižu vrijednost, 0,76.

Dobiveni rezultati u oba istraživanja upućuju na veliku raznolikost i bogatstvo haplotipova u istraživanim populacijama. Prema istraživanju Vendramina i sur. (1999), populacija Pireneja (Španjolska) ima vrijednost samo 0,47, a populacija planine Palatian u Njemačkoj ima vrijednost 0,66.

Unutarpopulacijska varijabilnost s alelnim vrijednostima (Sw)

Svojsvo unutarpopulacijske varijabilnosti s alelnim vrijednostima u ovom istraživanju najviše pokazuje populacija Gorskog kotara J sa 9,40, a najmanju pokazuje populacija Mekih brda sa 3,58. Srednja je vrijednost za sve populacije 6,98, sa standardnom devijacijom 1,84. Iz toga je vidljivo da populacije Gorskog kotara J, Orjena, Čabulje, Vranice i Crnog vrha pokazuju visoku razinu unutarpopulacijske varijabilnosti (Tablica 74), a populacije Mekih brda, Gorskog kotara A i Biokova pokazuju manje vrijednosti unutarpopulacijske varijabilnosti.

Za populaciju Biokova, taj se rezultat očekivao s obzirom na njezinu veličinu i vjerojatno veću prisustnost inbridinga. Za populaciju Mekih brda ne bi smo mogli donijeti valjan zaključak, osim da je, možda na rezultat utjecao izbor uzoraka za analizu. U populacije Gorskog kotara A na rezultat vjerojatno utječe neprestana selekcija odnosno sve manji broj adultnih stabala koja čine tu populaciju.

Srednja vrijednost unutarpopulacijske varijabilnosti iznosi 6,98, sa standardnom vrijednošću 1,84, a za smreku su (Vendramin i sur. 2000) dobili dosta niže vrijednosti unutarpopulacijske varijabilnosti, tako da je srednja vrijednost iznosila 0,635, sa standardnom devijacijom 0,093, a razlog je to što nisu primjenili multimodalni pristup kod analize. U istraživanjima provedenima na *Pinus halepensis* (Bucci i sur. 1998) također su dobivene niže vrijednosti nego u ovom istraživanju, s vrijednošću 0,484.

Najveće je odstupanje registrirano između populacija Mekih brda i Gorskog kotara A, a potom Mekih brda i Crnog vrha, te između populacija Crnog vrha i Gorskog kotara A (Tablica 76). Razlog je to što je populacija Mekih brda najudaljenija od populacije Gorskog kotara A, a uz to je populacija Gorskog kotara A bila pod velikim selekcijskim utjecajem, od strane čovjeka, zbog načina gospodarenja, a u posljednje vrijeme zbog propadanja kao posljedice utjecaja zagađivača.

Razlike između populacije Crnog vrha i Gorskog kotara A, odnosno Crnog vrha i Mekih brda vjerojatno su posljedica veličine i izoliranosti pripanonske populacije Crnog vrha, a koja je izrazito mala i vjerojatno opterećena genetskim driftom, za razliku od druge dvije koje pripadaju velikoj populaciji i u kojima je neometani protok gena između susjednih populacija.

Najmanja su odstupanja između populacija Vranice i Gorskog kotara J. S obzirom na to da obje pripadaju u velikim populacijama sa slobodnim protokom gena, moglo se i očekivati da će odstupanja biti relativno mala.

Međupopulacijska odstupanja ustanovljena linearnom metodom parova

Najveće je odstupanje između populacija Crnog vrha i Mekih brda, a slijedi Gorski kotar A i Meka brda, zatim Gorski kotar A i Crni vrh. Najmanja su odstupanja između populacija Gorskog kotara J i Vranice (Tablica 77).

Tablica 77. Linearna odstupanja između parova populacija na temelju frekvencija haplotipova (F_{st})

Populacija	Meka brda	Vranica	Gorski kotar A	Biokovo	Gorski kotar J	Crni vrh	Orjen
Vranica	0,0279						
Gorski kotar A	0,0396	0,0310					
Biokovo	0,0342	0,0286	0,0316				
Gorski kotar J	0,0316	0,0251	0,0322	0,0277			
Crni vrh	0,0397	0,0341	0,0385	0,0360	0,0325		
Orjen	0,0341	0,0286	0,0329	0,0305	0,0270	0,0334	
Čabulja	0,0379	0,0288	0,0365	0,0304	0,0325	0,0372	0,0289

Prema toj metodi, najveće je odstupanje između populacije Mekih brda i Gorskog kotara A, sa 0,6594 ili 65,94%, a slijede populacije Mekih brda i Gorskog kotara J, sa 0,5134 ili 51,34%. To nam pokazuje da se razlike između analiziranih populacija mogu pripisati razlikama u haplotipovima u 65,94% i 51,34% slučajeva, a ostalo drugim čimbenicima. Najmanju razliku pokazuju populacije Crnog vrha i Orjena, sa 0,0004 ili 0,04% (Tablica 79).

Za *Pinus halepensis* Bucci i sur. (1998), dobili su odstupanje između populacija od 0,212 i vrijednost haplotipske diferencijacije od 0,308. U istraživanju Ehta i sur. (1998) vrijednosti su za crveni bor (*Pinus resinosa*) iznosile od 0,003 do 0,076, što su relativno male vrijednosti.

Kod svih metoda određivanja haplotipskih odstupanja između populacija vidljivo je da su uvijek prisutne najveće vrijednosti odstupanja između populacije Mekih brda i populacija Gorskog kotara. To se i očekivalo s obzirom na najveću zemljopisnu udaljenost između tih populacija, ali i zbog utjecaja apeninskih populacija obične jele na područje Gorskog kotara (Konnert i Bergmann 1995).

Ukupna raznolikost (diferencijacija) među populacijama

Analizom molekularne varijance dobivamo genetičku raznolikost između populacija bilo pomoću haplotipske raznolikosti (G_{st}), bilo pomoću odstojanja između populacija (F_{st}), a za vrijednost haplotipskog odstupanja (R_{st}) moramo još uključiti raznolikosti između haplotipova.

Vrijednost genetičke raznolikosti između istraživanih populacija određena je kao raznolikost putem haplotipskih frekvencija plus raznolikost između haplotipova. Dobivena je veličina (R_{st}) od 0,2979 ili 29,79%. To je izrazito velika vrijednost s obzirom na to da vrijednost diferencijacije dobivena uz pomoć haplotipskih frekvencija (F_{st}) iznosi 0,0196 ili 1,96%.

Iz toga zaključujemo da je raznolikost u istraživanim populacijama uvjetovana razlikama među haplotipovima u 29,79% slučajeva, a ostalo se pripisuje drugim neobuhvaćenim čimbenicima.

Usporedimo li rezultate s vrijednostima dobivenima u istraživanjima provedenima na crvenom boru (Echt i sur. 1998) koje su iznosile 0,154 (15,4%) za haplotipsku raznolikost, te Vendramina i sur. (2000) koji su za smreku hijerarhijskom analizom dobili vrijednost od 9,97%, vidimo da je u našim istraživanim populacijama prisutna veća raznolikost.

Bucci i sur. (1998) u istraživanju na *Pinus halepensis* dobili su vrijednosti $F_{st}=0,308$ i $R_{st}=0,212$.

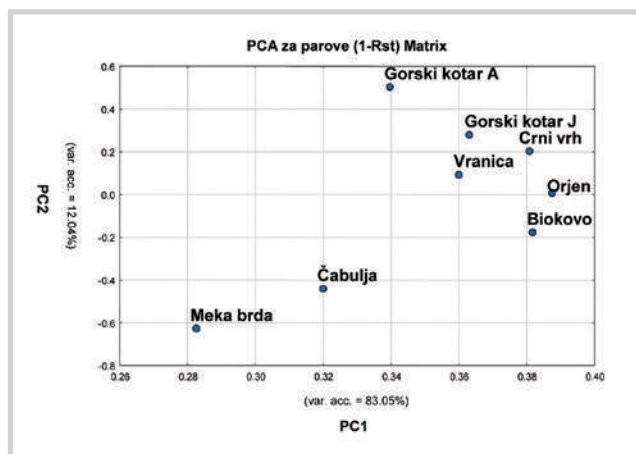
PCA na temelju parova (1-R_{st})

Veza između haplotipova na plohi PC₁ ima vrijednost 83,05%, a na plohi PC₂ vrijednost 12,04% od totalnog variranja. Grupiranjem populacija dobivenih na temelju PCA (*Principal Component Analysis*), (Slika 71) posebno se razlike uočavaju između populacija Mekih brda i Čabulje s jedne strane, te ostalih populacija, s druge strane, tako da u istraživanju imamo dvije skupine gene poola. To upućuje na prisutnu zemljopisnu diferencijaciju između tih populacija.

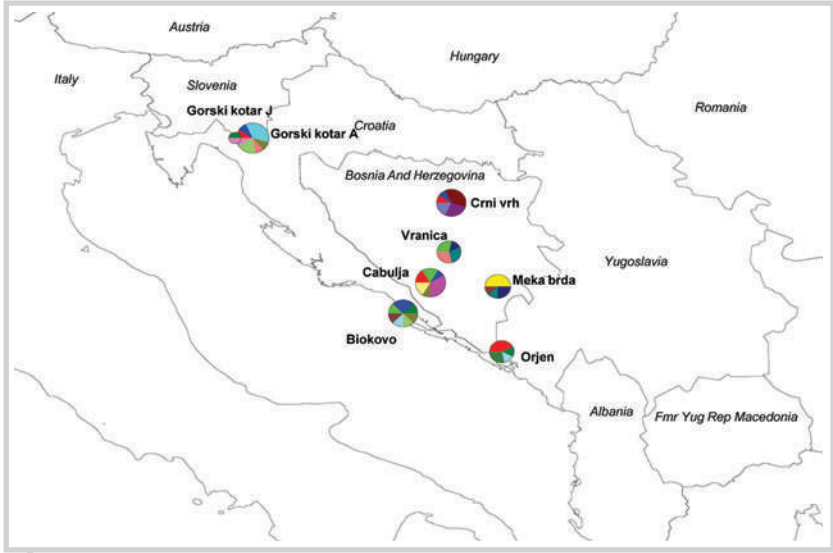
Diferencijacija je napose jaka prema populacijama Gorskog kotara A, Gorskog kotara J, i Crnog vrha (Slika 71). Ostale populacije pokazuju manju diferencijaciju. S obzirom na to da su populacije Mekih brda i Čabulje u vidu neke spona sa malim i izoliranim populacijama Orjena i Biokova, te s obzirom da se populacije Čabulja i Biokovo se dogledaju, razlike bi, eventualno, trebalo tražiti u veličini uzorka, jer bi se vjerojatno s povećanjem uzorka smanjile i te razlike. Inače, pri postavljanju ovog zadatka očekivalo se da bi se populacije Orjena i Biokova mogle ponašati kao i populacije Mekih brda i Čabulje.

Promatrajući sliku PCA možemo primijetiti i blagu klinalnu varijabilnost između populacija Orjena i Biokova sa jedne strane i Gorskog kotara A, Gorskog kotara J, Vranice i Crnog vrha s druge strane, što odgovara putu seobe poslije ledenog doba od juga prema sjeverozapadu. Također, kada se analiziraju i karte 18-23, može se doći do sličnog zaključka.

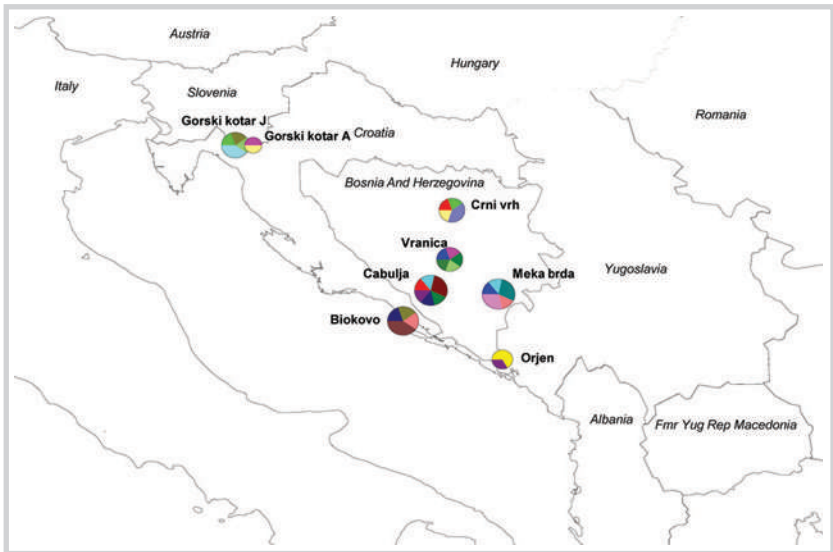
U istraživanju na smreki (Vendramin i sur. 2000) PCA je omogućila da se izdiferenciraju četiri važne skupine gene poola.



Slika 71. PCA

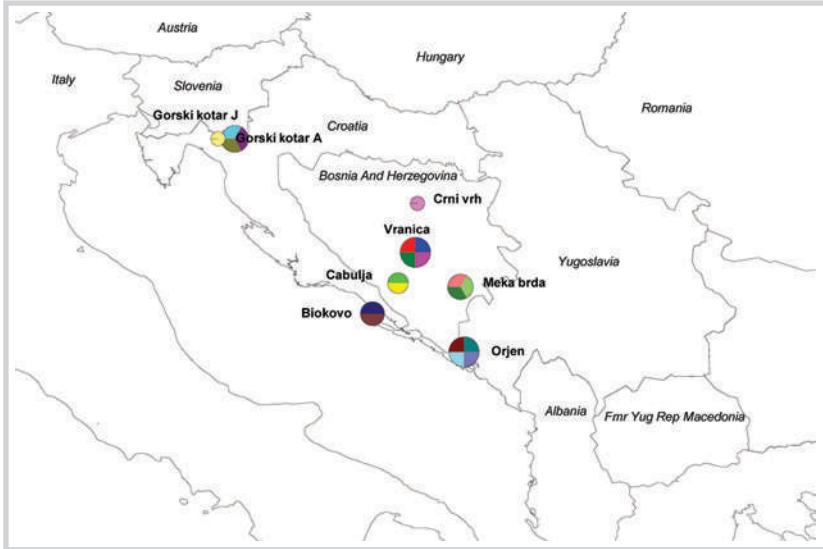


Karta 18. Raspored od 1 do 20 haplotipa u populacijama obične jele

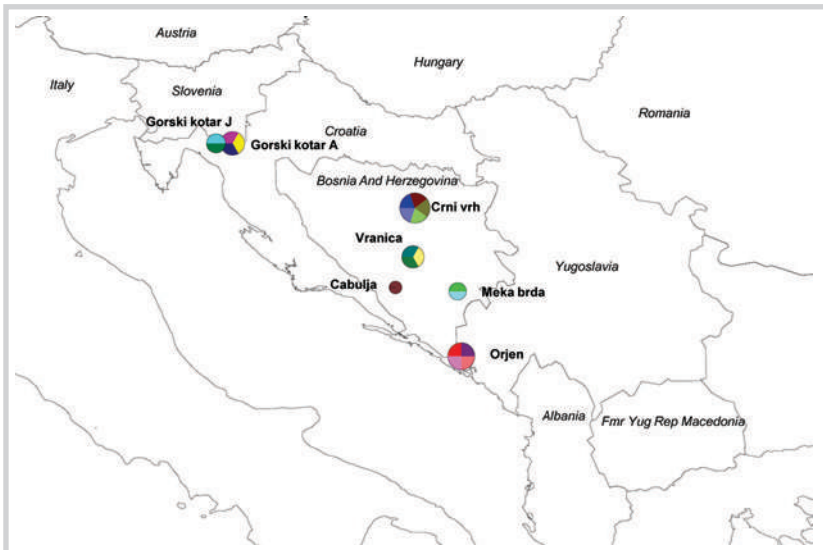


Karta 19. Raspored od 21 do 40 haplotipa u populacijama obične jele

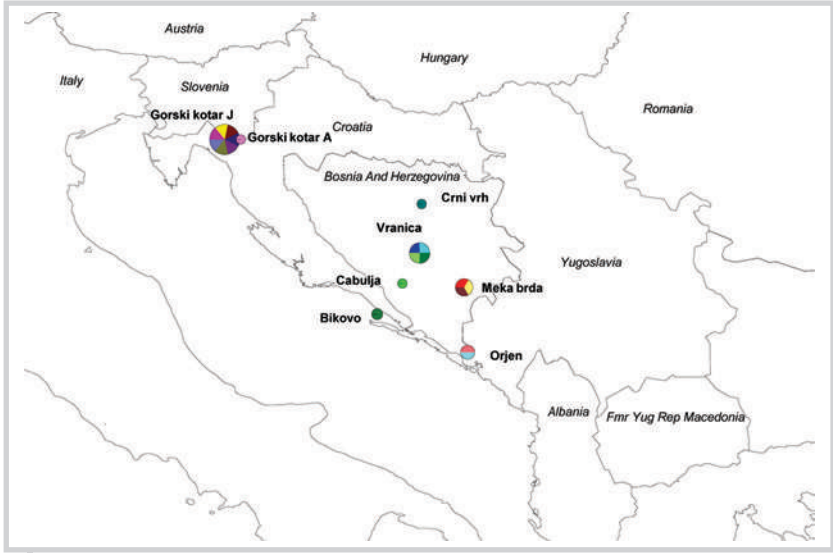
LEGENDA: Svaka boja označava jedan haplotip, s tim što veća obojena površina pokazuje i veću frekvenciju tog haplotipa u populaciji



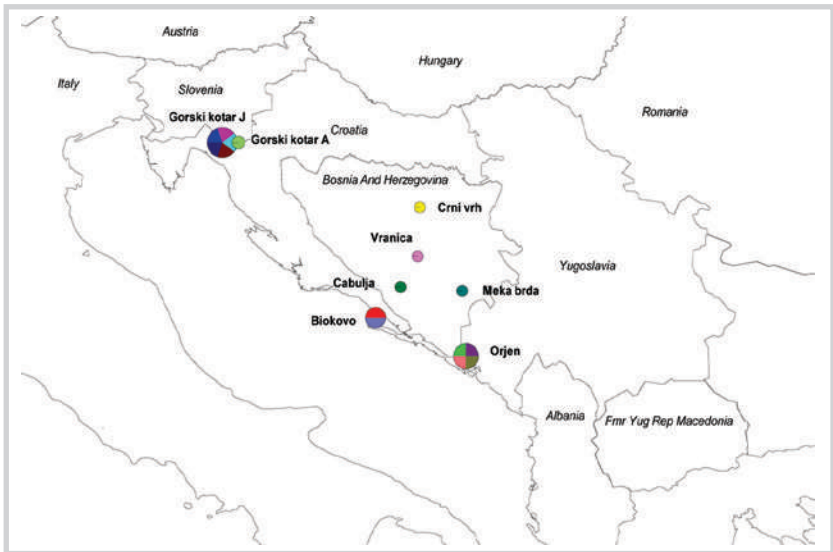
Karta 20. Raspored od 41 do 60 haplotipa u populacijama obične jele



Karta 21. Raspored od 61 do 80 haplotipa u populacijama obične jele



Karta 22. Raspored od 81 do 100 haplotipa u populacijama obične jele



Karta 23. Raspored od 101 do 116 haplotipa u populacijama obične jele

Analizom cpDNK istraživala se haplotipska varijabilnost obične jele, a dobivene su znatne razlike u broju haplotipova između populacija.

Pomoću analize kloroplastne DNK, točnije broja haplotipova (H), efektivnog broja haplotipova (Ne), haplotipske raznolikosti (H_{exp} i S_w), vidljivo je da su prisutne razlike između istraživanih populacija, a napose između malih izoliranih i velikih populacija.

Između adultne i juvenilne populacije Gorskog kotara (A i J) nisu utvrđene velike razlike, tako da se među tim populacijama praktično ne može govoriti o razlikama, jer su njihova genetska odstupanja vrlo mala. Ipak, dobiveni rezultati pokazuju da bi tu trebalo suptilnije prići istraživanjima na molekularnoj razini.

Radi održavanja genskog resursa trebalo bi uspostaviti što gušću mrežu banki gena *in situ* i *ex situ*, nužnih za održanje genetičke raznolikosti populacija. To znači da bi svaka ekološka niša važna za običnu jelu trebala imati svoju banku gena, s odgovarajućim brojem jedinki, kako bi se očuvala ekološko-fiziološka osobnost populacija.

U gospodarenju prirodnim resursima i njihovoj obnovi, prednost uvijek treba dati prirodnoj obnovi, uz stalno praćenje genetičke strukture, kako bi se mogle poduzeti mjere pravodobno za održanje genetičke raznolikosti koja karakterizira svaku populaciju.

Buduća istraživanja treba usmjeriti na ostale populacije obične jele u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini, te utvrditi optimalan broj jedinki u uzorku. Npre-stano treba pratiti gospodarske zahvate na obnovi obične jele te ih usmjeravati na održanje genetičke raznolikosti lokalnih populacija. Usto trebalo bi provesti čitav niz pokusa s različitim provenijencijama radi istraživanja ekološkofizioloških osobitosti obične jele.



Slika 72. Proljetno otvaranje pupova kod obične jele

ANALIZA OBIČNE JELE MITIHONDRIJSKOM DNK (mtDNK)

Istraživanje je provedeno u cilju utvrđivanje genetske varijabilnosti nekih populacija obične jele u Bosni i Hercegovini, uporabom mitotipova. Ovo će dati više podataka o podrijetlu istraživanih populacija i riješilo sve zablude koje se pojavljuju u taksonomiji obične jele iz malih izoliranih populacija, u zapadnoj Bosni i u malim izoliranim populacijama obične jele u Hercegovini, te odredi njihova mitotipska pripadnost.

Ovo je istraživanje značajno za dalje radove na oplemenjivanju obične jele, odnosno u procesu obnove jelovih šuma (pošumljivanje i sjetva sjemena), te za osnivanje banaka i arhiva gena metodama *in situ* i *ex situ*.

Za kvalitetnu ekstrakciju DNA korišten je svjež materijal. Iz tog razloga materijal za analizu mtDNK sabran je iz prirodnih populacija obične jele u BiH i kao kontrola iz dvije populacije iz Albanije. Kao kontrola sa hrvatskim populacijama je poslužio rad sa 18 populacija iz Hrvatske i dvije iz Slovenije (Ivanković 2005).

Uzorcima za provenijenciju Brloško uzeti su iz prirodnog pomlatka koji se javlja oko pokusa. Udaljenost između stabala u prirodnim sastojinama bila je najmanje 100 m, a od svake provenijencije skupljeno je po tri do šest jedinki. Naknadno su analizirana još dvije grupe uzorka sa Maceljškog gorja.

Analizirano je 57 stabla obične jele, 47 iz Bosne i Hercegovine i 10 iz Albanije. U tablici 80. dati su osnovni podaci o broju analiziranih uzoraka iz prirodnih populacija te dobivenih frekvencija alela.

Izolacija stanične DNK napravljena je iz iglica proljetnih izbojaka jele. Upotrijebljeno je 5-7 iglica po stablu, ovisno o njihovoj veličini. DNK molekule izolirane su prema Doyle i Doyle (1987). Za amplifikaciju je korištena početnica: 5'-GGACAATGACGATCCGAGATA-3', odnosno 5'-CATCCCTCCATTGCATTAT-3'. Njima je umnožen fragment DNA gena *nad 5-4* u uređaju PTC-100 (*Programmable Thermal Controller*) tvrtke MJ Research, Inc. Programiranje uređaja za PCR obavljeno prema Liepelt i sur. (2002).

Produkti dobiveni lančanom reakcijom polimeraze analizirani su bioanalizatorom (2100 *Bioanalyzer* tvrtke *Agilent Technologies*)

uz uporabu *DNA 1000 lab-chip kit*. Na osnovi veličine umnoženog fragmenta određen je haplotip jedinke u skladu s prethodnim istraživanjem Liepelt i sur. (2002), Gömöry i sur. (2004). Veći fragment označen je brojem 1, a manji brojem 2.

Analiza umnoženog fragmenta mitohondrijske DNK obavljena je uređajem 2.100 Bioanalyzer (*Agilent Technologies*). Originalni ispis rezultata preko računala koje je povezano sa uređajem spremljen je u PDF formatu.

Produkti dobiveni PCR-om u ovom istraživanju analizirani su bioanalizatorom, a ne okularno gledanjem i analiziranjem dugih i kratkih vrpca na agaroznom gelu. Bioanalizator je izračunao duljine vrpca.

Rezultati analize mtDNK i geografska distribucija haplotipova

Dobiveni broj parova baza za svaki uzorak svake populacije naveden je u tablici 8o.

Tablica 8o. Istraživane populacije i dobiveni fragmenti								
Broj	Populacija	Pb	Broj	Populacija	Pb	Broj	Populacija	Pb
1	Kamešnica	185	4	Čabulja	276	7	Orjen	183
1	Kamešnica	183	4	Čabulja	276	7	Orjen	183
1	Kamešnica	182	4	Čabulja	276	7	Orjen	184
1	Kamešnica	182	4	Čabulja	185	8	Bjelašnica	183
1	Kamešnica	183	4	Čabulja	280	8	Bjelašnica	183
1	Kamešnica	183	5	Vran	173	8	Bjelašnica	182
2	Bosansko Grahovo	272	5	Vran	173	8	Bjelašnica	183
2	Bosansko Grahovo	183	5	Vran	185	8	Bjelašnica	184
2	Bosansko Grahovo	183	5	Vran	183	8	Bjelašnica	180
2	Bosansko Grahovo	183	5	Vran	183	9	Luzni i Bardhe	183
2	Bosansko Grahovo	271	6	Velež	185	9	Luzni i Bardhe	184
2	Bosansko Grahovo	270	6	Velež	184	9	Luzni i Bardhe	184
3	Troglav	280	6	Velež	184	9	Luzni i Bardhe	184
3	Troglav	277	6	Velež	183	9	Luzni i Bardhe	184
3	Troglav	276	6	Velež	185	10	Dardhe	174
3	Troglav	276	6	Velež	183	10	Dardhe	174
3	Troglav	277	7	Orjen	182	10	Dardhe	174
3	Troglav	277	7	Orjen	182	10	Dardhe	174
3	Troglav	276	7	Orjen	185	10	Dardhe	174

Iz tablice 80 je vidljivo kako prosječan broj parova baza duljih fragmenata iznosi 275 pb i kraćeg fragmenta 185 pb. Duljina početnica *nad* 5-4 iznosi 21 pb s jednog kraja i 20 pb s drugog kraja. Dozvoljena greška uređaja prema deklaraciji uređaja za navedene duljine fragmenata iznosi $\pm 5,0\%$.

Iz navedenog je razvidno kako se dobivene duljine umnoženih fragmenta u potpunosti uklapaju u prethodna istraživanja Liepelta i sur. (2002). Na slici 70 dat je prikaz slijeda nukleotida 4 introna 5 podjedinice NAD dehidrogenaze (*nad* 5-4).

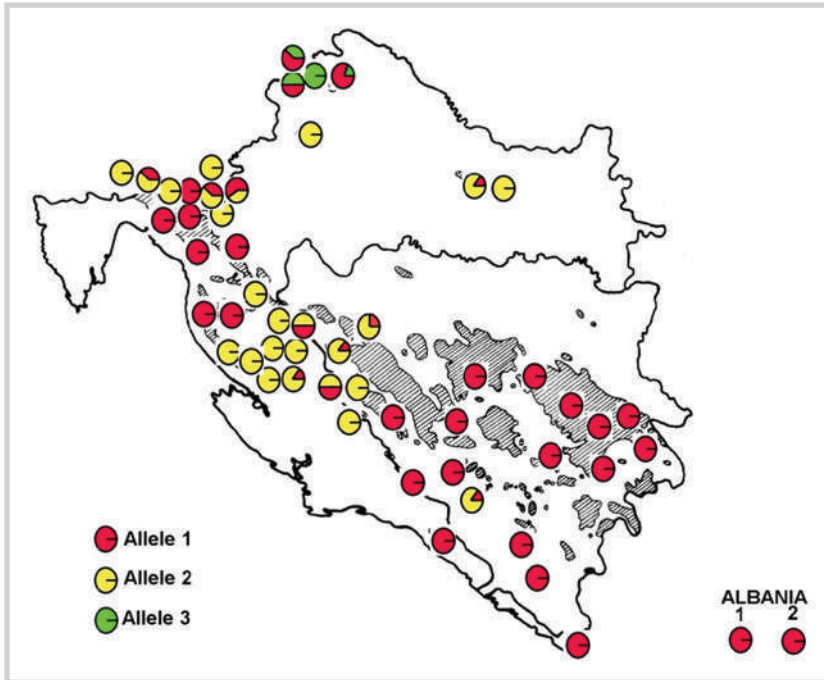
Razlika u duljini fragmenata haplotipa 2 i haplotipa 1 je 80 pb. Na prikazu slijeda nukleotida ubačena insercija je označena crvenom bojom. Obje insercije započinju sekvencom *tagatatat* (Slika 73).

hap1	301	cgcttttggg	cgcaggcagc	cctctac	cat	ccctcccatt	gcattat	atc	gtattgtgcc
hap2	301	cgcttttggg	cgcaggcagc	cctctac	cat	ccctcccatt	gcattat	atc	gtattgtgcc
	1				CAT	CCCTCCCAAT	GCATTAT	ATC	GTATTGTGCC
hap1	361	gtattagact	atatataata	tatatatata	tattattagga	tacat	ggata	tatcgatggc	
hap2	361	gtattagact	atatataata	tatatatata	tattattagga	tacat	agata	-----	
	20	GTATTAGACT	ATATATAATA	TATATATATA	TATTATTAGGA	TACAT	GGATA	TATCGATGGC	
hap1	421	catgtctatt	agatatatct	agatttatat	atattttatat	ataaattcca	tatctcaata		
hap2	421	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
	80	CATGTCTATT	AGATATACT	AGATTTATAT	ATATTTATAT	ATAAATTCCA	TATCTCAATA		
hap1	481	tgtatcaaga	tagatat---	-----	-----	-----	-----		
hap2	411	-----	tagatat---	-----	-----	-----	-----		
	140	TGTATCAAGA	TAGATATATG	TATATCTATC	TATCTATCTA	TCTATCTATC	TATATATATA		
hap1		-----	-----	-----	-----	-----	-----		
hap2		-----	-----	-----	-----	-----	-----		
	190	TATATCTATA	TCTATATATC	TTTATAGATA	TATATATAGA	TATATAGATA	TAGATATAGA		
hap1	498	---atgtatc	gtcatcatta	tcgatttcta	tattattgccc	attata	tatc	toggatcgtc	
hap2	418	---atgtatc	gtcatcatta	tcgatttcta	tattattgccc	attata	tatc	toggatcgtc	
	250	TATATGTATC	GTCATCATTA	TCGATTCTTA	TATTATTGCC	ATTATA	TATC	TGGATCGTC	
hap1	555	attgtccc	gcctaaactac	atgtacggtc	aatagtctag	ggagc	gtaaat	tgccagagca	
hap2	475	attgtccc	gcctaaactac	atgtacggtc	aatagtctag	ggagc	gtaaat	tgccagagca	
	310	ATTGTCC							

Slika 73: Prikaz slijeda nukleotida 4 introna 5 podjedinice NAD dehidrogenaze (*nad*5-4) obične jele. Sekvencirani fragment prikazan je velikim štampanim slovima. Početnice su označene svjetlosmeđom bojom i masno otisnute. Sekvence koje predstavljaju insercije u odnosu na haplotip 2 su označene crvenom, odnosno, plavom bojom.

hap 1 = haplotip 1; dulji fragment 275 pb

hap 2 = haplotip 2; kraci fragment 180 pb



Karta 24. Dobiveni mitotipovi u istraživanim populacijama, dopunjeno sa Gömöry i sur. (2004) i Ivanković (2005).

Na karti 24. prikazana je distribucija haplotipova bosanskohercegovačkih populacija istraživanih u ovom radu. Od osam obrađenih populacija obične jele iz Bosne i Hercegovine jedna populacija sadrži samo dulji fragment. Dulji fragment odnosno alel 1 karakterističan je za središnju i zapadnu Europu.

Samo kraći fragment (alel 2) karakterističan za Balkanski poluotok nalazimo u sedam populacija.

Dvije populacije su miješane. U njima, u različitim omjerima nalazimo oba alela (Karta 24).

Iz navedenog, kao i iz tablice 80. i karte 24, uočava se miješanje kako između tako i unutar populacija Bosne i Hercegovine, dok dvije populacije iz Albanije ponašaju se konzervativno. Nasuprot ovoj situaciji granično područje haplotipova na području Karpata (Ukrajina) vrlo je jasno Gömöry i sur. (2004). U našim predjelima prirodnog rasprostriranja obične jele takvog jasno definiranog razgraničenja nema.

Postepeno miješanje haplotipova prema Liepelti sur. (2002) započinje već u sjeveroistočnoj Italiji gdje se prvi put javlja alel 2 (Balkanski). Miješanje se povećava u Sloveniji te je najveće na području prirodnog rasprostiranja obične jele u Hrvatskoj, da bi završilo u zapadnoj Bosni. U zapadnoj i jugozapadnoj Bosni miješanje i granicu nalazimo na planini Čabulja, a zapadno na planini Šator, Grmeč i Oštrej gdje još nalazimo haplotipove apeninskog glacijalnog pribježišta. Dakle od sjeveroistočnog dijela Italije preko Slovenije i Hrvatske pa do zapadne Bosne uočavaju se dvije paralelne klime miješanja haplotipova (Gömöry i sur. 2004).

Iz svega navedenog nameće se vrlo važan zaključak o velikoj primjenjivosti molekularnih metoda u šumarskim istraživanjima, očuvanju genofonda, konzervaciji (*in-situ* i *ex-situ*) kao i u praktičnom šumarstvu - sjemenarstvu (kontrola sjemena) i rasadničarstvu (kontrola sadnog materijala).

Pomoću prikazanih genetskih parametara različitosti obično razlike između populacija ili unutar populacija su potpuno vidljive i jasne. Mogući su uzroci tih različitosti, prirodne selekcije, i procesi mutacija određenog segmenta mitohondrijske DNK, te i razvojni čimbenici ili procesi prilagođavanja na određene ekološke uvjete.

Područje dinarskih Alpa je inače vrlo specifično kad su posrijedi uvjeti okoliša, jer na vrlo malom prostoru postoji velika šarolikost klimatskih, edafskih, orografskih i drugih čimbenika koji izravno utječu na diferencijaciju različitih ekotipova, ali u ovom slučaju su pogodovali za egzistenciju dvaju mitotipova.

Utjecaj zagađenosti i otpornost biljaka na zagađivanje pomoću ovih genetskih biljega se može procijeniti uz odgovarajuću pouzdanost. Evidentno je na temelju dešavanja iz 2004. godine i masovnog sušenja obične jele u zapadnoj Bosni da se sušenje dogodilo samo u zonama gdje je registriran srednjoeuropski alel.

Kada ovog tipa istraživanja se mogu isključiti metodički efekti (broj jedinki u uzorku, samo ako je veći od 10 i slučajno izabran), razvojni i antropogeni čimbenici, a razlike upućuju na to da adaptacijski procesi u svakoj od istraživanih populacija mogu imati značajnu ulogu. Stoga se mogu iznijeti sljedeća stajališta na osnovi dobivenih rezultata:

- Dobivena varijabilnost nije karakteristična za srednju Europu, nego za balkansko područje, kao i područje Karpata;
- Mitotipovi pokazuju polimorfizam u nekim od istraživanih populacija, što je posljedica miješanja migracijskih putova, koji su se sučelili u Bosni i Hercegovini;
- Male populacije u zapadnoj Hercegovini i Bosni pokazuju veoma interesantne strukture;
- Granica sučeljavanja migracijskih putova je rijeka Neretva, dolina rijeke Drežanke, preko Mučinovca i Tomislavgrada te potom Kamešnicom do Troglava, otuda preko Šatora na Oštrelj, preko južnih padina Grmeča, vjerojatno preko Kozare i dalje na Papuk u Hrvatskoj.

Na temelju rečenoga može se izvesti zaključak da postoje razlike među istraživanih populacija u učestalostima mitotipova, te bi novo istraživanje trebalo provesti na većem broju uzoraka, da se ustanovi učešće pojedinih mitotipova u populacijama, a što bi moglo pomoći kod identificiranja reprodukcijskog materijala. Ipak, to bi iziskivalo veća sredstva.

Analizom mtDNK istraživala se mitotipska varijabilnost obične jele, a dobivena su za Bosnu i Hercegovinu dva mitotipa.

Pomoću analize DNK, točnije broja mitotipova, vidljivo je da su prisutne razlike između istraživanih populacija, a napose između malih izoliranih i velikih populacija, prema učešću mitotipova u njima.

Dobiveni rezultati pokazuju prisustvo dva mitotipa u bosanskohercegovačkim populacijama, spram populacija obične jele iz zapadne Europe. Ovakva varijabilnost je još registrirana u Hrvatskoj i u Ukrajini. Mitotip središnje Europe vrlo vjerojatno je manje otporan od balkanskog mitotipa, koji kod nas dominira te su stoga naše populacije vjerojatno prilično otpornije od populacija sa zapada.

Radi održavanja genskog resursa trebalo bi uspostaviti što gušću mrežu banki gena *in situ* i *ex situ*, nužnih za održanje genetičke raznolikosti populacija, posebice u zonama sučeljavanja i miješanja mitotipova. To znači da bi svaka populacija bila važna za očuvanje genetičke raznolikosti obične jele, te trebala da imati svoju banku gena, s odgovarajućim brojem jedinki, kako bi se očuvala genetska osobnost populacija.

U gospodarenju prirodnim resursima i njihovoj obnovi, prednost uvijek treba dati prirodnoj obnovi, uz stalno praćenje genetičke strukture, kako bi se mogle poduzeti mjere pravodobno za održanje genetičke raznolikosti koja karakterizira svaku populaciju.

Buduća istraživanja treba usmjeriti na ostale populacije obične jele u Bosni i Hercegovini, te utvrditi zonu hibridizacije između srednjoeuropskog i balkanskog područja, primjenom izoenzimskih biljega. Neprestano treba pratiti gospodarske zahvate na obnovi obične jele te ih usmjeravati na održanje genetičke raznolikosti lokalnih populacija.

Primijenjena metoda daje dobru sliku mitotipske genetičke strukture populacija, na temelju koje se mogu preporučiti potrebne mjere za održavanje genetskih resursa u istraživanim populacijama.



Slika 74. Dobro obnovljena sastojina jele na Igmanu

TAKSONOMSKA ISTRAŽIVANJA OBIČNE JELE - SLUČAJ SUBMEDITERANSKE POPULACIJE BOKOVO

Iako je ovo poglavlje interesantno za Hrvatsku, a s obzirom na brojne male i izolirane populacije obične jele u našem području submediterana, te morfološkim sličnostima s ovom koja raste na Biokovu, ovdje je prikazano ovo istraživanje. Temeljem prikazanog može se vrlo brzo i jasno odrediti taksonomski status svake populacije obične jele i razjasniti sve taksonomske nedoumice vezane za ovu vrijednu vrstu.

Rod *Abies* obuhvaća veći broj vrsta koje su prirodno rasprostranjene na sjevernoj hemisferi. Tako u središnjoj, južnoj i jugoistočnoj Europi pridolazi *Abies alba* Mill., u Grčkoj, djelomično u Bugarskoj i Makedoniji *Abies cephalonica* Loud., te u Španjolskoj *Abies pinsapo* Boiss., a dva spontana križanca, *Abies borisii regis* Mettf. u Bugarskoj i *Abies nebrodensis* Matei. na Siciliji (Vidaković 1982, 1993). U području sjeverozapadne Afrike, točnije u Maroku i na Atlaskom gorju u Alžiru raširene su *Abies marocana* Trabut i *Abies numidica* Carr., a na području Male Azije *Abies cilicica* Carr., *Abies bornmuelleriana* Mattf., *Abies equitrojani* Aschers. et Sint. i *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. (Vidaković 1982, 1993), te u literaturi možemo naći da na planini Biokovo raste posebna vrsta *Abies pardei* Gaussen. Iz prethodnog je vidljivo da se sedam vrsta jela s dva spontana križanca, pridolazi u području Sredozemnoga mora, odnosno submediterana. Od pobrojanih vrsta najzastupljenija je obična jela s područjem rasprostiranja u središnjoj Europi i na balkanskome poluotoku. Obična jela u Hrvatskoj je zastupljena na 200.000 ha (Vukelić i Baričević 2001), u različitim ekološkim uvjetima od submediterana do panonskog bazena, što ostavlja mogućnost za diferencijaciju mnogih ekotipova. Ovakva raznolikost pogoduje i pojavama brojnih nejasnoća i krivih tumačenja.

Tako su vrlo česte nejasnoće u taksonomiji obične jele u južnoj Europi, posebice u Hrvatskoj, a najbolji primjer je jela s Biokova. Ona zbog vrlo karakterističnih ekoloških uvjeta pokazuje razlike u morfologiji, ali to ne mora značiti da je riječ o drugoj vrsti, ili pak podvrsti, što su pokušali prikazati u radovima Borzan i sur.(1992), Lovrić i Rac (1992), Rac i Lovrić (1992), Šoljan i Šolić (1987), Šoljan (1990), dok Ballian (2005b) to razjašnjava kroz primjere molekularnih istraživanja što slijedi u tekstu.

Te nejasnoće je pokušao riješiti Trinajstić (1999, 2001) kroz svoje radove, s tim da je detaljno uspoređivao ranije nalaze vrste *Abies pardei* Gaussen. na morfološkoj razini, fitocenološko-sintaksonomskoj pripadnosti, te na razini ekotipske varijabilnosti. Trinajstić (1999) argumentirano dokazuje da obična jela s Biokova nije *Abies pardei* Gaussen., nego da podrijetlo vrste *Abies pardei* treba tražiti u sjevernoj Africi. Također, Trinajstić na osnovi izloženoga zaključuje da vrsta *Abies biokovoensis* Kuš. ili *Abies croatica* Lovrić (1995) kao posebna vrsta (podvrsta) ne postoji, nego je to obična jela koja se stjecajem okolnosti našla izoliranom na Biokovu, u specifičnim ekološkim uvjetima.

Mnoge slične nedoumice se rješavaju i uz pomoć pokusa provenijencija, kada se mogu razlučiti modifikacije vrste kao i modifikacione širine, ali je to dug proces istraživanja, i do sada nisu registrirane razlike koje upućuju na postojanje nove vrste unutar područja rasprostiranja obične jele (Kral 1980a i b, Ruetz i sur. 1998, Kramer 1979 i 1980).

IZOENZIMSKE ANALIZE

Ako se govori o izoenzimskim analizama, može se reći da samo mali dio genetičke informacije biljnoga organizma kakav je obična jela može biti obuhvaćen ispitivanjem izoenzimskih sustava. Izbor sustava za analizu ovisi o primijenjenoj metodi i mogućnosti njihova pronalaženja u biljnome organizmu. Tako se uz pomoć izabranih enzimskih sustava i metode njihove primjene može dokazati samo 30% stvarnih izoformi jednoga enzima (Bergmann 1991, Konnert 1999). Stoga uz pomoć izoenzimske analize promatramo samo mali dio ukupne genetičke informacije sadržane u običnoj jeli, odnosno populaciji. Izoenzimi pokazuju takva obilježja da su pogodniji za istraživanja genetičke raznolikosti populacija, i u ekološkim istraživanjima, a posebice za determinaciju vrsta jer svaka pokazuje sebi svojstven broj alela za odgovarajući gen-lokus (Tablica 81). Ovisno o zemljopisnoj pripadnosti zbog postojanja klinealne varijabilnosti (Konnert i Bergmann 1995), može doći do pojave novoga alela ili izostanka nekog drugog alela (Tablica 81), ali to ne znači da imamo novu vrstu ili podvrstu. Prema Konnert i sur. (1992), Pascual i sur. (1993), Bergmann i Matschke (1998) te Matschke i Bergmann (1998) razlike među vrstama mogu biti i u broju migracijskih zona, kao i u

rasporedu i poziciji vrpce na zimogramu, te da samo jedan enzimski sustav odnosno genski lokus može značiti razliku među vrstama kao što je slučaj s običnom jelom s jedne strane te kavkaskom jelom *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach.), trojanskom (*Abies equi trojani* Aschers. et Sint.) i turskom jelom (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) s druge strane, kao i između španjolske (*Abies pinsapo* Boiss.) i marokanske jele (*Abies marocana* Trabut.) (Tablica 1), kada je evidentna razlika u tome koliko vrpce određuje jedan alel. Nešto jednostavnija situacija je kod razlika između sicilijanske jele (*Abies nebrodensis* Matei.) i obične jele s juga Italije jer su razlike evidentne u više enzimskih sustava (Vicario i sur. 1995).

Kad je rađena identifikacija i analiza španjolske i marokanske jele ustanovljena je značajna razlika samo u enzimskoga sustava Mdh (*malate dehydrogenase*) (Tablica 81). Kod tog enzimskog sustava imamo razlike u broju migracijskih zona, kao i njihovom rasporedu i broju vrpce koje se javljaju na zimogramu (Pascual i sur. 1993). Nešto je jednostavnija situacija bila kod određivanja obične i sicilijanske jele jer je utvrđeno jako veliko genetičko odstojanje (Vicario i sur. 1995). Također, u istraživanjima obične, kavkaske, turske i trojanske jele u radu Konnerth i sur. (1992), te obične i kavkaske jele u radu Bergmann i Matschke (1998) i Matschke i Bergmann (1998), gdje su dobivene razlike u broju vrpce koje determiniraju alele (Tablica 82), te u učestalostima alela kao i specifičnim genskim lokusima.

Male razlike između populacija mogu nastati i zbog načina i veličine uzorka koji se koristi u analizi. Stoga je nužno da korišteni uzorak bude standardiziran, kako bi se razlike koje se javljaju zbog broja jedinki u uzorku svele na minimum. Statističkom obradom tako nastale razlike pokušavaju se svesti na minimum, uz korištenje ranije dobivenih rezultata.

Dosad provedena istraživanja na običnoj jeli u Europi, a tako i u Hrvatskoj kao i susjednim zemljama pokazuju da postoje razlike uvjetovane klinalnom varijabilnošću, te da izuzev obične jele u prirodnim populacijama središnje, istočne i djelomično južne Europe, ne postoji nijedna druga vrsta. Razlike koje su primjetne između populacije Biokovo i Gorskoga kotara (Tablica 81) su posljedica udaljenosti te dvije populacije, a što ima za posljedicu određenu klinalnu varijabilnost. Ipak, ako podatke usporedimo s istraživanjima provedenim na običnoj i sicilijanskoj jeli; španjolskoj i marokanskoj

jeli; te na običnoj, kavkaskoj, trojanskoj i turskoj jeli može se uočiti da postoje razlike u određenim enzimskim sustavima kod svih pobrojanih vrsta jela, odnosno u broju gen lokusa, te u njima registriranim alelima, kao i u broju vrpce koje određuju alele. S obzirom da bi *Abies pardei*, koja je podrijetlom iz sjeverne Afrike trebala bi biti najbliža marokanskoj, te španjolskoj jeli, to bi onda i biokovska jela također trebala biti bliska njoj, obzirom da joj je dat taj taksonomski status. Rezultati prikazani u tablici 81. ukazuju na veliku razliku i ako se promatraju samo oni izoenzimski sustavi koji su istraživani u jedne i u druge vrste jele.

ANALIZA MITOHONDRIJSKE DNK

Za razliku od jezgrine DNK, mitohondrijska DNK ne podliježe procesima rekombinacija, te joj to svojstvo daje veliku ulogu u istraživanjima migracija drveća (Slatkin 1994) kao i u taksonomskoj pripadnosti. Inače, mitohondriji su citoplazmatski organeli koje sadrže vlastitu DNK i nasljeđuju se samo od jednog roditelja u ovom slučaju od ženskog roditelja (Dumolin-Lapegue i sur. 1998, Salaj i sur. 1998). Zbog te činjenice pokazuju se pogodnim za populacijsko-genetičke analize i određivanje srodstvenih odnosa unutar i između rodova ili populacija. Tako imamo dvije faze kretanja gena, putem ženskoga roditelja ili putem sjemena, i putem muškog roditelja ili peludi. Stoga geni (genomi) koji se nasljeđuju putem ženskog roditelja obično ostaju unutar populacije. Za razliku od mitohondrijske DNK koja je dosta konzervativna, jezgrina DNK je pod snažnim utjecajem peludi i rekombinacija, te može razmjenjivati materijal na relativno velikim udaljenostima.

U svom sastavu mitohondrijska DNK imaju relativno mali broj gena (oko 90) u odnosu na svoju veličinu, a oni su pod manjim selekcijskim pritiskom od jezgrinih. Tijekom evolucije veliki broj gena iz mitohondrija se izgubio, jer je vremenom prešao u jezgru. Dosad su provedena istraživanja mtDNK na običnoj jeli od strane Liepelt i sur. (2002) i Gömöry i sur. (2003), a ona mogu pomoći u rješavanju problema taksonomije obične jele s Biokova.

Mitohondrijska DNK kod obične jele u Europi pokazuje samo dva haplotipa (Liepelt i sur. 2002, Gömöry i sur. 2003) koji predstavljaju dva glacialna pribježišta obične jele tijekom glacijacije, te su podrijetlom s apeninskog i balkanskoga pribježišta.

Liepelt i sur. (2002) su u svom istraživanju za populaciju Biokova dobili dva haplotipa, kao i kod određenih populacija iz Gorskoga kotara, što upućuje na postojanje križanja u postglacijalnome razdoblju između obične jele podrijetlom iz dva pribježišta. Ovo, također, ukazuje na to da je u prošlosti jela sa Biokova bila povezana sa velikim populacijama te da je između njih postojala stalna izmjena genetičkoga materijala.

Na molekularno-genetskoj razini obična jela s Biokova se ne razlikuje od populacija iz Gorskoga kotara. Za razlike između malih izoliranih populacija obične jele, spram velikih populacija, prema Ducciu (1991) su od bitnoga utjecaja i antropomorfne promjene koje su se desile u posljednjih 2000 godina, i koje su ostavile vidnoga traga na običnu jelu, posebice u malim izoliranim populacijama.

Kada govorimo o populaciji Biokovo i analizi enzimskih sustava u njoj, znamo da su u njoj nađeni svi izoenzimski genski lokusi, kao i raspored migracijskih zona i broj vrpce, te relativno mala genetska odstupanja, koja karakteriziraju običnu jelu u središnjoj i južnoj Europi (Tablica 81), te određuje njenu pripadnost.

Tablica 81. Broj nađenih alela kod različitih vrsta jela											
Populacije i vrste jela											
Enzimski sustavi	Lokus	Biokovo	Gorski kotar	Campolino	Apenini	Abies nebrodensis	Abies pinsapo, Abies marocana	Abies nordmanniana	Abies bornmulleriana	Abies equi trojani	Abies grandis
		<i>Abies alba</i> . Mill. (Ballian 2003)	<i>Abies alba</i> . Mill. (Ballian i Kajba 2003)	<i>Abies alba</i> . Mill. (Giannini i sur. 1994)	<i>Abies alba</i> . Mill. (Vicario i sur. 1995)	(Vicario i sur. 1995)	(Pascual i sur. 1993)	(Konnert i sur. 1992)	(Konnert i sur. 1992)	(Konnert i sur. 1992)	(Konnert & Ruetz 1997)
Aleli											
<i>Phosphoglucose isomerase</i>	Pgi - A	A1 A2	A2	A1	A1 A2	A1 A2	A1				A1 A2 A3
	Pgi - B	B2	B2	B1	B1 B2 B3	B2	B1 B2 B3				B1 B2

Tablica 81. Broj nađenih alela kod različitih vrsta jela

Populacije i vrste jela											
Enzimski sustavi	Lokus	Biokovo <i>Abies alba</i> . Mill. (Ballian 2003)	Gorski kotar <i>Abies alba</i> . Mill. (Ballian i Kajba 2003)	Campolino <i>Abies alba</i> . Mill. (Giannini i sur. 1994)	Apenini <i>Abies alba</i> . Mill. (Vicario i sur. 1995)	<i>Abies nebrodensis</i> (Vicario i sur. 1995)	<i>Abies pinsapo</i> , <i>Abies marocana</i> (Pascual i sur. 1993)	<i>Abies nordmanniana</i> (Konnert i sur. 1992)	<i>Abies bornmulleriana</i> (Konnert i sur. 1992)	<i>Abies equi trojani</i> (Konnert i sur. 1992)	<i>Abies grandis</i> (Konnert & Ruetz 1997)
		Aleli									
<i>Phosphoglucumutase</i>	Pgm - A	A ₂	A ₂	A ₁ A ₂			A ₁ A ₂	A ₁	A ₁	A ₁	
	Pgm - B	B ₁ B ₂	B ₁ B ₂	B ₁			B ₁				
<i>Isocitrate dehydrogenase</i>	Idh - A			A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂	A ₂	A ₂	
	Idh - B	B ₃ B ₄	B ₃ B ₄				B ₁	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄	B ₁ B ₂ B ₃	B ₁ B ₂ B ₃	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄
<i>Manadione reductase</i>	Mnr - B	B ₁ B ₃	B ₁ B ₃								
<i>Shikimic acid dehidrogenase</i>	Sdh - A	A ₂	A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁	A ₂	A ₁ A ₂	A ₂	
	Sdh - B				B ₁ B ₂	B ₁	B ₁				
<i>Leucin amino peptidase</i>	Lap - A	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂ A ₃	A ₁ A ₂ A ₃ A ₄			A ₁ A ₂ A ₃				A ₁ A ₂ A ₃
	Lap - B	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄				B ₁ B ₂				B ₁ B ₂ B ₃
<i>Fluorescent esterase</i>	Fest - A	A ₁	A ₁ A ₂								
	Fest - B	B ₁	B ₁								
<i>Glutamate oxalacetat transminase</i>	Got - A	A ₁ A ₂	A ₂	A ₁	A ₁		A ₁	A ₁	A ₁	A ₁	A ₁ A ₂ A ₃
	Got - B	B ₂	B ₂ B ₃	B ₁ B ₂			B ₂	B ₁	B ₁	B ₁	

Tablica 81. Broj nađenih alela kod različitih vrsta jela

Populacije i vrste jela											
Enzimski sustavi	Lokus	Biokovo	Gorski kotar	Campolino	Apenini						
		<i>Abies alba</i> . Mill. (Ballian 2003)	<i>Abies alba</i> . Mill. (Ballian i Kajba 2003)	<i>Abies alba</i> . Mill. (Giannini i sur. 1994)	<i>Abies alba</i> . Mill. (Vicario i sur. 1995)	<i>Abies nebrodensis</i> (Vicario i sur. 1995)	<i>Abies pinsapo</i> , <i>Abies marocana</i> (Pascual i sur. 1993)	<i>Abies nordmanniana</i> (Konnert i sur. 1992)	<i>Abies bornmulleriana</i> (Konnert i sur. 1992)	<i>Abies equi trojani</i> (Konnert i sur. 1992)	<i>Abies grandis</i> (Konnert & Ruetz 1997)
Aleli											
<i>Glutamate oxalacetat transminase</i>	Got - C	C ₁ C ₂	C ₁ C ₂ C ₃	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄				C ₁ C ₂	C ₁ C ₂ C ₃	C ₁ C ₂ C ₃	C ₁ C ₂ C ₃
<i>6-phosphoglucomate dehydrogenase</i>	6-Pgd - A	A ₂ A ₃	A ₁ A ₂ A ₃	A ₁ A ₂ A ₃	A ₁ A ₂	A ₂	A ₁				
	6-Pgd - B	B ₁ B ₂ B ₃	B ₁ B ₂ B ₃	B ₁ B ₂	B ₁ B ₂	B ₁ B ₂	B ₁ B ₂				
<i>Diaphorase</i>	Dia - A						A ₁ A ₂ A ₃ A ₄	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂	A ₁ A ₂
<i>Malate dehydrogenase</i>	Mdh - A				A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂				
	Mdh - B						B ₁				
<i>Malic enzyme</i>	Me - A				A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₁				
	Me - B				B ₁	B ₁ B ₂	B ₁				
<i>Glutamate dehydrogenase</i>	Gdh - A						A ₁	A ₁ A ₂	A ₁ A ₂	A ₂	
<i>Glucose 6 phosphate dehydrogenase</i>	G6pd - A						A ₁ A ₂				
<i>Acid phosphatase</i>	Acph - A						A ₁				
	Acph - B						B ₁				
	Acph - C						C ₁				
<i>Aconitase</i>	Aco - A						A ₁				
<i>Alcohol dehydrogenase</i>	Adh - A						A ₁				
	Adh - B						B ₁				
	Adh - C						C ₁				
Tipični enzimski sustavi na običnoj jeli koji su nađeni u više istraživanja											

S obzirom da Biokovska populacija pripada malim populacijama u kojima se primjećuje opterećenje inbridingom, što je vidljivo iz dobivene niske heterozigotnosti, koje za posljedicu ima pojavu genetskoga drifta (Ballian 2003a, 2003b).

Sam genetski drift ima za posljedicu da se populacija koja je opterećena njime djelomično razlikuje od susjednih, ali je potrebno jako mnogo vremena da bi u procesu prirodne specijacije nastala nova vrsta.

Prema Liepelt i sur. (2002) u populaciji obične jele sa Biokova nađena su dva mitohondrijska haplotipa, što je jedna od posljedica povijesnog postglacijalnog križanja apeninske i balkanske glacijalne provenijencije obične jele na našem području. Obzirom da su to dva jedina specifična haplotipa koji karakteriziraju običnu jelu u Europi, isključuje se svaka mogućnost da se na području Biokova pojavljuje neka druga vrsta jele.

Tablica 82: Shematske ilustracije izozimskih fenotipova različitih vrsta roda *Abies* (Konnert i sur. 1992)

(+) gen-lokus	<i>Abies alba</i>	<i>Abies nordmanniana</i>	<i>Abies bornmuelleriana</i>	<i>Abies equi-trojani</i>
Idh - A	— — — 1 2 3	— 2	— 2	— 2
Idh - B	(—) — — 1 2 3	— — — 1 2 3 4	— — — 1 2 3	— — — 1 2 3
Dia - A	— — 1 2	— — 1 2	— — 1 2	— 2
Gdh - A	(—) — 1 2	— — 1 2	— — 1 2	— 2
Sdh - A	(—) — 1 2	— 2	— — 1 2	— 2

Istraživanja obične jele s Biokova temeljena isključivo na morfološkim svojstvima ne bi se smjela koristiti za opisivanje nove vrste, odnosno podvrste ili varijeteta, kako to navode Borzana i sur. (1992), Lovrić i Rac (1992), Rac i Lovrić (1992), Šoljan i Šolić (1987) i Šoljan

(1990), Lovrić (1995), zbog poznatog utjecaja ekoloških čimbenika na fenotip (Silvertown i Doust 1995; Morgenstern 1996). Ovaj rad u potpunosti potvrđuje navode Vidakovića (1993) i Trinajstića (1999, 2001) da je biokovska jela samo jedan ekotip.

Uključivanjem suvremenih metoda istraživanja, prije svega se misli na biokemijske metode, u potpunosti se isključuje utjecaj ekoloških čimbenika koji mogu dovesti do krivih zaključaka. I pored nekih manjkavosti ove metode znače revoluciju u taksonomiji i sistematici, kao i u samoj identifikaciji vrsta. Da bi se manjkavosti anulirale u istraživanjima se kombinira više biokemijskih metoda.

Mišljenje da na području Hrvatske postoji još jedna vrsta jele *Abies pardei* Gaussen, *Abies biokovoensis* Kušan., ili *Abies croatica* Lovrić, do kojega se došlo promatranjima na terenu kao i morfometrijskim analizama nije potvrđeno molekularno-genetskom analizom populacija.

Na osnovi provedene analize u ovom radu obična jela iz male populacije na Biokovu pripada isključivo vrsti *Abies alba*. Ova populacija je osobita po maloj heterozigotnosti, uz pojavu genetičkoga drifta, što daje poseban specifikum toj maloj sastojini, ali se isključuje pojava bilo kakve nove vrste jele u tom području.

Na temelju ranije provedenih molekularno-genetskih istraživanja može se izvesti zaključak da na genetičkoj razini ne postoje razlike koje bi se mogle pripisati razlikama između vrsta, nego da postoje samo razlike koje su uvjetovane klinalnom varijabilnošću, kao i razlike koje su uvjetovane različitim ekološkim prilikama. Razlike između ekotipova se mogu utvrditi pomoću izoenzimskih biljega, a pomoću mtDNK može se potvrditi pripadnost vrsti.



Slika 75. Populacija obične jele na masivu Demirovca

IZOENZIMSKE ANALIZE POPULACIJA OBIČNE JELE U BOSNI I HERCEGOVINI

Cilj ovog istraživanja je bio da se utvrdi molekularno-genetska varijabilnost nekih populacija obične jele u Bosni i Hercegovini, te kao kontrola da posluže populacije iz zapadne Hrvatske kao veza ka srednjoeuropskim populacijama (Ballian i sur. 2013). Osim velikih populacija kao što su one Gorskog kotara, Vranice, Glamoča, Grmeča, Romanije i Mekih brda, akcent je u istraživanju bio i na malim populacijama iz submediteranskog područja (Čabulje, Dinare, Biokova i Orjena), kako bi se ustanovilo kakva je njihova veza s populacijama iz središnjeg dijela prirodnog rasprostiranja u Bosni i Hercegovini i Hrvatskoj, a također jedne, uvjetno rečeno, panonske populacije (Crni vrh). Usto utvrdio bi se utjecaj kontaktne zone dvaju haplotipova u zapadnoj Bosni, na genetičku strukturu u središnjoj i istočnoj Bosni. Krajnja je svrha istraživanja utvrditi postoji li značajna varijabilnost između populacija, što bi bilo važno za gospodarenje u šumama obične jele i u uzgojnim radovima.

Izbor i opis terenskih objekata

Tijekom studenoga 2000. godine selekcionirana su stabla obične jele na području Bosne i Hercegovine, te kao pet kontrolnih populacija u Hrvatske (Tablica 83). Pri odabiru populacija vodilo se računa da se odaberu podjednako velike i sa znanstvenog stajališta zanimljive male populacije. Vodilo se računa i o tome da populacije budu iz kontrastnih ekoloških uvjeta i da, po mogućnosti, pripadaju različitim fitocenzama i geološkim podlogama.

Izbor stabala

Prilikom sabiranja uzoraka za izoenzimska istraživanja vodilo se računa da udaljenost između stabala bude najmanje 50 m kako bi se isključila mogućnost srodstva. Veliku populaciju predstavlja 100 stabala, a malu 50 stabala, s tim što istraživanja nisu uspješno provedena na svim uzorcima.

Tablica 83. Osnovni podaci o istraživanim populacijama, zemljopisna dužina i širina, broj analiziranih uzoraka, pozicija populacije i podatak o ranije istraživanim populacijama (aBallian 2003; bBallian i Kajba 2005; cBilela i Ballian 2008; dBallian 2009, 2010.).

Populacija	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Broj analiziranih individua	Pozicija populacije	Publicirano
Fužine (CRO)	45°18'	14°41'	85	W	b
Gerovo (CRO)	45°18'	14°36'	32	W	b
Skrad (CRO)	45°26'	14°53'	32	W	b
Vrbovsko (CRO)	45°24'	15°03'	40	W	b
Oštrelj (BiH)	44°28'	16°23'	50	W	d
Grmeč (BiH)	44°33'	16°39'	50	W	d
Bos. Grahovo (BiH)	44°11'	16°35'	50	W	d
Troglav (BiH)	43°57'	16°33'	50	W	d
Glamoč (BiH)	44°01'	16°50'	50	W	d
Čabulja (BiH)	43°32'	17°35'	48	SW	a
Biokovo (CRO)	43°08'	17°08'	49	SW	a
Bugojno (BiH)	44°02'	17°18'	50	C	c
Vranica (BiH)	43°56'	17°54'	100	C	a
Igman (BiH)	43°45'	18°16'	50	C	c
Vlašić (BiH)	44°19'	17°29'	50	C	c
Tešanj (BiH)	44°34'	18°00'	41	C	a
Zavidovići (BiH)	44°18'	18°15'	50	C	d
Očevija (BiH)	44°10'	18°27''	50	C	d
Jahorina (BiH)	43°44'	18°34'	50	E	c
Klis (BiH)	44°06'	18°41'	50	E	d
Knežina (BiH)	43°59'	18°45'	50	E	d
Romanija (BiH)	43°54'	18°39'	50	E	d
Kalinovik (BiH)	43°29'	18°35'	72	SE	a
Orjen (BiH)	42°38'	18°33'	49	S	a

W - zapadna Hrvatska i Bosna i Hercegovina, SW - jugozapadna Hrvatska i Bosna i Hercegovina, C - centralna Bosna i Hercegovina, E - istočna Bosna i Hercegovina, SE - jugoistočna Bosna i Hercegovina, južna Bosna i Hercegovina

Izoenzimi

Tablica 84. Enzimski sustavi, E.C. referentni broj, broj lokusa i broj alela			
Enzimski sustavi	E.C. broj	Geniski lokus	Broj alela
Phosphoglucose isomerase	5.3.1.9	<i>Pgi-A, -B</i>	2,3,
Phosphoglucomutase	2.7.5.1	<i>Pgm-A, -B</i>	4,2,
Isocitrate dehydrogenase	1.1.1.42	<i>Idh -B,</i>	4,
Menadion reductase	1.6.99.2	<i>Mnr -B,</i>	2,
Shikimate dehydrogenase	1.1.1.25	<i>Sdh -A,</i>	3,
Leucinaminopeptidase	3.4.11.1	<i>Lap-A, -B</i>	3,4,
Fluorescent esterase	3.1.1.1	<i>Fest-A, -B</i>	2,1
Glutamate oxalacetate transminase	2.6.1.1	<i>Got-A, -B, -C</i>	3,4,4,
6Phosphogluconate dehydrogenase	1.1.1.44	<i>6-Pgdh -A, -B</i>	3,3,
Ukupno	9	16	47

Istraživalo se 9 enzimskih sustava s ukupno 16 gen-lokusa, odnosno 47 alela. Postupci maceracije, pripreve gela, elektroforeze i bojenja gela bili su prilagođeni primijenjenim enzimskim sustavima (Vallejos 1983; Cheliak i Pitel 1984; Wendel i Weeden 1989; Konnert 1992,1995,1999; Thormann i Stephan 1993; Hüssendorfer i sur. 1995,) (Tablica 84), a sama analiza je obavljena u laboratoriju šumarskog instituta APS u Teisendorfu.

Metoda pripreve macerata

Za maceraciju se rabi PVC ploča s polukuglastim udubljenjima u koja se stavi talka na vrhu manje laboratorijske žlice, i 60 μ l ekstrakcijskog pufera (Tablica 85) te od 4 do 6 svježih pupova. Postupak maceracije izvodi se pomoću staklenog tučka (staklene miješalice). Pošto se pupovi dobro izmaceriraju, u macerat se stavi po pet komadića filterpapira, da upiju macerat, a zatim se papirići pohrane u male kasete i do uporabe smjeste u ledenicu na -70°C .

Tablica 85. Ekstrakcijski pufer za pupove (Konnert, 1995)
-0,1M TRIS-HCl pH 7,0-7,5
-3% w/v Polyvinylpyrrolidon (PVP)
-0,05% v/v 2-Mercaptoethanol

Tablica 86. Recepti za gel

Gel sustav	Škrob (g)	Šećer (g)	Urea (g)	Pufer (ml)	Koncentracija (%)	Šifra
Ashton	26,4	4,4		230	12	S ₁
Poulik	20,4	3,4		170	12	S ₂
T.C. ph 7,5	20,4		1,4	170	12	S ₃
T.C. ph 8,5	20,4		1,4	170	12	S ₄

Priprava gela

Gel se pripravlja prema enzimskim sustavima korištenim u istraživanju, a prema receptima priloženima u tablici 86. Poslije pripreve, odnosno kuhanja, gel se izlijeva u šablone određenih dimenzija, prema komorama za elektroforezu. Pri pripravi treba voditi i računa o gel puferu koji se stavlja u gel, a karakterističan je za svaki gel sustav (Tablica 86).

Elektroforeza

Pošto se pripravi gel i na njega u pripravljene ureze postave filterpapiri, gel se stavi u komore. Prije postavljanja gela u komore stavi se elektrodni pufer. Pošto se pripravi komora s gelom, pusti se jednosmjerna struja čija jačina (A) i napon (V) karakteriziraju svaki gel sustav. Trajanje elektroforeze karakteristično je za svaki enzimski sustav.

Tablica 87. Recepti za elektrodni pufer i gel puffer

Gel sustav	Elektrodni pufer	ph	Šifra	Gel pufer	ph	Šifra
Ashton	0,05 M LiOH-0,19 M bornakiselina	8,1	E ₁	0,14 M Tris-0,008 M Limunska kiselina i 10% E ₁	8,1	G ₁
Poulik	0,06 M NaOH-0,3 M bornakiselina	8,2	E ₂	0,07 Tris-0,02 M HCl	8,7	G ₂
T.C. ph 7,5	0,14 M Tris-0,43 M Limunska kiselina	7,5	E ₃	E ₃ Rastvor (2,5:1)	7,5	G ₃
T.C. ph 8,5	0,14 M Tris-0,24 M Limunska kiselina	8,5	E ₄	E ₄ Rastvor (2,5:1)	8,5	G ₄

Pošto se završi postupak gel se izreže na onoliko dijelova koliko se može uraditi analiza enzimskih sustava od jednog gel sustava. Reže se posebno konstruiranim rezačima, odnosno specijalnom žicom.

Pošto je gel izrezan, boji se histološkim bojama prema receptu danome u radu od Konnert (1995), za svaki enzimski sustav posebno.

Očitavanje gelova i statistička obrada podataka

Poslije bojenja provodi se analiza zimograma, identificiraju se aleli za svaki gen-lokus (Cheliak i Pitel 1984; Wendel i Weeden 1989; Konnert 1992,1995,1999), provode se fotografiranje i eventualno, sušenje gela. Za identifikaciju rabi se ustaljena nomenklatura, tako da brojke 11, 22, 33, 44 označavaju homozigote, a brojke 12, 13, 14, 23, 24, 34 označavaju heterozigote.

Podaci se unesu u pripremljeni formular, a kasnije se veličine unesu u računalni program Excel. Zatim se podaci slažu u računalnom programu D-basis, prebace u statistički program SAS (*Statistical Analysis Sistem*), gdje se obrade.

Statističkim programom obrađeni su sljedeći parametri:

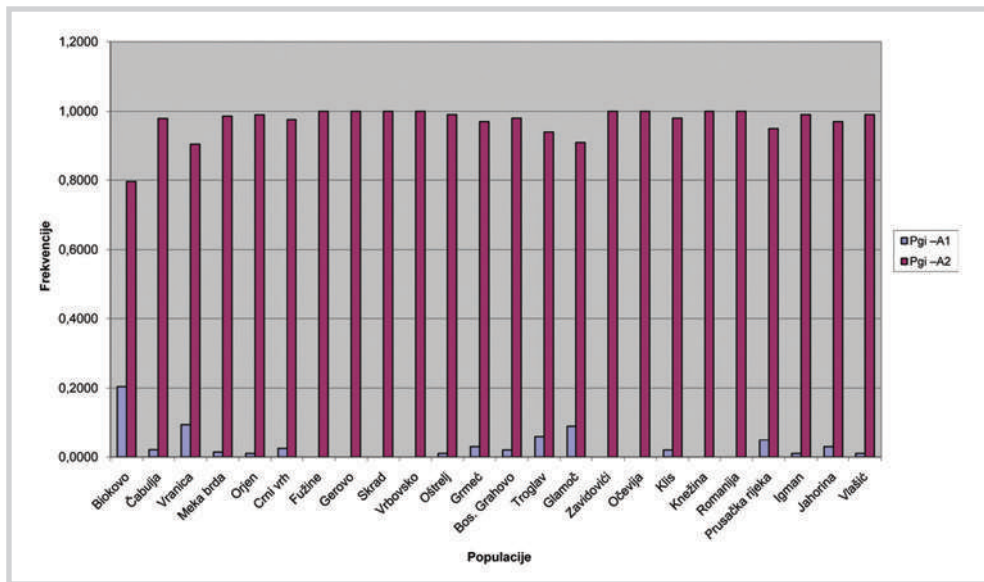
1. genetska unutarpopulacijska varijabilnost:
 - stvarna srednja heterizigotnost,
 - teoretska heterozigotnost,
 - genetska raznolikost,
 - diferenciranje unutar populacije,
2. genetska varijabilnost između populacija:
 - genetska udaljenost,
 - genetičko diferenciranje između populacija.

Klaster analiza urađena je na temelju alelnih frekvencija i binarne distribucije alela uporabom statističkog programa MVSP version 3.13 - Kovach Compating Services.

Genetska raznolikost enzimskih sustava

Provedena analiza sa 9 enzimskih sustava i 16 genskih lokusa, dala je 47 alela. Visok stupanj polimorfnosti pokazuje sedam genskih lokusa, i to Pgm-B, Idh-B, Lap-A, Lap-B, Got-C, 6-Pgdh -A, 6-Pgdh-B, dok je sustav *Fest* potpuno monomorfan.

Alelna raznolikost

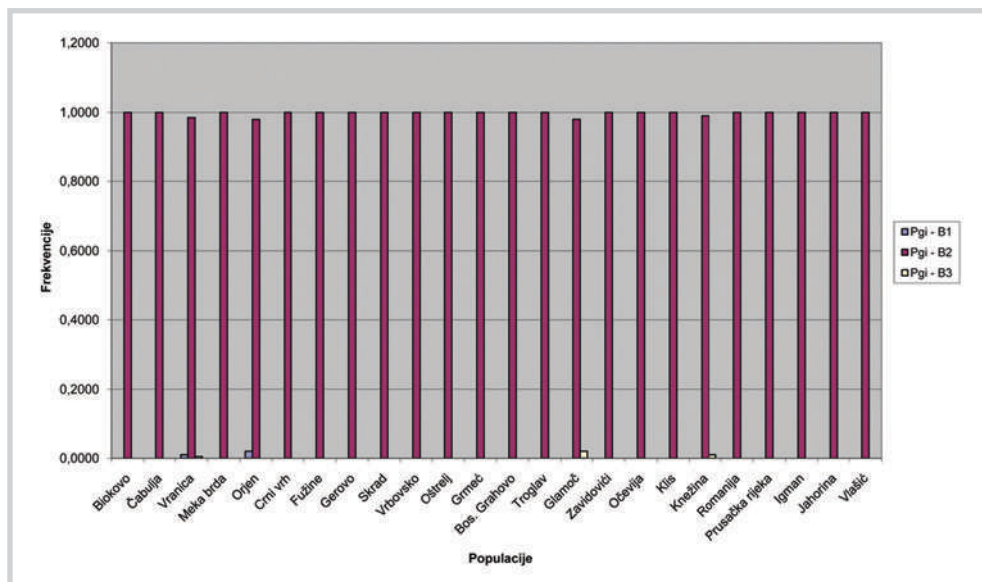


Slika 76. Genski lokus Pgi-A

Za gen-lokus Pgi-A u ovom istraživanju nije dobivena visoka polimorfnost, jer u osam populacija imamo monomorfizam, što je osobitost istočnih populacija s izuzetkom Klisa, dok zapadne pokazuju polimorfizam izuzev onih iz Hrvatske. Alel A_1 u prijašnjim istraživanjima (Konnert i Bergmann 1995) nađen je samo u južnim područjima rasprostranja jele, kao što su južni Karpati i Dinaridi, što je, čini se, osobito samo za ta područja (Slika 76).

Gen-lokus Pgi-B pokazuje raznolikost samo u populaciji Vranica, Orijen, Glamoč i Knežina, a u drugim je populacijama monomorfan (Slika 77). Budući da ovaj lokus nije bio varijabilan u području južne Njemačke (Konnert 1996), rezultati dobiveni u ovom istraživanju upućuju na to da je taj gen-lokus karakterističan samo za neke južne provenijencije. Kako su Konnert i Bergmann (1995) u svom istraživanju našli veće učestalost alela B_1 i B_2 samo u Bugarskoj, može se nakon ovog pretpostaviti da lokus B_3 dopire do zapadne Bosne.

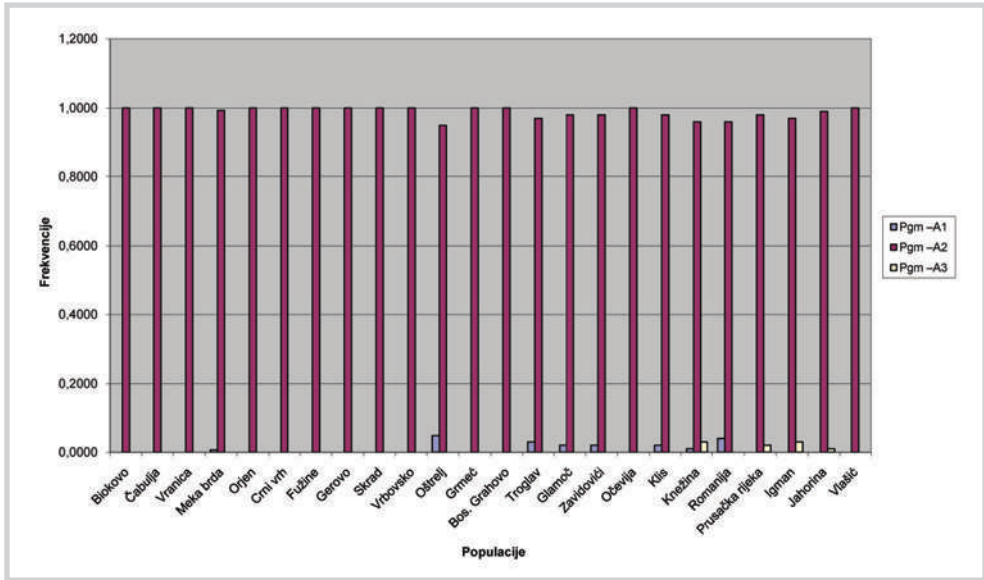
Inače se ovaj enzimski sustav sa dva gen-lokusa susreće u nekoliko vrsta roda *Abies*, *A. balsamea*, *A. fraiseri*, *A. lasiocarpa*, *A. borisii-regis* i *A. pinsapo* (Neale i Adams 1981; Jacobs i sur. 1984; Shea 1988; Pascual i sur. 1993; Fady i Conkle 1992). Konnert i Ruetz (1997) pri istraživanjima provedenima na vrsti *Abies grandis* otkrivaju dva alela za gen-lokus Pgi-B. Konnert i Schmidt (1996) u smreke su našli samo dva alela B za taj gen-lokus.



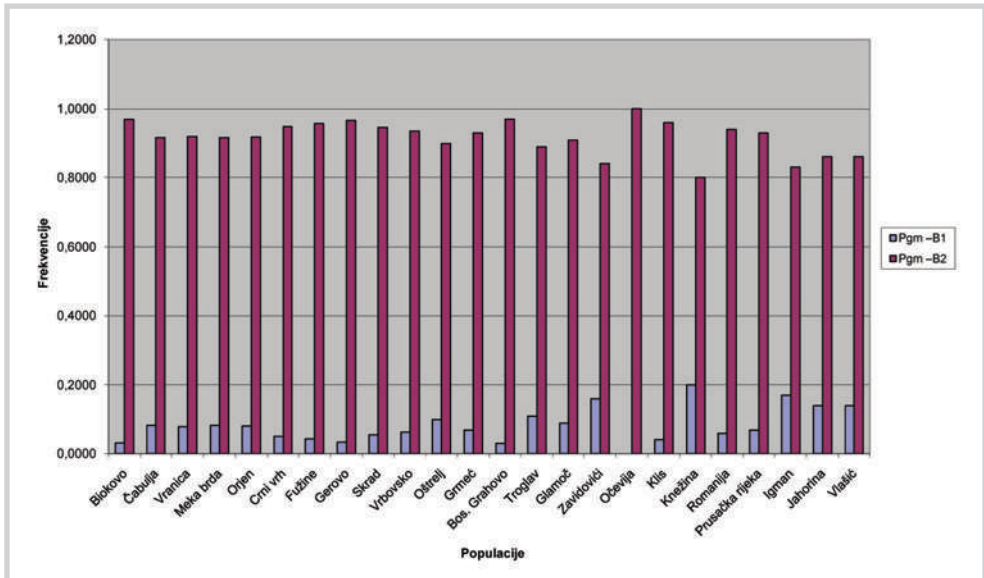
Slika 77. Genski lokus Pgi-B

U ovom je istraživanju za gen-lokus Pgm-A registrirana raznolikost u 21 populaciji, dok je tri monomorfno. Alel A_4 svojstven je samo za istočnije populacije i srednjobosansku populaciju Prusačka rijeka, te se može uporabiti kao specifični alel te populacije (Slika 78). Ovaj genski lokus registriran je u južnoj Njemačkoj (Konnert 1996).

Pgm-B genski lokus u ovom istraživanju pokazuje veliku varijabilnost polimorfizam u 23 istraživane populacije (Slika 79). Zanimljivo je da je u istraživanju Konnert i Bergmann (1995) alel B_1 utvrđen s većom frekvencijom u području Tatra, Karpata, Dinarida i južne Italije (Kalabrije).



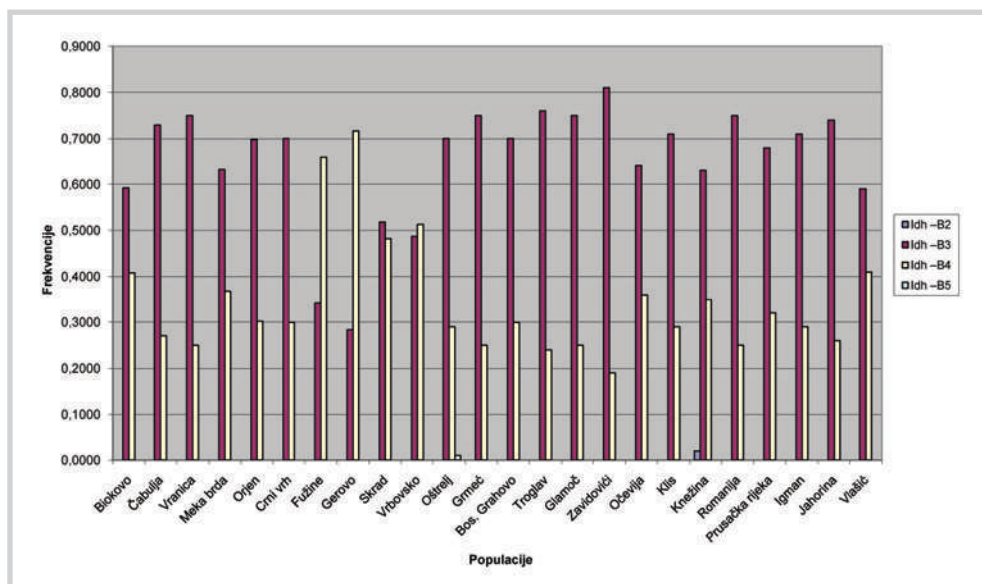
Slika 78. Genski lokus Pgm-A



Slika 79. Genski lokus Pgm-B

Inače se taj enzimski sustav sa dva gen-lokusa susreće u nekoliko vrsta roda *Abies*, *A. balsamea*, *A. fraiseri*, *A. lasiocarpa*, *A. borisii-regis* i *A. pinsapo* (Neale i Adams 1981; Jacobs i sur. 1984; Shea 1988; Pascual i sur. 1993; Fady i Conkle 1992). Konnerth i Ruetz (1997) pri istraživanjima provedenima na vrsti *Abies grandis* otkrivaju dva alela za gen-lokus Pgm-B. Konnerth i Schmidt (1996) u smreke su našli samo dva alela B za taj gen-lokus.

Kod genskog lokusa Idh-B, alel B₃ u zapadnom dijelu istraživanog područja ima manje veličine od onih u istočnom te možemo smatrati da pokazuje klinalnu varijabilnost (Slika 80). Ovdje imamo i pojavu rijetkog alela B₂ i B₅. Ako pak ove rezultate usporedimo s ranijim istraživanjima koja je proveo Longauer (1994) te Brus i Longauer (1995), može se zaključiti da alel B₄ pokazuje klinalnu varijabilnost, te da se vrijednosti povećavaju od sjeverozapada prema jugoistoku i jugu. Na Karpatima učestalost ovog alela iznosi 0,71 (Moller 1986), a na jugu u Kalabriji 0,78 (Breitenbach-Dorfer i sur. 1992). Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) prikazali su rezultate za Austriju i Bavarsku, a vrijednosti su od 0,44 na zapadu do 0,25 na istoku. Moller (1986) pak za alel B₁ navodi da se vrijednosti od sjevera prema jugu smanjuju, a za alel B₂ poveća-

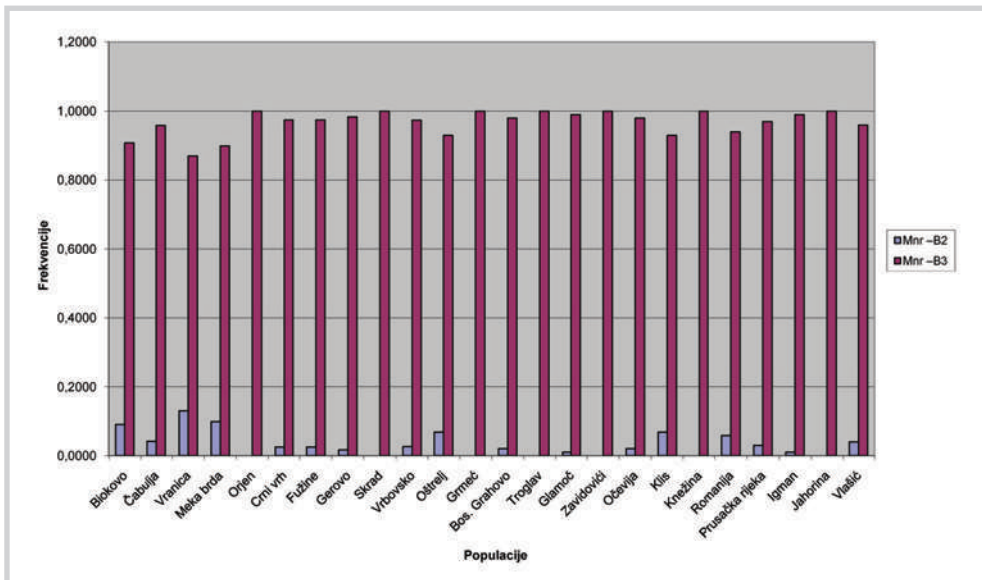


Slika 80. Genski lokus Idh-B

vaju, što pokazuje izrazitu klinalnu varijabilnost. Za alel Idh-B₄ smo dobili veličinu 0,39, i on se ponaša suprotno alelu Idh-B₃. U ovom istraživanju imamo pojavu rijetkih alela B₂ (populacija Knežina) i B₅ (populacija Oštrelj) koji mogu poslužiti za detekciju tih dviju populacija.

U radu iz 1993 i 1995(b) godine Konnert je dobila za alel B₃ veće vrijednosti na sjeveru, a za alel B₂ na jugu. U istraživanjima provedenim od strane Konnert (1995a), dobila se vrijednost od 0,21 do 0,55, a u istraživanjima (Konnert 1996) iskorištava alele B₂ i B₃, s tim što je dobila veće vrijednosti alela B₂ na jugu, a za alel B₃ na sjeveru. Moller (1986) za alel B₁ navodi da se vrijednosti od sjevera prema jugu smanjuju, a za alel B₂ povećavaju, što pokazuje izrazitu klinalnu varijabilnost ta dva alela. Ovaj enzimski sustav nađen je kod nekoliko vrsta roda *Abies*, a posebno u *A. fraiseri* i *A. pinsapo* (Diebel i Feret 1991; Pascual i sur. 1993), te u *A. balsamea* (Neale i Adams 1981) i *A. amabilis* (Davidson 1991). Idh enzimski sustav kontrolira samo jedan gen-lokus. Konnert i Ruetz (1997) u vrste *Abies grandis* otkrili su četiri alela za genski lokus Idh-B.

Gen-lokus Mnr-B pokazuje raznolikost u sedam istraživanih populacija, što može otežati diferenciranje istočnih i zapadnih populacija uporabom ovog lokusa. Očito je da se vrijednosti za alel B₂ povećavaju

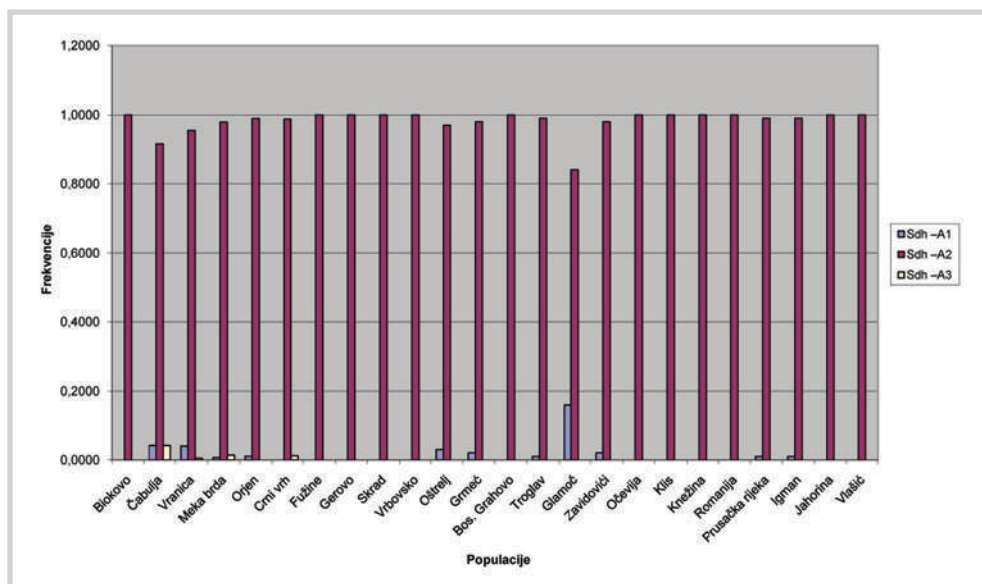


Slika 81. Genski lokus Mnr-B

od sjeverozapada prema jugoistoku, što upućuje na klinalnu varijabilnost (Slika 81). Alel B_1 u južnoj Njemačkoj s veličinom od 0,00 do 0,19 (Konnert 1995 i 1995b), dok su Konnert i Bergman (1995) alel B_1 registrirali s višom učestalošću u južnim populacijama (Bugarska, južni Karpati, Makedonija), a i u populacijama južne Njemačke, istočne Francuske i zapadne Austrije, dok visoku učestalost alela B_2 registriraju u južnoj Italiji. U Sloveniji Brus i Longauer (1995) utvrđuju visoke učestalosti alela B_1 , a Longauer (1994) u istočnoj Poljskoj i Ukrajini registrira monomorfizam.

Prema istraživanjima Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) ovaj genlokus pokazuje monomorfizam u više populacija srednje Austrije, a registriran je i u istraživanju sa *A. pinsapo* (Pascual i sur. 1993) i *A. borisii-regis* (Fady i Conkle 1992).

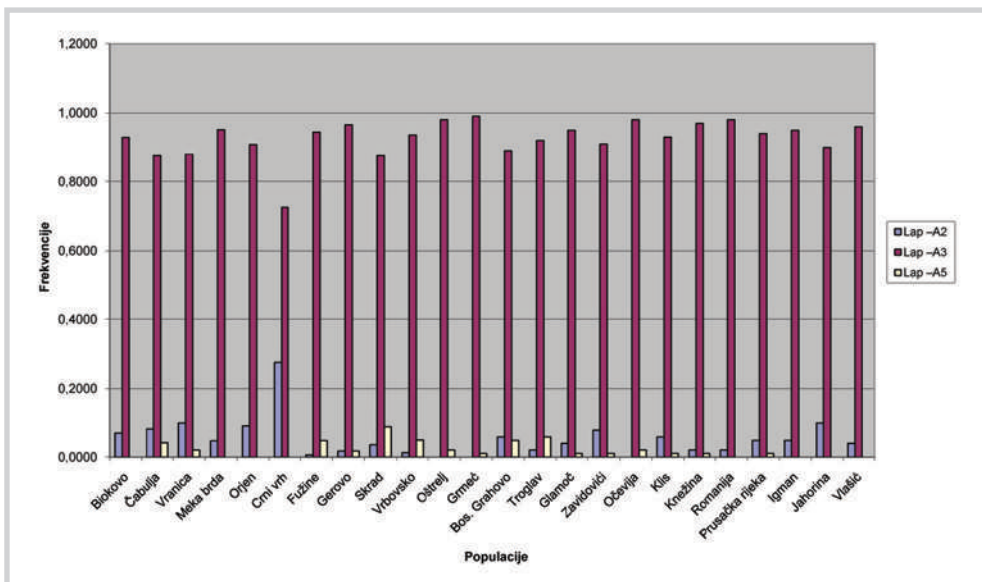
Istraživani genski lokus Sdh-A pokazuje monomorfizam u populacijama Bosansko Grahovo, Klis, Očevija, Romanija, Knežina, Jahorina i Vlašić, za alel A1. Dok za pet populacija iz Hrvatske, registriran je monomorfizam za alel A2 (Slika 82). Polimorfizam je registriran u populacijama jele sa planina središnje i zapadne Bosne, te može poslužiti za specifičnu identifikaciju tih populacija, budući da je u istočnoj Bosni



Slika 82. Genski lokus Sdh-A

prisutniji monomorfizam, kao i populacijama iz Hrvatske. Tako ako izuzmeno polimorfne srednjobosanske i zapadnobosanske populacije ovaj genski lokus može poslužiti jedino za utvrđivanje međupopulacijske varijabilnosti sa jednog daleko šireg područja.

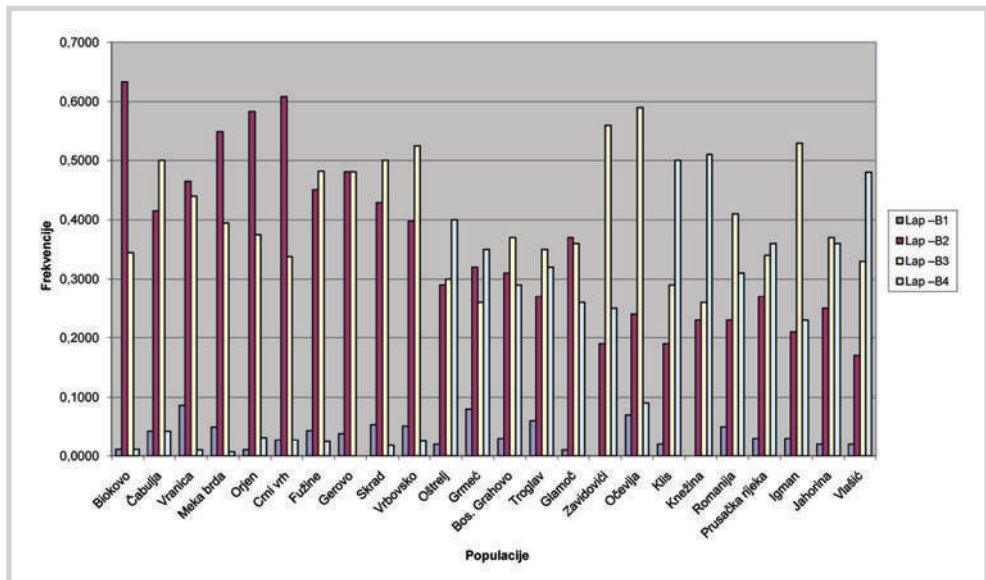
Genski lokus Lap-A pokazuje veliku varijabilnost (Slika 83). Interesantan je alel Lap-A₂, sa srednjom učestalošću, koja je mala u odnosu na rezultate dobivene u Sloveniji (Brus i Longauer 1995), a i u Češkoj (Longauer 1994), dok je u populacijama južnih Karata registrirana je učestalost od 0,002, a u Bugarskoj 0,018. U populacijama zapadne Europe alel ima različite učestalosti (Breitenbach-Dorfer i sur. 1992, Breitenbach i Pinsker 1990, Konner 1993). Za alel Lap-A₃ možemo reći da nije registriran u malim izoliranim populacijama centralnih Dinarida, kao što je Biokovo, Meka brda, Orjen i Crni vrh (Ballian 2003), te Romanija, Igman, Jahorina i Vlašić. Iz dobivenih rezultata vidljiva je slaba klinalna varijabilnost alela Lap-A₃ od jugoistoka prema sjeverozapadu. U Slovenije je dobivena učestalost od 0,028 do 0,081 (Brus i Longauer 1995), a u zapadnoj Europi nije registriran. Klinalnu varijabilnost ovog alela, od sjeverozapada prema jugoistoku registrirao je Longauer (1994).



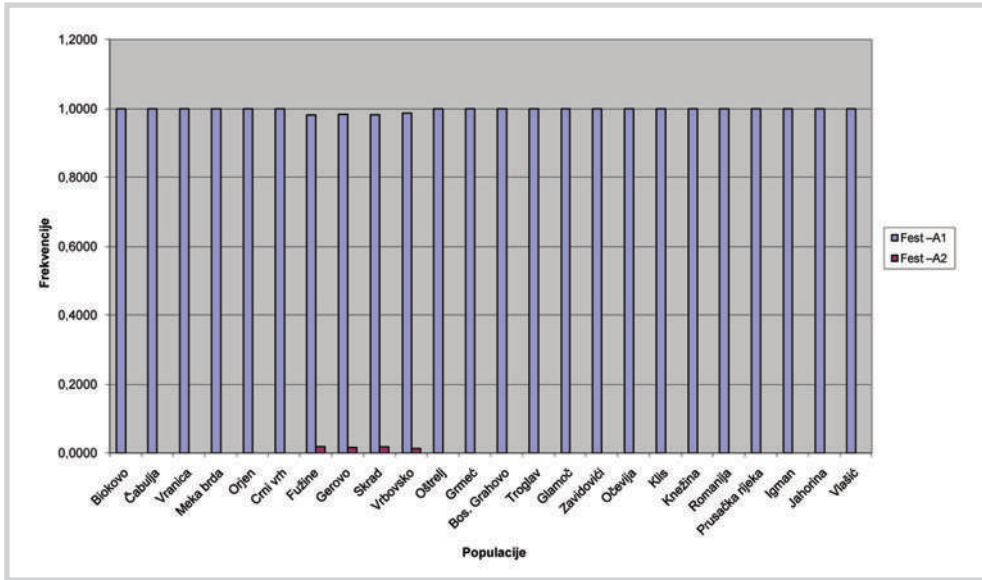
Slika 83. Genski lokus Lap-A

U istraživanju vrste *Abies grandis* Konnert i Ruetz (1997) također su otkrili malu vrijednost ovog alela. U svom istraživanju Konnert (1993) navodi samo dva alela, A_1 i A_2 , ali sa prilično velikom zastupljenošću. Ruetz i sur. (1996) navode u svom istraživanju čak četiri alela za gen- lokus Lap-A, s veličinama za Lap- A_1 od 0,011 do 0,045, Lap- A_2 od 0,212 do 0,316, Lap- A_3 od 0,318 do 0,462 i Lap- A_4 od 0,263 do 0,342.

Kod genskog lokusa Lap-B (Slika 84), u populacijama iz Hrvatske i nekim iz zapadne Bosne imamo veće učešće alela B_2 , a u istočnim alela B_3 i B_4 , a izostanak B_1 u dvije populacije, kao u manje učešće alela B_2 . Interesantna je jedna grupa populacija iz zapadne Bosne (Grmeč, Oštrelj, Bosansko Grahovo, Troglav i Glamoč) da pokazuju slične frekvencije alela B_2 , B_3 i B_4 . Konnert i Schmidt (1996) su dobili učestalost alela B_1 od 0,014 za analiziranu populaciju i učestalost od 0,017 kod sadnice proizvedene iz sjemena iste populacije. U ovom istraživanju učestalost alela B_2 se povećava od jugoistoka prema sjeverozapadu, kao i alela B_3 , dok alel B_4 ima tendenciju smanjenja prema sjeverozapadu. U istraživanjima provedenima na smreki Ruetz i sur. (1996) registrirali su sedam alela za taj genski lokus.



Slika 84. Genski lokus Lap-B



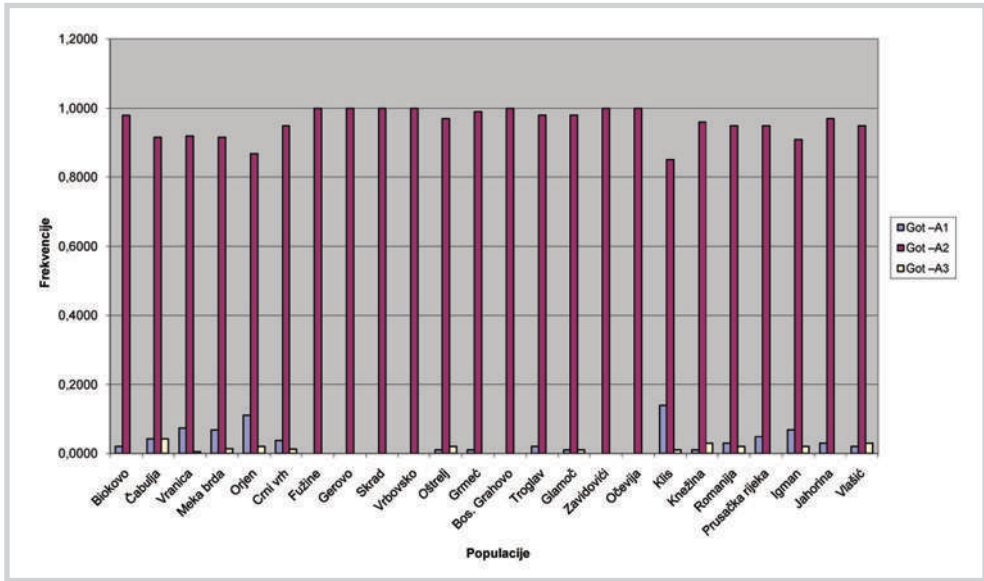
Slika 85. Genski lokus Fest-A

Za genski lokus Fest-A i B (Slika 85) je svojstven monomorfizam, izuzev za četiri populacije iz zapadne Hrvatske koje pokazuju polimorfizam za genski lokus Fest-A.

Genski lokus Got-A u ovom istraživanju samo populacije Bos. Grahovo, Zavidovići i Očevija, kao i četiri zapadnohrvatske populacije ne pokazuju varijabilnost (Slika 86). Također je u Sloveniji isti rezultat registriran od strane Brusa i Longauera (1995). U istraživanjima Longauera (1994) gen-lokus Got-A pokazuje monomorfizam u sjevernim i južnim populacijama, a slabu učestalost alela A_3 samo u južnim Karpatima. U ovom istraživanju javlja se u populaciji Oštralj, Glamoč, Klis, Romanija i u nešto većoj učestalosti u populaciji Knežina. U Bavarskoj je registrirana mala varijabilnost ovoga genskog lokusa (Konnert 1996), a u istraživanjima iz 1993. malu varijabilnost u južnim za samo dva alela, A_1 i A_2 , što potvrđuje Breitenbach-Dorfer i sur. (1997).

Istraživanja Konnert i Ruetza (1997) provedena na *Abies grandis* pokazala su da postoje sva tri alela s tim što je više populacija pokazalo monomernu strukturu. Inače su ti aleli registrirani i u drugih vrsta iz roda *Abies*: *A. balsamea* (Neale i Adams 1981), *A. borisii-regis* (Fady i

Conkle 1992), *A. equi-trojana*, *A. bornmuelleriana* (Konnert i sur. 1992),
A. amabilis (Davidson 1991) i *A. lasiocarpa* (Shea 1988).

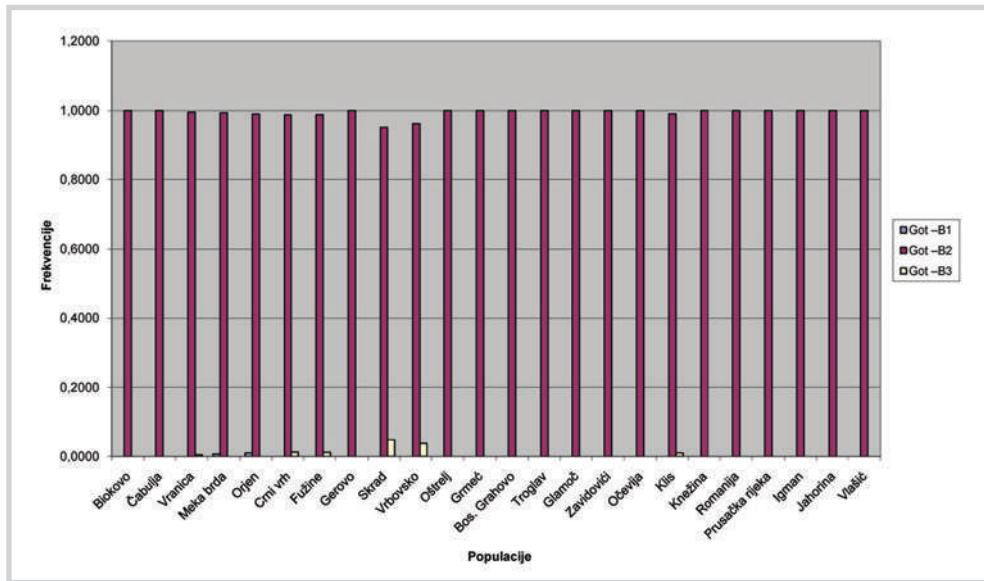


Slika 86. Genski lokus Got-A

U ovom istraživanju bosanskih populacija gen-lokusa Got-B pokazuje raznolikost kod osam populacija, dok je kod ostalih monomorfna. Alel B_4 koji je registriran samo u jednoj istočnoj populaciji Klis, može poslužiti za određenje ove populacije, kao rijetki alel (Slika 87). U istraživanjima provedenim u Sloveniji nije registriran alel B_1 (Brus i Longauer 1995), a registriran je u populacijama Poljske i Ukrajine (Longauer 1994).

Prema istraživanjima Konnert i Bergmanna (1995), veći udio alela B_1 registriran je u Tatrama, južnim Karpatima i u Bugarskoj. Alel B_3 više je vezan za srednju i zapadnu Europu, a registriran je i na Pirenejima. Breitenbach-Dorfer i sur. (1996) u Austriji su registrirali samo dva

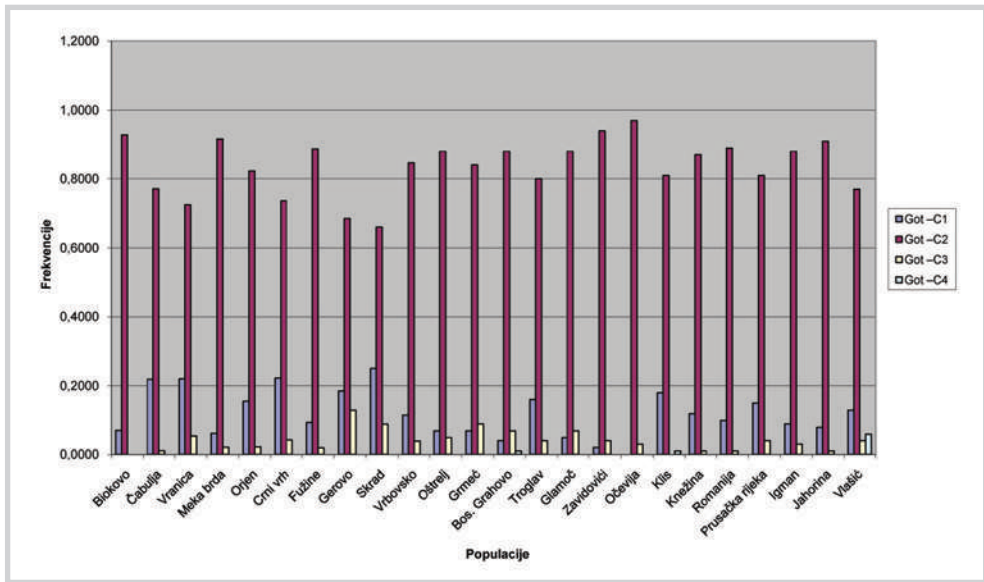
alela, kao i Konnert (1993) u Njemačkoj. Iz toga proizlazi da je svojstvo pojavljivanja alela B_1 usko povezano s južnim provenijencijama.



Slika 87. Genski lokus Got-B

Kod genskog lokus Got-C dobiven je visoki polimorfizam, a alel C_4 je registriran samo u tri populacije, Bosansko Grahovo, Vlašić i Klis, te može poslužiti za njihovu identifikaciju (Slika 88). Prema Mölleru (1986) učestalost alela C_1 povećava se od zapada prema istoku i jugu, što u ovom istraživanju nismo potvrdili. Razlog je možda u specifičnom rasprostiranju bosanskohercegovačkih populacija obične jele. Konnert i Bergmann (1995) u svom istraživanju navode postojanu klinu varijabilnost za taj gen-lokus, a Konnert (1993, 1995b) dobiva sličan rezultat za središnju, istočnu i južnu Europu. I Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) u svom radu također potvrđuju te rezultate, tako da se vidi klinalna varijabilnost od zapada prema istoku Austrije.

Pri sprovedenim istraživanjima na *Abies grandis* registrirana su tri C alela (Konnert i Ruetz 1997), a u istraživanjima na smreki Konnert i Schmidth (1996) također su registrirali tri alela za taj gen-lokus.

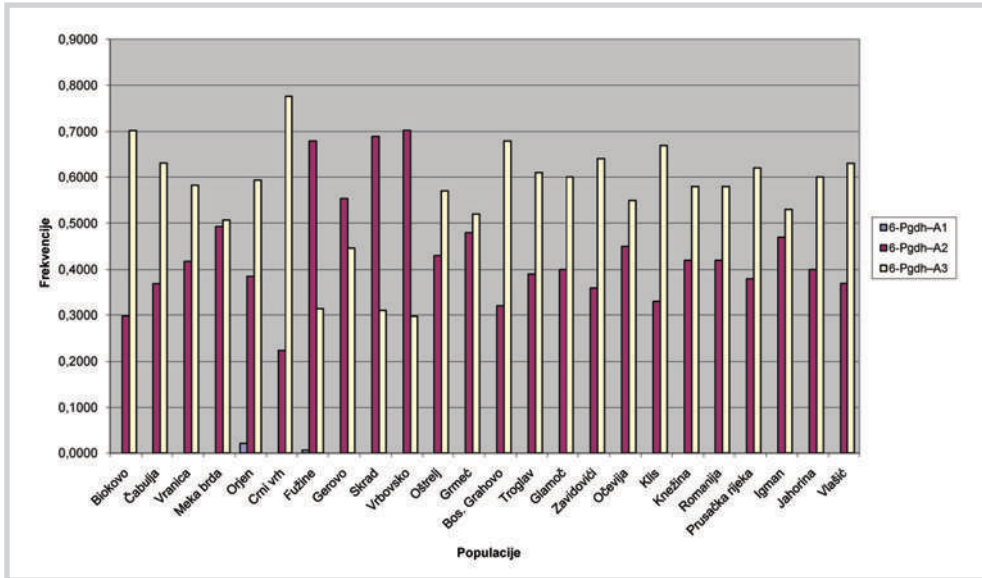


Slika 88. Genski lokus Got-C

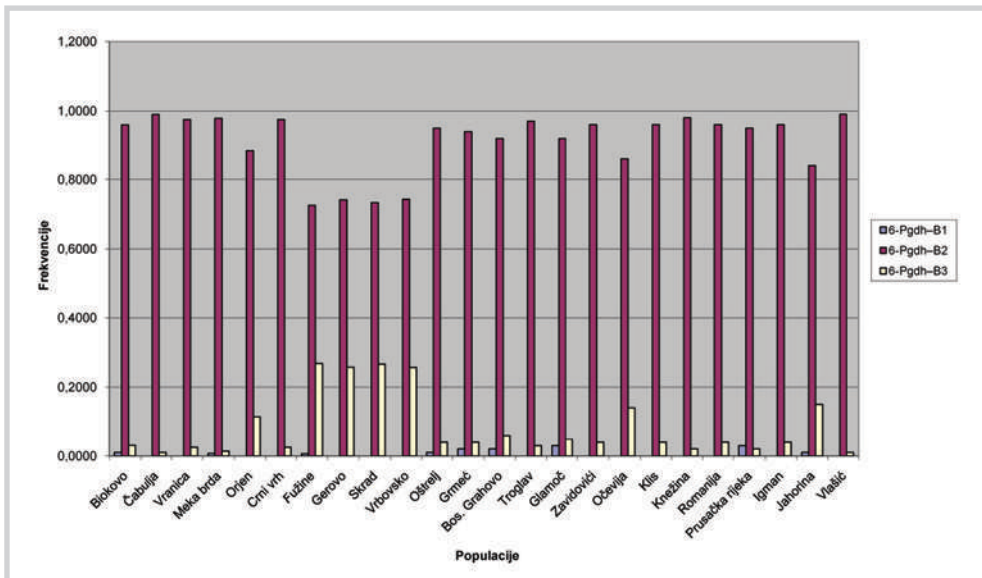
Gen-lokus 6-Pgdh-A je predstavljen s tri alela, a prema Hüssendorferu i sur. (1995), taj gen-lokus u promatranoj migracijskoj zoni na gelu ima četiri trostruke vrpce, što je ustanovljeno i u ovom istraživanju (Slika 89).

Alel A_1 je registriran samo u populaciji Orijen kod nas, te u populaciji Fužine u zapadnoj Hrvatskoj. Stoga ova dva rijetka alela mogu poslužiti kao specifični identifikatori populacija. Za južnu Njemačku Konnert (1995b) navodi učestalost za alel A_1 od 0,11 do 0,56. Prema Longaueru (1994) i Konnertovoj (1995b) u Europi je ustanovljena izrazita klinalna varijabilnost ovog genskog lokusa. Alelne učestalosti se od sjeverozapada prema jugoistoku smanjuju, tako da je učestalost u Češkoj 0,58, a u Bugarskoj 0,27, što nije ustanovljeno u ovom istraživanju.

Kod genskog lokusa 6-Pgdh-B registrirana su tri alela. Alel B_1 ima prilično malu srednju učestalost, jer se javlja s malom učestalošću u osam populacija (Slika 90). Inače, alel B_1 je registriran u četiri od



Slika 8g. Genski lokus 6-Pgdh-A



Slika 9g. Genski lokus 6-Pgdh-B

pet zapadnobosanskih populacija, što ukazuje na njegovo zapadno podrijetlo. Alel B_2 i B_3 registrirani su u svim istraživanim populacijama. Konnert i Bergmann (1995) u svom istraživanju s 48 provenijencija, u populaciji iz Bosne (vjerojatno s područja Olova) i Hrvatske (Papuk) su registrirali alel B_3 . U istraživanjima Longauera (1994) i Brusa i Longauera (1995) registrirana su dva alela za ovaj gen-lokus, a pokazuju klinalnu raznolikost. Za razliku od njih Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) u svom istraživanju nalaze tri alela za gen-lokus 6-Pgdh-B, što također imamo u ovom istraživanju. Dobivene razlike između učestalosti alela u ovom istraživanju mogu poslužiti kod određenja i razdvajanja zapadnih i istočnih populacija u Bosni i Hercegovini.

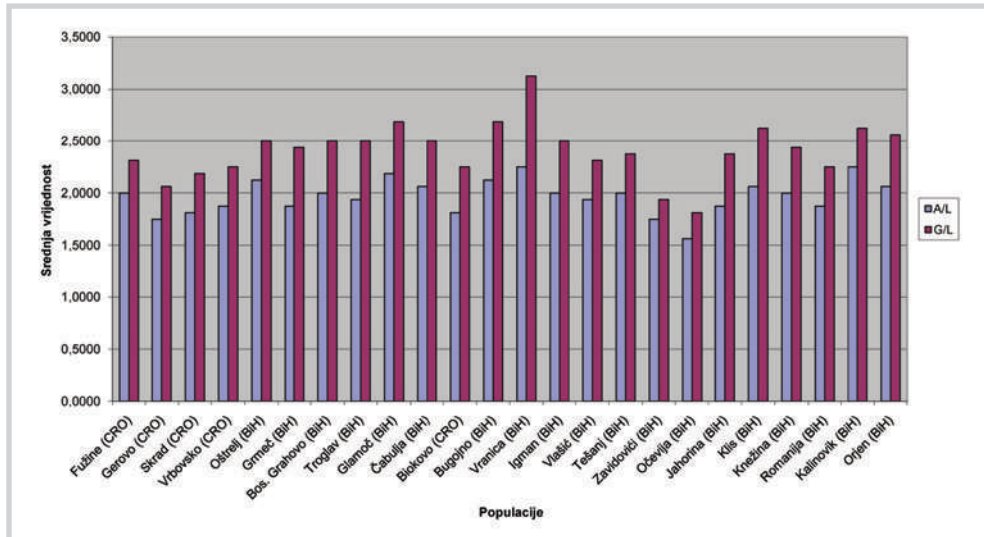
Dva gen-lokusa i dimerna struktura utvrđena je i kod *Abies frasieri* (Jacobs i sur. 1984), *A. lasiocarpa* (Shea 1989), *A. pinsapo* (Pascual i sur. 1993). Ostali autori izvještavaju samo o kontroli jednog lokusa u *A. balsamea* (Neale i Adams 1992) i *A. amabilis* (Davidson 1990).

Osnovni genetski pokazatelji

U ovom istraživanju provedenom na 24 prirodne populacije, u kalkulaciju su uzeti svi genski lokusi bez obzira da li su pokazali polimorfnost ili monomorfnost. Posebnu težinu dobivenim rezultatima daje i pojavljivanje rijetkih alela, kao što su Got-B₁ i B₄, Got-C₄, Idh-B₂ i B₅, 6Pgh-A₁, Pgi-B₁, Pgm-A₁ i A₄, Sdh-A₃.

Prosječan broj alela je dat u tablici 88, a srednje veličine se kreću od 1,5625 u veoma interesantnoj populaciji Očevija koja je nastala sustavnim uklanjanjem bukve kroz stoljeća, do 2,2500 u populacijama Vranica i Kalinovik, koje pokazuju najveći stupanj vitalnosti. Inače 11 populacija ima manju prosječan broj alela od 2,0000, a čak 13 populacija pokazuje veličinu od 2,0000 i više. Najveću alelnu frekvenciju pokazuje genski lokus Lap-B sa 3,8750, a slijedi Got-C sa 3,0000, dok najmanju frekvenciju imamo kod genskog lokusa Fest-B koji se pokazao kao monomorfan. Inače od istraživanih genskih lokusa njih 9 pokazuje manje frekvencije od 2,0000, dok su u ostalih veće vrijednosti (Slika 91).

U istraživanjima u Sloveniji Brus i Longauer (1995) dobili su vrijednosti za prosječan broj alela od 1,8 do 2,0. Konnert (1995a) za područje južne Njemačke navodi podatke za broj alela po lokusu od 1,62 do 1,84. Ista autorica (Konnert 1995b) navodi podatke za niz europskih



Slika 91. Srednje alelne (A/L) i genotipske vrijednosti (G/L)

populacija, s tim što je iz njezinih podataka vidljivo postojanje kinalne varijabilnosti po pitanju alela/lokusa (A/L), tako da su vrijednosti od 1,66 u sjeverozapadnim područjima rasprostranja obične jele do 2,30 u jugoistočnim dijelovima rasprostranja (Bugarska). Za jednu populaciju iz Bosne isti navode veličinu od 2,08, što odgovara nekoj poziciji u središnjoj Bosni (vjerojatno Gornja Stupčanica, Olovo, materijal iz IUFRO pokusa). Paule i sur. (2002) u svom su radu dobili za Karpate alelne vrijednosti od 2,0 do 2,2.

U istraživanju s *Abies grandis* Konner i Ruetz (1997) registriraju vrijednost srednjeg broja alela po lokusu u rasponu od 1,54 do 2,09.

Postotak polimornih lokusa iznosi od 62,50% u populaciji Biokova do 81,25% u populaciji Vranice i Mekih brda. To su razmjerno velike vrijednosti, što upućuje na veliku polimorfnost istraživanih populacija. Brus i Longauer (1995) u svom su istraživanju dobili vrijednost od 62,50% do 81,30%, što je praktično ista širina variranja kao u ovom istraživanju. Konner (1995a) u svom istraživanju navodi vrijednosti od 46% za populacije sjeverne Bavarske do 69% za populacije južnog Schwarzwalda i Alpa.

U istraživanjima koja su Konner i Ruetz (1997) proveli na *Abies grandis* dobivene su vrijednosti od 36% do 63%.

Prema tome, ovo je istraživanje pokazalo da se naše populacije uklapaju u prethodna istraživanja. Također, ovi rezultati upućuju na veću varijabilnost broja alela kod južnih provenijencija, što je jedan od znakova da je obična jela preživjela posljednje ledeno doba u južnim dijelovima Europe, i da je na svojim seobama prema sjeveru izgubila dio alela. Na to upozoravaju Konnert i Bergmann (1995) u svom istraživanju sa 48 provenijencija obične jele iz Europe. Osim toga, Konnert (1995b) upozorava da na visoku varijabilnost u Bugarskoj utječe i hibridizacija obične jele s grčkom jelom.

Tablica 88. Prosječan broj alela (A/L), multilokusni (V_p) i genpool (V_{gen}) diverzitet, stvarna (H_o) i očekivana (H_e) heterozigotnost, koeficijent inbridinga (F_{IS}) i diferenciranost prema Gregoriusu (D_j).

Populacija	Position	A/L	V_p	V_{gen}	H_o	H_e	F_{IS}	D_j
Fužine (CRO)	W	2,0000	21,0107	1,1715	0,1412	0,1469	0,0049	0,1820
Gerovo (CRO)	W	1,7500	25,9576	1,1818	0,1543	0,1538	0,0489	0,1888
Skrad (CRO)	W	1,8125	41,4731	1,2115	0,1836	0,1746	-0,0358	0,1818
Vrbovsko (CRO)	W	1,8750	25,8972	1,1861	0,1422	0,1569	0,0422	0,1692
Oštrej (BiH)	W	2,1250	27,9938	1,1852	0,1525	0,1563	0,0356	0,1131
Grmeč (BiH)	W	1,8750	22,6272	1,1631	0,1325	0,1402	0,0618	0,1148
Bos. Grahovo (BiH)	W	2,0000	20,8575	1,1632	0,1313	0,1403	0,0870	0,1104
Troglav (BiH)	W	1,9375	29,4664	1,1857	0,1475	0,1566	0,0491	0,1156
Glamoč (BiH)	W	2,1875	34,4865	1,2047	0,1450	0,1699	0,0939	0,0991
Čabulja (BiH)	SW	2,0625	27,6912	1,1958	0,1706	0,1637	-0,0415	0,1458
Biokovo (CRO)	SW	1,8125	17,8568	1,1684	0,1113	0,1441	0,1203	0,1774
Bugojno (BiH)	C	2,1250	30,8315	1,1906	0,1450	0,1601	0,0113	0,1065
Vranica (BiH)	C	2,2500	42,3667	1,2260	0,1725	0,1844	0,0622	0,1572
Igman (BiH)	C	2,0000	26,0978	1,1844	0,1413	0,1557	0,0310	0,1156
Vlašić (BiH)	C	1,9375	28,4925	1,1849	0,1538	0,1560	-0,0092	0,1260
Tešanj (BiH)	C	2,0000	18,8688	1,1706	0,1393	0,1457	0,1153	0,1621
Zavidovići (BiH)	C	1,7500	14,1134	1,1478	0,1525	0,1288	-0,1206	0,1277
Očevija (BiH)	C	1,5625	13,2290	1,1358	0,1525	0,1195	-0,1865	0,1238
Jahorina (BiH)	E	1,8750	29,3472	1,8883	0,1563	0,1585	-0,0018	0,1110
Klis (BiH)	E	2,0625	27,2196	1,1902	0,1438	0,1598	0,0964	0,1322
Knežina (BiH)	E	2,0000	24,8993	1,1771	0,1525	0,1505	-0,0203	0,1266
Romanija (BiH)	E	1,8750	20,8882	1,1641	0,1450	0,1409	-0,0163	0,1131
Kalinovik (BiH)	SE	2,2500	19,4489	1,1699	0,1241	0,1453	0,0762	0,1530
Orjen (BiH)	S	2,0625	26,3375	1,1935	0,1531	0,1621	0,0597	0,1487

Heterozigotna raznolikost

Vrlo je važno mjerilo genetičke raznolikosti u populaciji heterozigotnost, koja zapravo označava broj heterozigota u populaciji. Prema Borojević (1985), heterozigotnost populacije izračuna se tako da se najprije odredi frekvencija heterozigotnih individua na svakom lokusu, a zatim se izračuna prosjek za analizirane lokuse.

Kod analize stvarne i očekivane heterozigornosti ne možemo donijeti valjan zaključak o grupiranju populacija. Najveća heterozigotnost je registrirana kod populacije Skrad sa veličinom od 0,1836, a slijedi populacija Vranica sa 0,1725, dok kad su u pitanju očekivane vrijednosti ove dvije populacije zamjenjuju mjesta (Tablica 88, Slika 92).

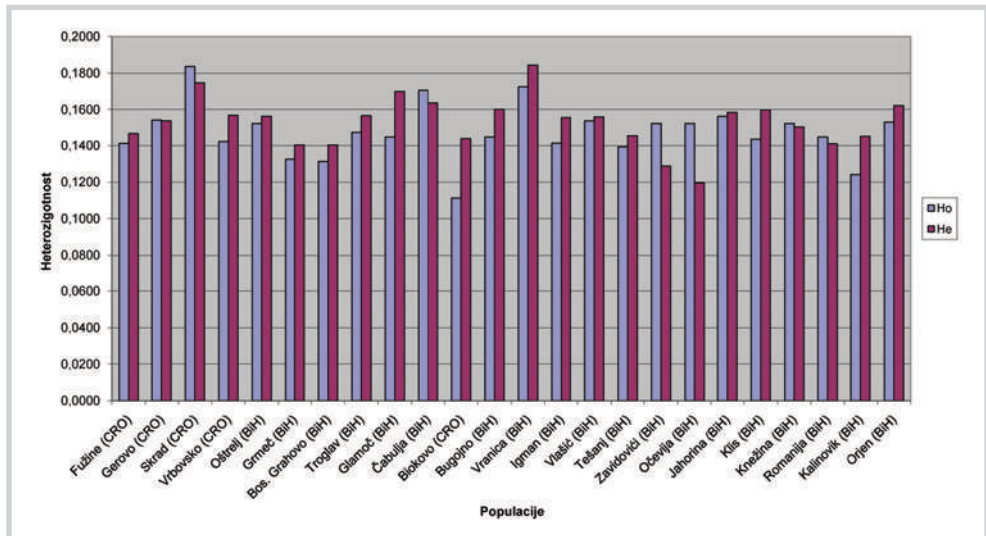
To su inače prilično male vrijednosti prema onim koje navodi Longauer (1994) u svom istraživanju za južne provenijencije, a koje iznose od 0,188 u Karpatima do 0,2040 u Bugarskoj. U Njemačkoj Konnert (1993) i Henkel i sur. (1997) navode vrijednost heterozigotnosti za južne provenijencije 0,259, a za sjeverne 0,2060, što je prilično velika heterozigotnost. Gannini i sur. (1994) u svom su istraživanju dobili dosta nisku heterozigotnost, a najveća je bila u adultnih stabala i iznosila je 0,142. Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) navode vrijednosti za heterozigotnost zapadnih populacija od 0,4740, sjevernih od 0,3130, a istočnih 0,4030. Više istraživača (Hamrick 1989, Ledig 1986, Bergmann i sur. 1990) u svojim je radovima ustanovilo da veličina heterozigotnosti izravno utječe na propadanje obične jele u Europi. Tako Larsen (1986a i b) postavlja hipotezu da mala varijabilnost u obične jele uzrokuje njezino propadanje. To se temelji na istraživanjima u zapadnoj Europi, gdje obična jela ima prilično nisku varijabilnost u odnosu prema južnim i istočnim provenijencijama, koje su prilično stabilne i nisu u fazi propadanja. U tim je istočnim populacijama (Ukrajina, Rumunjska) Longauer (1994) ustanovio visoku heterozigotnost. Ipak, glavni su uzrok propadanja obične jele, prema Larsenu (1986b), Bergmannu i sur. (1990) te Silvertownu i Doustu (1995), velike klimatske promjene, koje u središnjoj Europi uvjetuju jaki selekcijski pritisak, zatim industrijska zagađenja, prisutni genetski drift kojemu su bile izložene pribježišne populacije prije nego što su se selile na sjever i njihove različitosti koje su nastale na seobenom putu. Osim toga, na heterozigotnost populacija uvelike utječe i tip gospodarenja običnom jelom u određenim područjima, tijekom vremena, što je usmjeravalo raznolikost u ovom ili onom smjeru.

Ova se pak istraživanja teško mogu usporediti s navedenima i moramo ih uzeti s rezervom jer su iskorišteni različiti enzimski sustavi, a da bi bili usporedivi, trebalo bi unificirati istraživanja s enzimskim sustavima. Isto je tako bilo koje svojstvo vrlo teško vezati uz propadanje obične jele jer većina istraživanih populacija pripada malim izoliranim populacijama, osim populacija Glamoča, Bos. Grahova, Oštrelja, Grmeča, Vranice, Jahorine, Romanije i Knežine, i Gorskog kotara u Hrvatskoj. Populacije Gorskog kotara su inače u zoni s velikim propadanjem obične jele, a populacija Vranice ubraja se u populacije koje nisu u zoni propadanja i zasad pokazuje veliku vitalnost, što se ne može reći za populaciju Oštrelj i Grmeč na kojima je zabilježeno sušenje jele tijekom 2004. godine. Tako je između tih populacija registrirana razlika u heterozigotnosti od oko 2%.

Konnert i Ruetz (1997) u svom su istraživanju vrste *Abies grandis* dobili dosta male vrijednost za heterozigotnost, od 0,092 do 0,174.

Henkel i sur. (1997) navode u svom istraživanju vrijednost heterozigotnosti od 0,125 do 0,212, što su prilično visoke vrijednosti za heterozigotnost u području Njemačke.

Teoretska heterozigotnost pokazuje nam veličinu heterozigotnosti, koja bi trebala biti ako je populacija u stanju ravnoteže (ekvili-



Slika 92. Stvarna (Ho) i očekivana (He) heterozigotnost u istraživanim populacijama

brija) prema Hardy Weinbergovu zakonu. Najveću teoretsku heterozigotnost pokazuje populacija Vranice, sa 0,1846, što je pak veća vrijednost od stvarne heterozigotnosti, dok najmanju pokazuje populacija Očevija zbog specifičnog nastanka te populacije, odnosno zbog povijesnih dešavanja o čemu će se govoriti kasnije.

Raznolikost

To je svojstvo kompleksno s obzirom na to da ga grade alelna i genotipska vrijednost, odnosno najbolji je pokazatelj multilokusna raznolikost (v_{gen}) i gene pool raznolikost (v_p), koji ne pokazuje grupiranje populacija prema zemljopisnim područjima. Tako multilokusna raznolikost (v_{gen}) pokazuje da populacija Vranice s veličinom 42,3667, daje veliku raznolikost u odnosu prema populaciji Očevija s veličinom 13,2290 (Tablica 88), što potvrđuje veliki polimorfizam, odnosno velika raznolikost u populaciji Vranice. Druge populacije zauzimaju intermedijalne položaje.

Multilokusna raznolikost, prema Konnert (1993) za Bavarsku iznosi od 6,91 do 49,87, a u istraživanju 1996b vrijednosti su iznosile od 14 do 34. Za Baden Württemberg Konnert (1993b) daje vrijednosti od 16,5 do 17,08. Ista autorica u radu iz 1995. navodi vrijednosti za Bavarsku i Baden Württemberg od 7,0 do 54. Navedene vrijednosti dobivene za populacije iz južne Njemačke odnose se prema rezultatima ovog istraživanja tako da se dijelom vrijednosti preklapaju, a dijelom su veće vrijednosti.

U svom istraživanju Konnert (1995b) daje manje vrijednosti multilokusne raznolikosti pa tako navodi vrijednosti za V_{gen} od 7,4 u Hrvatskoj i 9,7 u Bosni (vjerojatno materijal iz pokusa provenijencija - provenijencija Donja Stupčanica), dok se u južnom Schwarzwald u vrijednost kretala do 54, s izuzetkom Bugarske gdje se zbog vjerojatnog utjecaja hibridizacije s grčkom jelom dobivaju visoke vrijednosti (49,85).

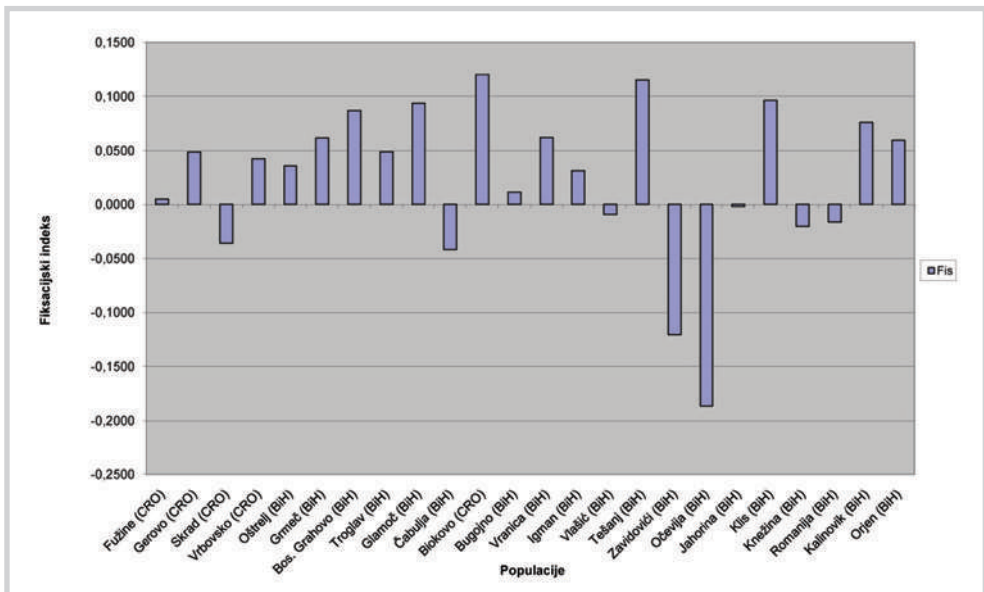
Fiksacijski indeks (Wrightov koeficijent inbridinga)

Fiksacijski indeks omogućuje nam da ustanovimo postojanje inbridinga u populacijama, i to na taj način da negativne i nulte vrijednosti pokazuju heterozigotnost gen-lokusa. Pozitivne vrijednosti fiksa-

cijskog koeficijenta (F) upućuju na postojanje inbridinga (Bergmann 1990), a označavaju mjeru odstupanja promatrane heterozigotnosti od očekivane Hardy Weinbergove ravnoteže (Morgenstern 1996).

Kalkulacijom fiksacijskog indeksa da je ukupni koeficijent inbriding (F_{IT}) u populacijama zapadnog Balkana 2,34 % (Tablica 88), dok se u populacijama kreće od -18,65% kod populacije Očevija, koja je nastala kroz prirodnu sukcesiju nakon masovne sječe bukve (Ballian 2010), do 12,03% kod populacije Bikovo, koja je mala i jako izolirana (Slika 93). Breitenbach-Dorfer (1997) u svom je istraživanju dobila vrijednost ukupnog fiksacijskog indeksa od 7,7 %.

Schroeder (1989.a) pri istraživanju s dva enzimska sustava (Idh i 6-Pgdh) dobila je pozitivne srednje vrijednosti s malim fiksacijskim indeksom, što ipak upućuje na postojanje inbridinga u devet istraživanih populacija. Giannini i sur. (1994) u svom istraživanju s tri enzimska lokusa (Got, Idh i Shd) dobili su pozitivne vrijednosti fiksacijskog indeksa, što govori da je istraživana populacija Campolina u sjevernim Apeninima opterećena inbridingom.



Slika 93. Fiksacijski indeks u istraživanim populacijama obične jele

Diferenciranost

Kada je u pitanju ukupna diferenciranost istraživanih populacija (Dj) ona iznosi 13,75% što je jako velika vrijednost spram onih iz zapadne i centralne Europe koju navodi Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) te Hamrick i sur. (1992) za četinjače i običnu jelu. Kako je analizirano relativno malo područje rasprostiranja obične jele na zapadnom Balkanu, nije očekivana tako velika diferenciranost. Ovdje se trebamo osvrnuti na grupu populacija iz zapadne Hrvatske koje praktično svojim visokim vrijednostima znatno odstupaju od ostalih, kao i položaju koji je zapadno od migracijske kontaktne zone.

Poseban fenomen je mala diferenciranost populacije Glamoč, sa veličinom od 9,91% (Tablica 88), koja je za Europske prilike visoka. Razlog ovome treba potražiti u samom položaju populacije koji se nalazi u neposredno kontaktnoj zoni uz vjerojatno brzi tok gena, kao i centralnoj poziciji unutar velikog jelovog kompleksa, te njenoj otvorenosti spram drugih populacija.

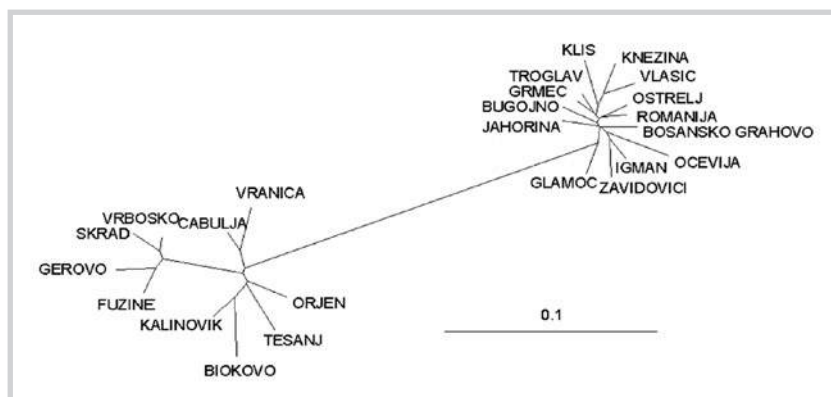
Kako navodi Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) u svom istraživanju dobila je veće vrijednosti koje su prilično veće nego kod drugih četinjača, dok je i u ovom istraživanju, također za relativno malo područje dobivena jako velika vrijednost.

Konnert (1993) u svom istraživanju dobila je vrijednosti diferencijacije između genskih lokusa od 2,7% do 13,2%, a u istraživanju 1995(b) godine vrijednosti su iznosile od 3% do 7,6%, dakle nešto su niže nego u ovom istraživanju. Pri istraživanju genetičke varijabilnosti obične jele u Bavarskoj Konnert (1996.b) dobila je srednje vrijednosti genetičke diferencijacije od 3,0% do 6,4%, ovisno o populaciji. Srednja vrijednost iz ovog istraživanja približna je vrijednosti diferencijacije genskih lokusa (Dj) koju su dobili Konnert i Ruetz (1997) za *Abies grandis*, a iznosi 5,2%. Ruetz i sur. (1996) u svom su radu dobili veličine od 2,5% do 5,4% kad su ispitivali reprodukcijски materijal obične jele.

Klaster - na temelju odstojanja po Gregoriusu (1978) i binarne matrice alela

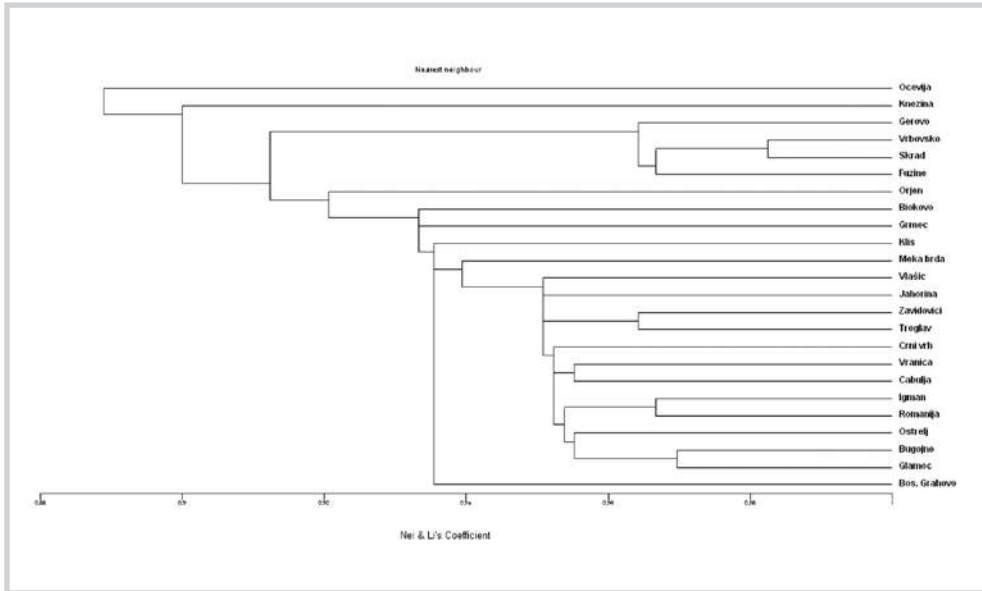
Na temelju dobivenog kladograma (Slika 94) proisteklom iz genetskih distanci prema Gregoriusu primjetno je grupiranje populacija iz zapadne Hrvatske (Gerovo, Fužine, Skrad, Vrbovsko) što je bilo i za

očekivati. Te se populacija inače nalaze zapadno od kontaktne zone. S druge strane, bosanskohercegovačke populacije ne pokazuju nikakvu zakonitost u povezivanju, a razlog je u jakom i nepravilnom toku gena od kontaktne zone ka istoku, te obrnuto. Ovdje bi se moglo i osvrnuti na antropogeni utjecaj, koji je veoma prisutan u centralnoj Bosni.



Slika 94. Kladogram na temelju genetskih odstojanja

Binarna matrica uporabljena za Klaster analizu pokazuje nešto drugačiju situaciju (Slika 95). Također je prisutno grupiranje populacija iz zapadne Hrvatske, ali i znatno odstupanje populacije Očevija i Knežina od ostatka bosanskohercegovačkih populacija. Očevija je bila kroz povijest pod jakim antropogenim utjecajem preko 1.000 godina, dok je populacija Knežina populacija sa najmanjim utjecajem toka gena sa zapada, te u sebi sadržava najviše alela svojstvenih za balkansko glacijalno pribježište. Ostale populacije su pod većim ili manjim utjecajem toka gena sa zapada. Tako je povezivanje populacije u ovom Klasteru prema sličnosti i jačini utjecaja toka gena koji je uvjetovan i lokalnim zemljopisnim barijerama, a u središnjoj Bosni i zbog povijesnog nestanka obične jele (Beus 1984).



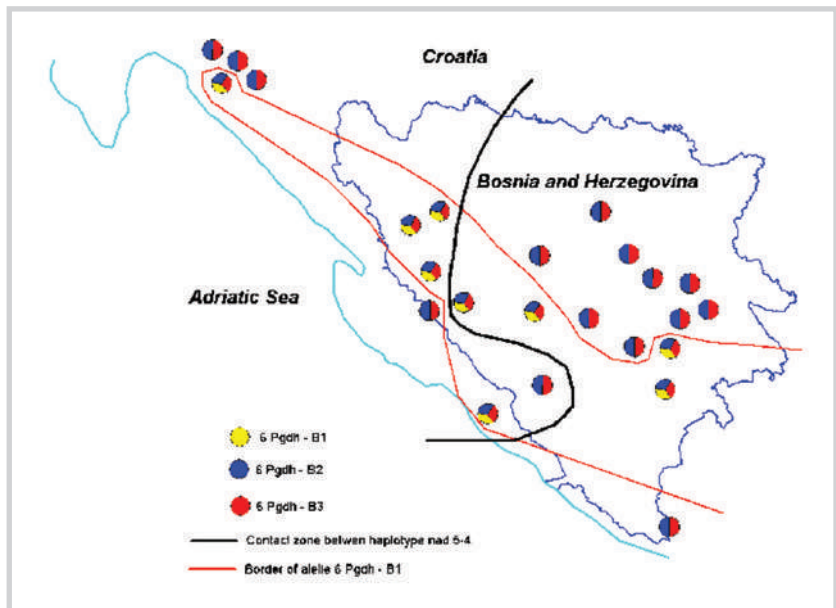
Slika 95. Dendrogram na temelju binarne matrice prema Nei i Li's koeficijentu

Analiza hibridne zone prema istraživanim alelima

Kako se iz statističke analize koja je sprovedena na matrici sa svim genskim lokusima nije moglo doći do valjanih rezultata, do pravilne klinalne varijabilnosti za neke alele, nisu se dobila željena grupiranja i diferenciranja, zbog specifičnosti dinarskih Alpa. Poznato je da u njima, kad su posrijedi uvjeti okoliša, na veoma malom prostoru imamo velika raznolikost klimatskih, edafskih, orografskih i drugih čimbenika, već na 10 km udaljenosti, a koji izravno utječu na genetičku strukturu i diferencijaciju različitih ekotipova (Ballian 2003).

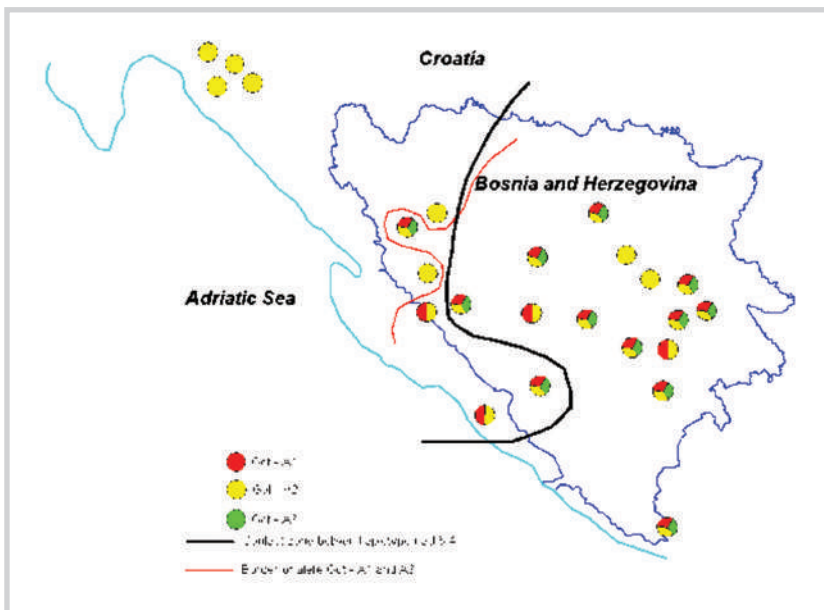
U ovom pregledu su predstavljeni samo oni genski lokusi kod kojih je bilo moguće registrirati hibridno područje utjecaja.

Genski alel 6Pgdh-B1 je svojstven za područje južnog Balkana i trebali bi da ga nalazimo do granice rasprostiranja obične jele podrijetlom iz Balkanskog glacijalnog pribježišta. Ipak ovdje je situacija veoma interesantna, jer ovaj alel pratimo duž južnih dinarskih planina, te prelazi zapadno od granicu dobivene na temelju haplotipske raščlambe (*nad5-4*) (Gömöry i sur. 2004) (Slika 96). Tako ga registriamo u populaciji Fužine u Gorskom kotaru, a registriran je i u sjevernoj Italiji, Tatrarna, centralnom masivu u Francuskoj (Konnert i Bergmann 1995), te Alpama (Breitenbach-Dorfer i sur. 1997). Daljnjom analizom možemo primijetiti da ovaj alel nije registriran u grupi populacija koje su sjeverno i sjeveroistočno rasprostranjene od zone rasprostiranja alela B1 (Slika 96). U istraživanju sprovedenom od strane Konnert i Bergmann (1995) nije registriran u populaciji iz Bosne i Hercegovine (Donja Stupčanica = Klis) jer ta populacija pripada skupini sjeveroistočnih populacija.



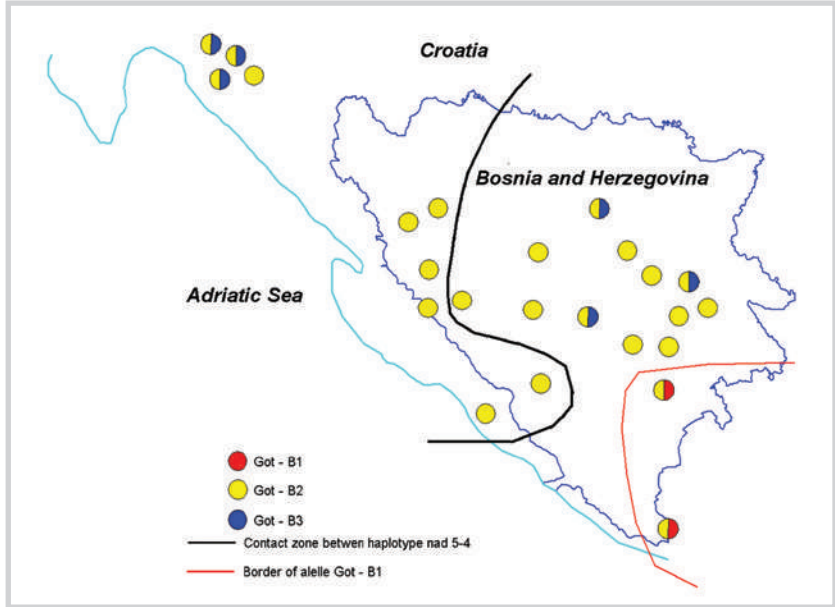
Slika 96. Genski lokus 6Pgh-B

Kod genskog lokusa Got-A, interesantna je pojava alela A1 i A3 u području rasprostiranja koje istočno od haplotipske granice (Slika 97), ipak iste možemo naći nešto malo na zapadu od iste granice, dok u Gorskom kotaru u Hrvatskoj nisu registrirani. Ovim se potvrđuje njihova balkanska pripadnost, a alel A2 je široko rasprostranjen i istočno od haplotipske granice.

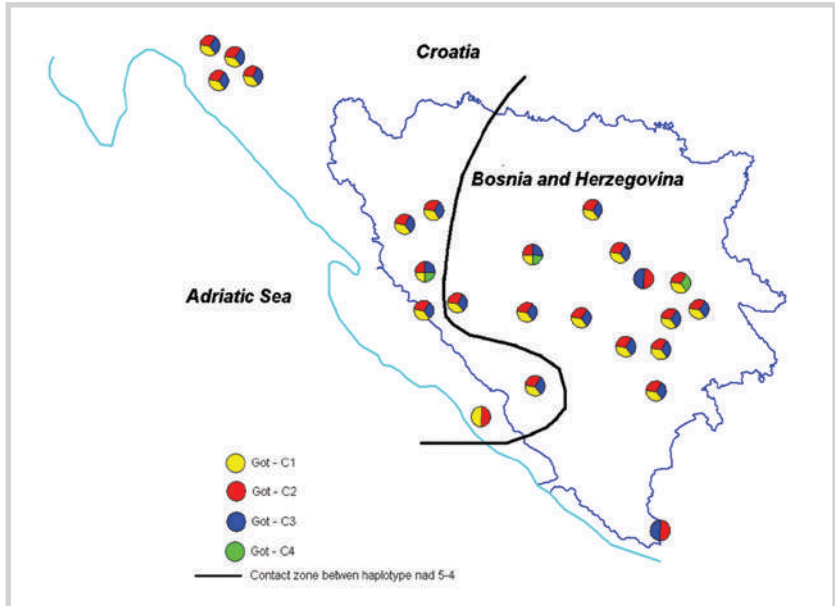


Slika 97. Genski lokus Got-A

Karakteristika genskog lokusa Got-B je da alele B1 nalazimo u populacijama Tatra, Karpata i Bugarske, a u ovom istraživanju registrirali smo ga u istočnoj Bosni u dvije populacije gdje mu granica rasprostiranja na zapad (Slika 98). Kod ovog genskog lokusa je interesantna pojava alela B3 koja je svojstvena za populacije zapadne Europe, ali nije registrirana u populacijama južne Italije (Konnert i Bergmann 1995), ali smo ga registrirali u populacijama Gorskog kotara i u tri populacije u Bosni do kojih prodire istočno od haplotipske granice koja je u zapadnoj Bosni.



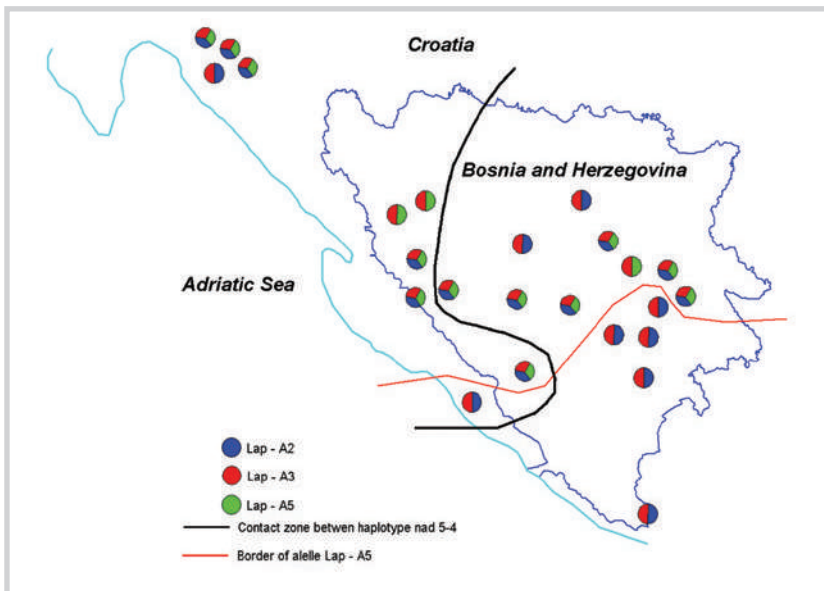
Slika 98. Genski lokus Got-B



Slika 99. Genski lokus Got-C

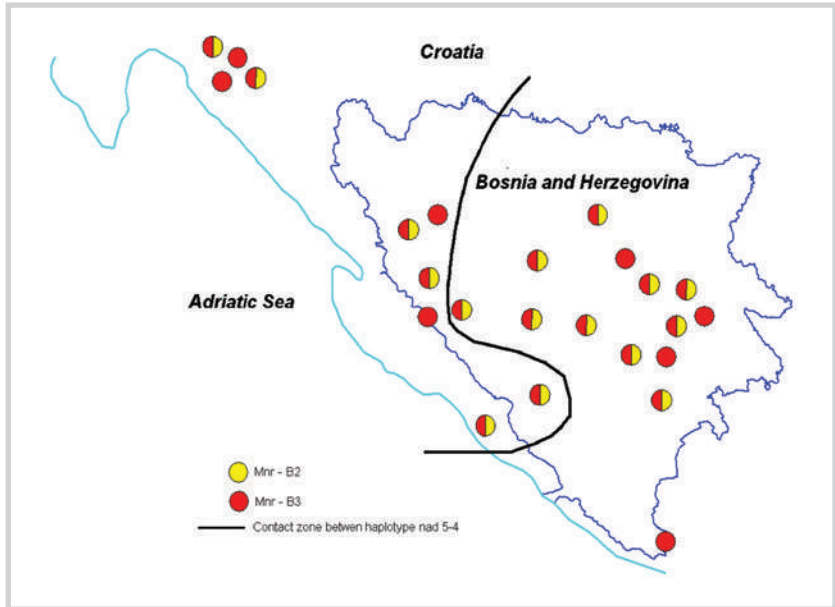
Za genski lokus Got-C (Slika 99) je svojstveno da pokazuje homogenost za tri alela, dok alel C₄ nalazimo u centralnom dijelu i nešto se više rasprostire istočno od haplotipske granice. Tako ga istočno nalazimo u dvije populacije, a zapadno u samo jednoj i to neposredno uz granicu. Zato možemo da pretpostavimo je taj alel svojstven za populacije podrijetlom iz balkanskog glacijalnog pribježišta, mada je prilično rijedak.

Kod genskog lokusa Lap-A imamo pojavljivanje alela A₅ koje je registrirano u zapadnom dijelu rasprostiranja obične jele obuhvaćene ovim istraživanjem, te se ovaj alel rasprostire od zapada pa do istočne Bosne gdje nestaje, dok nije registriran u jugoistočnim i južnim područjima, te u par sjevernih populacija (Slika 100). Tako ovaj alel prodire do istočnih populacije obične jele, preko haplotipske granice u zapadnoj Bosni.

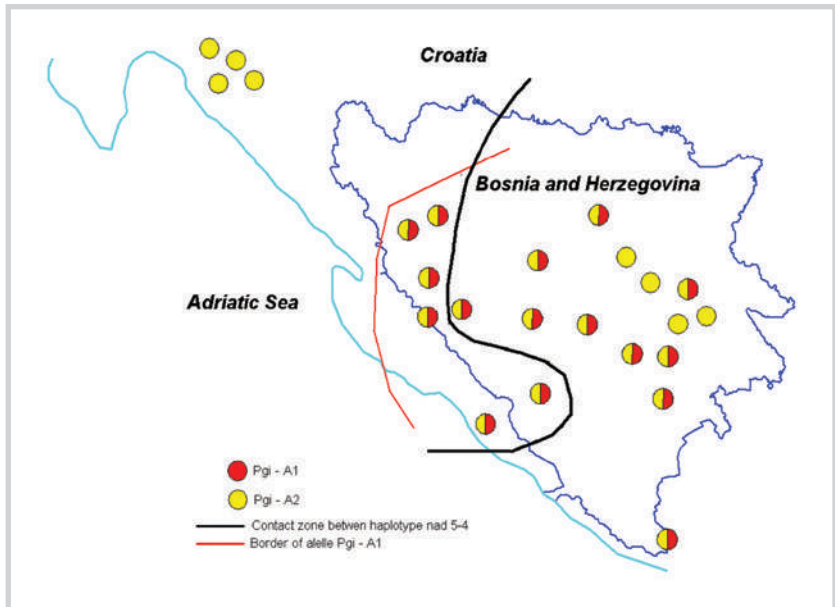


Slika 100. Genski lokus Lap-A

Što se tiče genskog lokusa Mnr-B, registrirani su samo aleli B₂ i B₃, te u registrirani praktično u svim populacijama s manjim izuzetkom u nepojavljivanju alela B₂ i sedam populacija (Slika 101). Inače alel B₂ je svojstven za populacije sa juga Apeninskog poluotoka gdje



Slika 101. Genski lokus Mnr-B

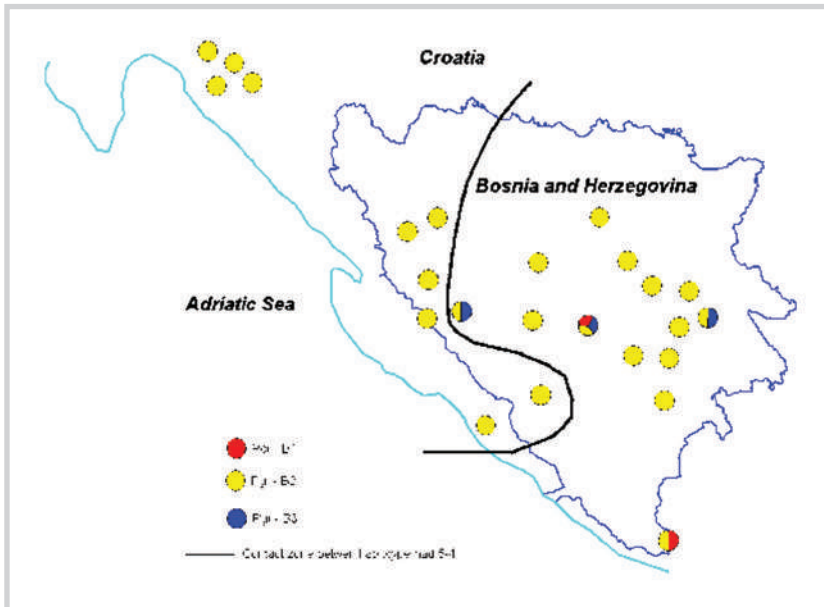


Slika 102. Genski lokus Pgi-A

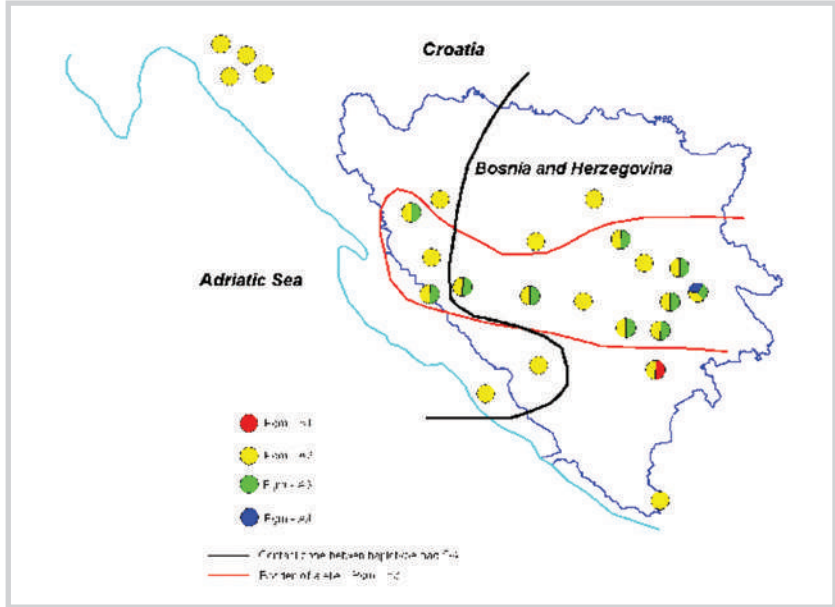
su ga registrirali Konnert i Bergmann (1995), kao i u istraživanim populacijama.

Za genski lokus Pgi-A je svojstveno pojavljivanje alela A1 u južnim populacijama Balkanskog poluotoka. U ovom istraživanju ga nalazimo i nešto malo zapadnije od haplotipske granice, ali ga već nismo registrirali u populacijama Gorskog kotara. Ovim možemo potvrditi da je njegovo rasprostiranje od Bugarske i Makedonije do zapadne Bosne (Slika 102). Drugi alel, A2 je svojstvene za sve populacije, a posebno one sa zapada.

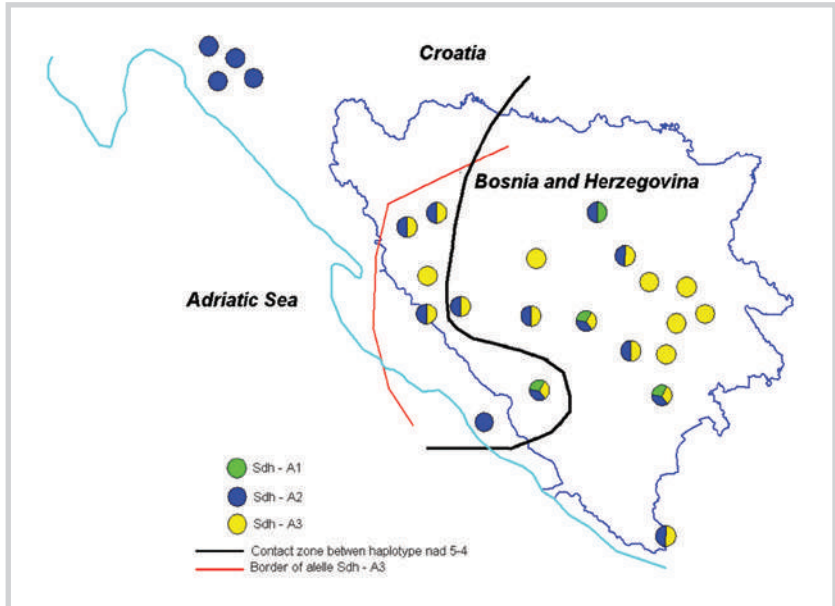
U području Bugarske registrirani su kod genskog lokusa Pgi-B aleli B1 i B3 (Konnert i Bergmann 1995). U našem istraživanju su također registrirani, ali samo kao rijetki aleli (Slika 103). Tako alel B1 nalazimo samo u dvije populacije, s tim da je najzapadnija u centralnoj Bosni (populacija Vranica), a druga krajnje južno (populacija Orjen). Kod alela B3 situacija je nešto drugačija, jer ga nalazimo u tri populacije s tim da je najzapadnija populacija uz samu haplotipsku granicu (populacija Glamoč), dok je druga u centralnoj Bosni (populacija Vranica) i jedna u istočnoj Bosni (populacija Knežina).



Slika 103. Genski lokus Pgi-B



Slika 104. Genski lokus Pgm-A



Slika 105. Genski lokus Sdh-A

Kod genskog lokusa Pgm-A može se primjeriti da alel A₂ nalazimo u svim populacijama, ali sa većom učestalošću kod zapadnih sjevernih i južnih populacija, dok alel A₃ imamo u centralnom dijelu Dinarida i doseže nešto malo zapadnije od haplotipske granice (Slika 104). Kod ovog genskog lokusa imamo i pojavu rijetkih alela kao što u su A₁ i A₄ koje nalazimo u istočnom dijelu Bosne.

Genski lokus Sdh-A pokazuje veoma interesantnu sliku gdje imamo područje sa pojavom homozigotnog stanja za alela A₃ u istočnoj Bosni, te alela A₂ u Hrvatskoj (Slika 105). Alel 3 nalazimo nešto malo zapadnije od haplotipske granice, a alel A₂ dopire do centralne Bosne i do južne populacije Orjen, što je posljedica njegovog kretanja ka istoku i jugu. Kod ovog genskog lokusa u središnjoj Bosni nalazimo i rijetki alel A₁, koji se nalazi u zoni miješanja alela A₃ i A₂, koja se nalazi u samom centralnom području Dinarida.

Analizom balkanskog migracijskog puta obične jele određena je kontaktna zona između jele podrijetlom iz dva glacijalna pribježišta (Gömöry i sur. 2004, Ivanković 2005). To istraživanje ipak nije moglo da pokaže kako daleko se osjeti utjecaj gen pool podrijetlom iz jednog i drugog pribježišta. Tako je ovim istraživanjem prikazan utjecaj apeninskog gen poola istočno od kontaktne zone. Analizom općih genetskih parametara koji su obrađeni u ovom istraživanju nije se mogao donijeti valjan zaključak kao ni analizom genetskih odstojanja koje smo prikazali kroz dendrogram. Samo je očekivano i u ovoj analizi dobiveno izdvajanje i grupiranje populacija iz zapadne Hrvatske koje pripadaju grupi populacija zapadno od kontaktne zone. Kod populacija koje se nalaze uz kontaktnu zonu, kao i onih istočno grupiranje nije pokazalo nikakvu pravilnost, niti kakvu izrazitu klinalnu varijabilnost. Za razliku od ovog istraživanja Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) dobivaju klinalnu varijabilnost i ukazuje da na nju utječu različiti čimbenici i adaptabilnost, duž ekološkog gradijenta jedne vrste, odnosno duž njenog migracijskog puta iz glacijalnog pribježišta. Stoga, osnovni razlog što nije dobivena klinalna varijabilnost u ovom istraživanju je u tome što u centralnim dinarskim Alpama (zapadnom Balkanu) nemamo značajno velike ekološke gradijente. To je razlog da se u ovom istraživanju ne možemo pohvaliti značajnom klinalnom varijabilnošću, mada postoje određene naznake kod pojedinih genskih lokusa. Glavni razlog za ovakvo stanje treba potražiti u vrlo heterogenim ekološkim prilikama koje vladaju u području dinarskih

Alpa (Stefanović i sur. 1983), gdje na jako malim udaljenostima, već na par kilometara, imamo velike ekološke suprotnosti, te fragmentiranost i pojavu genetskog drifta o čijem utjecaju uopće izvješćuju (Younge i sur. 1996; Gitzendanner i Soltis, 2000). Ovo je, također, veoma dobro uočljivo i u naglim promjenama šumske vegetacije, odnosno tipova šuma (Stefanović i sur. 1983), te nikako ne možemo govoriti o nekom većem kontinuiranom ekološkom gradijentu neke vrste, kao što je to slučaj u centralnoj i istočnoj Europi, odnosno Alpima i zapadnim Karpatima ako je u pitanju obična jela.

Zbog rečenog, kod donošenja bilo kakvih zaključaka treba da se osvrnemo i na rasprostiranje obične jele u istraživanom području zapadnog Balkana gdje ona ne gradi velike cjelovite komplekse (populacije), točnije u Bosni i Hercegovini i Hrvatskoj, a što detaljno opisuje Fukarek (1970) i Trinajstić (1970). Tu su populacije obične jele razdvojene zemljopisnim preprekama, kao što su doline rijeka i planinski masivi. Zbog toga obična jela nije kontinuirano rasprostranjena već gradi više većih i manjih prilično razdijeljenih cijelina, uz brojne male izolirane populacije u sjevernim i južnim dijelovima Bosne i Hercegovine i Hrvatske, a koje su obično opterećene genetskim driftom o čemu je ranije izvjestio Ballian (2003, 2008, 2009), a o čemu općenito za područje Mediterana izvješćuju (Young i sur. 1996, Gitzendanner i Soltis, 2000). Kada se govori o rasprostiranju, moramo se osvrnuti i na jaki antropogeni utjecaj koji je na rasprostiranje obične jelu središnje i sjeverne Bosne ostavio velikog traga, jer su kroz povijest nestali veliki kompleksi jelovih šuma (Beus 1984).

O migracijskom putu obične jele na zapadnom Balkanu već je rečeno jako mnogo (Konnert i Bergmann 1995, Gömöry i sur. 2004, Ivanković 2005), ali ipak postoji još nekoliko nedoumica o putu pridolaženja pridolaženju obične jele iz apeninskog glacijalnog pribježišta, čiji je mtDNK sa biljgom *nad5-4* registrirana sve do donjeg toka rijeke Neretve, odnosno u populaciji Biokovo (Liepelt i sur. 2002) i Čabulja. Ovdje bi moglo postaviti pitanje, da li je apeninska jela pristigla prije od one iz balkanskog glacijalnog pribježišta, ili kasnije. Ovdje bi se čak moglo i špekulirati sa sekundarnim glacijalnim pribježištem obične jele, jer za bijele hrastove Petit i sur. (2002) u centralnoj Dalmaciji navodi sekundarno pribježište, te bi se o tome trebalo povesti računa.

Ako se detaljno analiziraju karte o migraciji obične jele koje daju Huntley i Birks (1983) za procijenjeno rasprostiranje prije 7.500 godina, vidljivo je ima dovoljno prostora za špekulacije.

S druge strane, na temelju dobivenih rezultata u ovom istraživanju koji su veoma interesantni i ne pokazuju nikakvu pravilnost, a tako i onim prikazanim od strane Konner i Bergmann (1995), te Breitenbach-Dorfer i sur. (1997), imamo pojedine alele koji svojstvene Balkanu u središnjoj Europi, i obrnuto. Temeljem toga možemo se zaključiti da je obična jela podrijetlom iz balkanskog pribježišta možda bila šire rasprostranjena u prošlosti, ali je sada u stalnom povlačenju ispred one podrijetlom sa Apenina, ili je možda kroz sličan tok gena kojim se bavimo u ovom istraživanju za centralne Dinaride stigla do južne Njemačke. Da bi se donio ovakav zaključak potrebno je uključiti i određene ekološke čimbenike, naročito vjetar koji predstavlja glavni vektor kretanja, odnosno ima nezamjenjivu ulogu u rasprostiranju sjemena, odnosno toka gena. Ako pak analiziramo naše područje istraživanja, središnjih dinarskih Alpa možemo primijetiti da imamo veliko učešće zapadnih vjetrova duž lanca dinarskih planina, a potom slijede južni i jugozapadni odnosno sjeverni vjetrovi, dok su istočnih i jugoistočnih prilično rijetki. Zbog takvog rasporeda vjetrova, te planinskih masiva, vrste koje pridolaze iz zapadnog kvadranta imaju velike prednosti u svom širenju i ekspanziji, za razliku od onih iz istočnog i jugoistočnog kvadranta gdje je bilo centralno balkansko glacijalno pribježište. To može biti i jedan od osnovnih razloga manjeg rasprostiranja jele podrijetlom iz ovog glacijalnog pribježišta. Već smo spomenuli raspored planinskih masiva, ali se ovdje moramo još jednom osvrnuti na pravac pružanja dinarskih Alpa, sa osnovnim pravcem od zapad - sjeverozapada prema jugoistoku, te da ti masivi svojim povoljnim rasporedom ne predstavljaju veliku prepreku kretanju zračnih masa iz zapadnog kvadranta. Zahvaljujući toj činjenici obična jela iz apeninskog glacijalnog pribježišta koja je ranije pristigla u južne Alpe imala je veliku prednost u širenju ka centralnoj Europi i južno u područje zapadnog Balkana. Kada je u pitanju drugi pravac kretanja obične jele iz balkanskog pribježišta preko Karpata, i tu je slična situacija te je jela podrijetlom iz balkanskog pribježišta dosegla samo do središnjeg dijela ukrajinskih Karpata (Gömöry i sur. 2004), mada se njen utjecaj može osjetiti i znatno dalje duž masiva Karpata, sve do Slovačke (Longauer 1994).



Slika 106. Obnova jela u prašumi Plješevica

PROCJENA GENETIČKOG OPTEREĆENJA U NEKIM SASTOJINAMA OBIČNE JELE NA TEMELJU FIKSACIJSKOG INDEKSA I NJEGOV ZNAČAJ

Vrlo često smo svjedoci da u praksi izostaje uspješna obnova šumskih populacija, bez obzira na metodu prirodne obnove, iako su se kvalitetno sprovele sve potrebne aktivnosti. Vrlo često za praktičare i uzgajivače ovaj problem ostaje nerješiv i može se često pripisati nekim drugim čimbenicima, kao što je klima, tlo, ili često i ljudskim aktivnostima. Ipak, vrlo često problem leži u samom šumskom drveću, odnosno u njegovim osnovnim reprodukcijskim svojstvima, te efektivnoj veličini populacije šumskog drveća, tj. njenom reproduktivno-sposobnom dijelu. Tu prije svega mislimo na samu genetičku strukturu populacije koja predstavlja i objekt istraživanja. Ranija istraživanja genetskog opterećenja bila su dugotrajna, kroz serije terenskih testova, te analize sjemena. Danas postoje mogućnosti da se vrlo brzo izvrši procjena genetskog opterećenja, preko fiksacijskog indeksa.

Vrlo često kod šumskog drveća imamo prisustvo genetskog drifta, a samim tim i inbridinga, koji se javlja u malim izoliranim sastojinama, ali može biti značajno prisutan i u velikim sastojinama šumskog drveća. Posebno je značajno da je stalno prisutan kod pionirskih vrsta šumskog drveća, kao što su breze, jasike ili borovi. Tako je teorijski i empirijski ustanovljeno da genetski drift i inbriding svoje najjače efekte ima u malim ili izoliranim populacijama. U takvim populacijama prema Hadžiselimoviću (2005) dovoljno je da se iz reprodukcijskog ciklusa isključi samo nekoliko jedinki i da se pojave vidljive posljedice u genetičkoj strukturi. Također, i u velikim populacijama postoje ograničenja koja dovode do križanja individua iz samo uskog kruga, zbog mogućih razlika u fenologiji cvjetanja između individua. Stoga Hadžiselimović (2005) zaključuje da su genetski učinci drifta obrnuto razmjerni veličini populacije, a upravo razmjerni relativnom odnosu između apsolutne i efektivne veličine populacije.

Izravna posljedica genetskog drifta je inbriding koji predstavlja križanje u srodstvu, odnosno samooplodnja kod alogamnih biljaka ili križanja u najužem srodstvu. Inbriding je naročito značajan ako se provodi kroz više generacija, u populaciji koja se sastoji od malog broja individua.

Sama pojava genetskog drifta u populaciji je izravno povezana i sa pojavom inbridinga i samooplodnje, a to proizlazi od male veličine

populacije, neoptimalne gustoće tretirane vrste, problema u disperziji peludi ili sjemena, ili pak prema Ducci (1991) da ljudske aktivnosti u posljednjih 2.000 godina su izravno pogađale mnoge populacije, te da se to posebno odrazilo na heterozigotne individue. Sama pojava takve reprodukcije u srodstvu povećava pojavljivanje genetičke depresije, što se vrlo često odražava i fenotipskom izgledu individua, a ujedno se smanjuje heterogenost populacije, što ostavlja trajne posljedice na potomstvo. To za posljedicu ima povećanje učestalosti praznog sjemena (šturog), te općom slabošću i depresivnošću prirodnog pomlatka.

Postojanje inbridinga u populacijama predstavljeno je statističkom veličinom koja se naziva *fiksacijski indeks* ili *Wrightov koeficijent inbridinga*. Fiksacijski indeks predstavlja odnos između razlika kod teorijske i dobivene (stvarne) heterozigotnosti naspram teorijskoj. Ta veličina u ovisnosti od svoje vrijednosti može nam pokazati prisustvo inbridinga, odnosno odstupanje od genetske ravnoteže. Ako se su veličine negativne u populaciji je prisutna velika heterozigotnost, veća od one predviđene genetskom ravnotežom, odnosno odsustvo inbridinga. Za nultu i bliske veličine svojstveno je da pokazuju prisutnost genetske ravnoteže, kao i odsustvo inbridinga. Pozitivne vrijednost fiksnacijskog indeksa upućuju na postojanje inbridinga u populacijama (Bergmann i sur. 1990), odnosno pojavu homozigotnosti u populaciji koja je u ovom slučaju superiornija od one koja je predviđena genetskom ravnotežom. Fiksacijski indeks označava mjeru odstupanja promatrane heterozigotnosti od očekivane Hardy Weinbergove ravnoteže (Morgenstern 1996).

Osnovni cilj ovog rada je da na primjeru obične jele prikaže kroz uporabu veličine fiksnacijskog indeksa, mogućnost definiranja budućih uzgojno-gospodarskih aktivnosti na obnovi prirodnih sastojina, ekonomski značajnih vrsta šumskog drveća.

Podaci su uporabljeni iz prethodnih radova, odnosno metodologija sabiranja uzoraka i analiza. Ovdje su prikazane populacije iz kojih su uporabljeni podaci. Osnovni rezultati i dio podataka je objavljen u radovima Ballian (2003b, 2005c) i Ballian i Kajba (2003). Tako je na osnovu dobivenih rezultata izračunat fiksnacijski indeks uz primjenu slijedeće jednadžbe:

$$F_{is} = \frac{H_e - H_o}{H_e}$$

Dobiveni rezultati pokazuju da se genski lokusi različito ponašaju prema fiksacijskom indeksu. Inače prazne rubrike u tablici 89, ukazuju da za te genske lokuse imamo pojavu monomorfizma, te u tom slučaju nemamo nikakvu vrijednost fiksacijskog indeksa. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da u populacijama imamo prisutne, kako pozitivne tako i negativne vrijednosti gen-lokusa. Inače je vrlo interesantno da najveću vrijednost fiksacijskog indeksa za jedan gen-lokus imamo kod populacije Crni vrh, i to za genski lokus Mnr-B (Menadionreductase). To upućuje na prisustvo jačeg inbridinga kada je u pitanju samo ovaj genski lokus. Pored toga interesantna je veličina fiksacijskog indeksa za genski lokus Got-B (Glutamatoxalacetattransminase), čija je veličina nula, te koja u populaciji Vranica upućuje na prisustvo genetičke ravnotežu prema Hardy-Weinberg-ovom zakonu, ako promatramo samo taj genski lokus.

Posebnu pažnju kod analize treba usmjeriti na genski lokus 6Pgdh-A, jer je njegova heterozigotnost u populacijama povezana većom tolerantnošću ka zagađenju, odnosno populacije pokazuju veći stupanj otpornosti (Hosius i Bergmann 1993, Bergmann i Hosius 1996, Longauer i sur. 2001). Obzirom da smo u našem istraživanju dobili pozitivne i relativno visoke veličine fiksacijskog indeksa za pet populacija iz Hrvatske možemo reći da one ne pokazuju zadovoljavajući stupanj otpornosti, za razliku od bosanskohercegovačkih, koje su u tri slučaja negativne (Tablica 89). Slično se ponaša genski lokus 6Pgdh-A i genski lokus 6Pgdh-B.

Analizom srednjih fiksacijskih indeksa prikazanih u tablici 89, vidljivo je da samo u dvije populacije imamo negativne veličine, a to znači i da pokazuju izvjesno odsustvo inbridinga. To su populacija Čabulja iz zapadne Hercegovine, koja inače pripada malim i izoliranim populacijama, te populacija Skrad iz područja Gorskog kotara, koja pripada grupi velikih populacija. Ostale populacije imaju pozitivne veličine, što ukazuje na veće ili manje prisustvo inbridinga u njima.

Ako pak detaljnije analiziramo te pozitivne veličine, možemo primijetiti da se najvišim pozitivnim veličinama fiksacijskog indeksa izdvajaju dvije populacije, Biokovo i Crni vrh. U pitanju su male i izolirane populacije, jedna iz zaleđa Jadranskog mora, a druga sa oboda Panonskog bazena. U tim malim i izoliranim populacijama vladaju specifični procesi pod djelovanjem genetskog drifta. Sve rečeno o ove dvije populacije upućuje na to da je u njima prisutan inbriding.

Tablica 89. Veličine fiksacijskog indeksa za lokuse i njegova srednja veličina za dio istraživanih populacija

Lokus/alel	Populacije									
	Čabulja	Vranica	Meka brda	Orjen	Crni vrh	Biokovo	Fužine	Gerovo	Skrad	Vrbovsko
Pgi-A	-0,0221	0,2442	-0,0146	-0,0099	-0,0252	0,1207	-	-	-	-
Pgi-B	-	-0,0101	-	-0,0200	-	-	-	-	-	-
Pgm-A	-	-	-0,0072	-	-	-	-	-	-	-
Pgm-B	-0,0910	-0,0870	-0,0910	0,1835	-0,0545	-0,0303	-0,0453	-0,0357	-0,0562	-0,0683
Idh-B	-0,0549	-0,0133	0,1341	0,0614	0,0476	-0,0983	-0,1390	-0,0670	-0,2157	0,1047
Mnr-B	-0,0426	0,4687	0,6828	-	1,0000	0,3885	-0,0246	-0,0152	-	-0,0273
Sdh-A	-0,0672	-0,0417	-0,0171	-0,0097	-0,0124	-	-	-	-	-
Lap-A	0,0771	0,0706	-0,0508	0,3885	-0,3791	0,2313	-0,0531	0,4866	-0,1106	-0,0569
Lap-B	0,0366	0,1172	0,2439	0,0749	0,2647	-0,1110	-0,0094	-0,2911	-0,1417	-0,0028
Fest-A	-	-	-	-	-	-	-0,0169	-0,0189	-0,0177	-0,0119
Fest-B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Got-A	-0,0672	0,1892	-0,0776	-0,1304	0,4786	-0,0200	-	-	-	-
Got-B	-	0,0000	-0,0072	-0,0099	-0,0121	-	-0,0126	-	-0,0510	-0,0388
Got-C	-0,1059	-0,0638	0,1062	0,2576	-0,1602	-0,0769	-0,1073	-0,1589	-0,3041	0,0475
6Pgdh-A	-0,1195	-0,0387	0,0570	-0,1284	0,1664	0,2878	0,3000	0,2051	0,3555	0,2238
6Pgdh-B	-0,0097	-0,0246	-0,0168	0,0759	-0,0246	0,4829	0,2406	0,3259	0,1478	0,2211
Sredina	-0,0424	0,0624	0,0724	0,0611	0,1074	0,1175	0,0123	0,0479	-0,0437	0,0391

Ukupna veličina srednjeg fiksacijskog indeksa za svih 10 istraživanih populacija je 0,0434, što ukazuje na globalno prisustvo inbridinga. Interesantno je da ako isključimo dobivene veličine za populaciju Biokovo i Crni vrh, veličina fiksacijskog indeksa bi bila manja za oko 50%, te bi ta veličina bila relativno bliska nuli.

Male populacije prije svega one nastale u procesu genetskog drifta su podložne pojavi inbridinga. Sam genetski drift predstavlja promjene u frekvenciji gena i karakteristikama populacije kojima je uzrok više slučajnost, a ne selekcija, mutacija ili migracija. Genetski drift se obično pojavljuje u populacijama sa malim brojem jedinki, kada slučajnost može biti odlučujući čimbenik koji će genski aleli biti češće, a koji rjeđe zastupljeni. Pored toga i sam broj individua koje su zastupljene u takvim populacijama igra odlučujuću ulogu u pojavi inbridinga, odnosno sam način na koji su te individue nastale. Stoga

sve male i izolirane populacije nastale na prirodan način su manje više opterećene inbridingom. Izuzetak su možda one u kojima djeluju specifični selekcijski procesi, a što je poseban fenomen u nekim malim i izoliranim populacijama, a kao primjer imamo populaciju *Abies nebrodensis* (Lojac.) Mattei na Siciliji, gdje selekcija favorizira samo heterozigotne individue (Vicario i sur. 1995). Sličnu situaciju imamo i u populacijama *Pinus leucodermis* Ant. o čemu izvještava Boscherini i sur. (1994). U ovom istraživanju to bi mogao biti slučaj sa populacijom obične jele sa planine Čabulja. Prisustvo velike heterozigotnosti u toj maloj izoliranoj populaciji može se dovesti u vezu sa specifičnim selekcijskim procesima koji vladaju u njoj, odnosno specifičnim uvjetima okoliša, u zapadnoj Hercegovini.

Do interesantnih rezultata je došla Schroeder (1989), u svom istraživanju gdje je rabila dva enzimska sustava (Idh i 6-Pgdh), te dobila pozitivne srednje veličine fiksacijskog indeksa. To upućuje na postojanje inbridinga u devet istraživanih populacija Austrije. U ovom istraživanju u šest populacija imamo prisutne negativne veličine za gen-lokus Idh-B, dok je nešto nepovoljnija situacija sa gen-lokusima 6-Pgdh.

Giannini i sur. (1994) u istraživanju na običnoj jeli, uporabom tri enzimska lokusa (Got, Idh i Shd) dobili su pozitivne veličine fiksacijskog indeksa za Italiju, što govori da je istraživana populacija Campolino u sjevernim Apeninima opterećena inbridingom, dok u ovom istraživanju imamo preovladavanje negativnih veličina, što upućuje da je u našim populacijama prisutna veća heterozigotnost.

U istraživanju koje je u Austriji provela Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) dobivena je prosječna veličina ukupnog fiksacijskog indeksa od 7,7 % (0,0770), koja ukazuje na prisustvo inbridinga, dok je ta veličina u ovom istraživanju niža i iznosi 0,0434. Ovo upućuje na bolje stanje u populacijama Bosne i Hercegovine i Hrvatske. Time se može potvrditi i veća vitalnost obične jele iz područja dinarskih Alpa, od one iz središnje Europe.

Analizom dobivenih rezultata u ovom istraživanju, a na temelju fiksacijskog indeksa, primijeti se da je u nekim populacijama srednja vrijednost negativna, to ukazuje da je stvarna heterozigotnost u tim populacijama veća od očekivane, te da u njima samo neki od istraživanih gen-lokusa ukazuju na moguće postojanje inbridinga. Tako ovaj rezultat može biti smjernica u pravcu propisivanja uzgojno-

gospodarskih mjera u procesu prirodne ili umjetne obnove, a uz poštivanja genetičkog biodiverziteta tih populacija.

Obzirom na rezultate, slobodnije se mogu provoditi sve uzgojno-gospodarske mjere u populacijama sa negativnim veličinama fiksacijskog indeksa, a tu se prije svega misli na veličinu zahvata u procesu obnove, odnosno na manji broj stabala koja nam služe kao sjemenjaci u samoj obnovi. Kod populacija gdje su veličine fiksacijskog indeksa bliske nuli ili jednake, zahvat bi trebao biti nešto umjereniji od prethodnog, jer su populacije bliske uravnoteženom stanju. Ako su pak u pitanju populacije sa visokim pozitivnim veličinama fiksacijskog indeksa treba da budemo oprezni tijekom provođenja bilo kakvog zahvata, da ne bi narušili već vrlo labilnu strukturu populacije, te bi broj sjemenskih stabala u procesu obnove trebao da bude daleko veći. U situaciji kad imamo prisustvo genetskog drifta mora se imati u vidu da je populacijama dovoljno da se iz reprodukcijanskog ciklusa isključi samo nekoliko jedinki i da se odmah pojave vidljive i nesagledive posljedice u genetičkoj strukturi buduće populacije. Prije svega se misli na pojavu jačeg inbridinga, a to za sobom povlači veće učestće praznog sjemena (šturog), te opću slabost i depresivnost u rastu prirodnog pomlatka u procesu obnove, kasnije slijedi loš prirast i prinos, sniženje boniteta sastojine odnosno populacije. Na osnovu dobivenih rezultata, posebnu pažnju treba obratiti na populacije Biokovo i Crni vrh. Za populaciju Biokovo je interesantno, da je Gradečki-Poštenjak (2002) u svom istraživanju dobila najniže veličine klijavosti sjemena, a što je potvrđuje i rezultate u ovom istraživanju.

Na osnovu dobivenih rezultata fiksacijskog indeksa kod populacija obične jele iz zapadne Hrvatske (Fužine, Gerovo, Skrad i Vrbovsko) potrebno je posebnu pažnju usmjeriti na praćenje promjene veličina fiksacijskog indeksa tijekom obnove tih populacija. U tim aktivnostima bi se trebalo posebnu pažnju usmjeriti ka praćenju genskog lokusa u 6Pgdh-A tijekom procesa obnove tih populacija. Razlog tome što je njegova veća heterozigotnost povezuje sa većom tolerantnošću ka propadanju uslijed onečišćenja (Hosius i Bergmann 1993, Bergmann i Hosius 1996, Longauer i sur. 2001). Stoga bi se tijekom obnove tih populacija trebalo težiti ka povećanju njihove heterozigotnosti, odnosno treba težiti ka negativnim veličinama fiksacijskog indeksa. Na ovaj način bi se bar djelomično moglo smanjiti propadanje jelovih šuma u Gorskom kotaru gdje su već dugi niz godina izložene propa-

danju zbog štetnog djelovanja onečišćenja iz atmosfere i pedosfere (Tikvić i sur.1995, Seletković i Tikvić 1996). Na osnovu saznanja, da u tom području imamo izraženo sušenje obične jele, potrebno je više pažnje posvetiti rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. Obzirom da smo kod tri populacije dobili pozitivne veličine srednjeg fiksacijskog indeksa, to nam može poslužiti u svrhu definiranja mjera koje se i kako treba da provedu u cilju obnove. U procesu obnove treba uvažiti i rezultate istraživanja koje je dobio Finkeldey (1993), a došao je do saznanja da reprodukcijski materijal obične jele obično u mnogim slučajevima opterećen nedovoljnom genetičkom informacijom, odnosno postojanjem velikog broja jedinki nastalih samooplodnjom ili inbridingom, tj. gubitkom adaptacijske sposobnosti. Osnovni razlog je ležao u sabiranju i korištenju sjemena s malog broja sjemenskih stabala, te se o tome kako kod prirodne tako i kod umjetne obnove mora strogo voditi računa.

U osam od deset istraživanih populacija je fiksacijski indeks pozitivan, što upućuje na prisustvo inbridinga, te je potreban poseban oprez kod provođenja uzgojno-gospodarskih aktivnosti u njima.

Primijenjena metoda može dati jako dobru sliku genetičke strukture populacija, na temelju koje se mogu preporučiti potrebne mjere za održavanje genetičke raznolikosti u istraživanoj populaciji.

Kod gospodarenja prirodnim populacijama kao i kod njihove obnove redovno treba vršiti praćenje genetičke strukture, kako bi se mogle pravodobno poduzeti mjere za održanje genetičke raznolikosti koja karakterizira svaku populaciju.

Posebnu pažnju tijekom istraživanja i kontrole uzgojno-gospodarskih radova treba usmjeriti ka genskom lokusu 6Pgdh-A, jer se pojava njegove heterozigotnosti, a samim tim i negativnog fiksacijskog indeksa povezuje sa povećanom tolerantnošću ka zagađenjima i propadanjem.



Slika 107. Šuma jele kod Rastičeva

GENETSKA STRUKTURA OBIČNE JELE SA PODRUČJA OČEVIIJE

O specifičnoj genetskoj strukturi populacije Očevije se znalo vrlo malo, sve dok Ballian (2010) nije objasnio njenu strukturu. Protekla stoljeća ostavila su velikog traga na šume jele, u većini negativnog. Tako je antropogeno nestala jela u srednjobosanskom brdskom pojasu (Beus 1984), dok je na nekim mjestima zamijenila posječenu bukvu, kao što je slučaj na području Očevije.

Selo Očevija (kod Olova) je još od srednjeg vijeka bilo poznato po proizvodnji željeza i željeznih prerađevina, a za proizvodnju je trebala velika količina drvenog ugljena. Ugljen se proizvodio u okolnim šumama, a bukva je bila glavna sirovina. Kroz stoljeća bukva je polagano nestajala, a u ta mezofilnija staništa se naseljavala obična jela. Na taj način su nastali kompleksi sekundarnih prašuma sa dominantnom običnom jelom. Te aktivnosti su ostavile nesagledive posljedice na autohtone genetičke izvore kroz velika genetska opterećenja, jer su navedene populacije nastale od malog broja individua.

Cilj ovog istraživanja je da priznatim izoenzimskim biljezima izvrši molekularno-genetsku identifikaciju populacije jele sa područja Očevije. Ovim istraživanjem će se učiniti pokušaj da se odredi struktura i propišu potrebne mjere u gospodarenju ovim šumama obične jele.

U periodu veljača-svibanj 2008. godine selekcionirana su stabla obične jele na području Očevija (Tablica 90).

Tablica 90. Istraživana populacija, osnovni podaci				
Populacija	Nadmorska visina	Zemljopisna širina	Zemljopisna dužina	Broj analiziranih individua
Očevija	970	44°10'14"	18°27'27"	50

Pri prikupljanju uzoraka za analizu vodilo se računa da oni budu uzeti sa individua međusobno udaljenih najmanje 100 m kako bi se isključila mogućnost srodstva. Inače, populaciju je predstavljalo 50 stabala.

S obzirom na to da je analiza izoenzimska oslobođene efekta dominacije i fenotipskih interakcija (Borojević 1985), a svježina i zdravost analiziranih uzoraka daje pravu sliku genetskog stanja, pri sabiranju uzoraka pazilo se da se uzmu samo živi dijelovi biljke.

Za analizu izoenzima korišteni su dormantni pupovi, pa se pazilo da na grančici bude dovoljno živih pupova. Na stablima s kojih je grančicu bilo teško skinuti sa zemlje moralo se provesti otpucavanje iz gornjeg dijela, jer je to bilo najbrže i najjednostavnije.

Istraživalo se 9 enzimskih sustava s ukupno 16 genskih lokusa, odnosno 25 alela, a primijenjena je metoda kao i u ranijim istraživanjima.

Genetska varijabilnost enzimskih sustava

Enzimska varijabilnost

Tablica 91. Alelne frekvencije		
Alelene Frekvencije		Populacije Očevija
Fest	A2	1,0000
Fest	B1	1,0000
Lap	A3	0,9800
	A5	0,0200
Lap	B1	0,0714
	B2	0,2449
	B3	0,5918
	B4	0,0918
Got	A2	1,0000
Got	B2	1,0000
Got	C2	0,9700
	C3	0,0300
Mnr	B2	0,0200
	B3	0,9800
Idh	B3	0,6400
	B4	0,3600
6-Pgdh	A2	0,4500
	A3	0,5500
6-Pgdh	B2	0,8600
	B3	0,1400
Pgi	B2	1,0000
Pgi	A2	1,0000
Pgm	A2	1,0000
Pgm	B2	1,0000
Sdh	A1	1,0000

Iz relativnih frekvencija alela analiziranih lokusa (Tablica 91) vidljivo je da je od 16 analiziranih genskih lokusa čak njih 9 monomorfno, a da su ostali relativno polimorfni. Visok stupanj polimorfnosti nalazimo u četiri lokusa, i to: Idh-B, Lap-B, 6-Pgdh-A, 6-Pgdh-B, te nešto niži kod genskog lokusa Lap-A, Got-C, Mnr-B.

Raznolikost alela

Radi ocjene genetske raznolikosti najprije se u svim populacijama izračunava srednji broj alela po lokusu (A/L), te utvrđuju razlike među populacijama. To je svojstvo istraživao Hamrick (1989) u različitim biljnih organizama i ustanovio da prosječna veličina za biljni svijet iznosi oko 1,7. Za dvosupnice 1,46 (za 74 vrste), a za četinjače 2,29 (za 20 vrsta).

U ovom istraživanju dobivena je vrijednost od 1,6471, a razlog trebamo tražiti u stoljetnom djelovanju čovjeka na tu populaciju (Tablica 92). Inače, ovo je jako niska vrijednost, jer je Ballian (2003) dobio veću vrijednost, a koja se sreće

samo u sjevernoj Europi (Brus i Longauer 1995, Konnert, 1995a i b). Za razliku od ovih veličina, za Karpate Paule i sur. (2002) navode veličine od 2,0 do 2,2.

Raznolikost genotipova

Uz srednji broj alela po lokusu, za prikazivanje raznolikosti unutar populacija, kao i između njih, služi i srednji broj genotipova po lokusu (G/L). U usporedbi s alelskom raznolikošću, mora se obratiti pažnja na to da je broj i količina mogućih genotipova (G_m) veći, a time i broj mogućih klasa, nego kod alela. To ima smisla ako su posrijedi rijetki genotipovi (aleli). S obzirom na to da je broj realiziranih genotipova u jednoj populaciji stvarno veći od broja alela, to pri ocjeni genotipske raznolikosti u odnosu prema alelnoj raznolikosti ima više pogrešaka (Gregorius 1980, 1983, Hattemer i sur. 1982).

U ovom istraživanju vrijednosti su iznosile od 2,000 kod populacije Očevije (Tablica 92), što je prilično mala vrijednost u odnosu na rezultat koji je za Bosnu i Hercegovinu dobio Ballian (2003), a bila je i za očekivati s obzirom na raznolikost alela.

Tablica 92. Mjere genetičke varijabilnosti i heterozigotnosti.				
Populacija	Prosječan broj alela u lokusu A/L	Prosječan broj genotipova u lokusu G_m	Stvarna heterozigotnost H_{st}	Očekivana heterozigotnost H_{te}
Očevija	1,6471	2,0000	0,1992	0,1440

Heterozigotna raznolikost

Heterozigotnost je vrlo važno mjerilo genetičke raznolikosti u populaciji, a zapravo označava broj heterozigota u populaciji.

U ovom istraživanju dobivene su srednje vrijednosti za heterozigotnost od 0,1992 što je jako visoka vrijednost i obično je vezana za mali broj alela u lokusu odnosno populaciji (Tablica 92). To je veća vrijednost od rezultata koji navodi Ballian (2003), a nešto manja od onih koje navodi Longauer (1994) u svom istraživanju za južne provenijencije, a koje iznose od 0,1880 u Karpatima do 0,2040 u Bugarskoj. U Njemačkoj Konnert (1993) i Henkel i sur. (1997) navode

vrijednost heterozigotnosti za južne provenijencije 0,259, a za sjeverne 0,2060 što je prilično velika heterozigotnost. Gannin i sur. (1994) u svom su istraživanju dobili dosta nisku heterozigotnost, a najveća je bila u adultnih stabala i iznosila je 0,142. Breitenbach-Dorfer i sur. (1997) navode vrijednosti za heterozigotnost zapadnih populacija od 0,474, sjevernih od 0,313, a istočnih 0,403. Više istraživača (Hamrick 1989, Ledig 1986, Bergmann i sur. 1990) u svojim je radovima ustanovilo da veličina heterozigotnosti izravno utječe na propadanje obične jele u Europi. Tako Larsen (1986a i b) postavlja hipotezu da mala varijabilnost u obične jele uzrokuje njezino propadanje. To se temelji na istraživanjima u zapadnoj Europi, gdje obična jela ima prilično nisku varijabilnost u odnosu na južne i istočne provenijencije koje su prilično stabilne i nisu u fazi propadanja. U tim je istočnim populacijama (Ukrajina, Rumunjska) Longauer (1994) ustanovio visoku heterozigotnost.

Osim toga, na heterozigotnost populacija uveliko utječe i tip gospodarenja običnom jelom u određenim područjima tijekom vremena, što je usmjeravalo heterozigotnu raznolikost sad u jednom, sad u drugom pravcu.

Očekivana heterozigotnost nam pokazuje veličinu heterozigotnosti koja bi upućivala na to da je populacija u stanju ravnoteže (ekvilibrija) prema Hardy-Weinbergovu zakonu. Kako smo u ovom istraživanju dobili veliku razliku između stvarne i očekivane heterozigotnosti u populacije Očevija (Tablica 92), a očekivale su se mnogo niže vrijednosti, evidentno je i jače odstupanje od Hardy-Weinbergove ravnoteže, odnosno populacija je u neuravnoteženom stanju.

Raznolikost

Ovo je jako složeno svojstvo s obzirom na to da ga grade alelne i genotipske vrijednosti, odnosno najbolji je pokazatelj multilokusna raznolikost (v_{gen}) i gene-pool raznolikost (v_p). Tako multilokusna raznolikost (v_{gen}) pokazuje da je populacija Očevija s veličinom 28,42 vrlo nepovoljna, što potvrđuje relativno mali polimorfizam odnosno mala raznolikost u istraživanoj populaciji (Tablica 93).

Inače multilokusna raznolikost u mnogim europskim istraživanjima je varirala u ovisnosti od uporabljenih enzimskih sustava i bila čas manja, čas veća (Konnert 1993a i b).

Tablica 93. Mjere genetičke raznolikosti

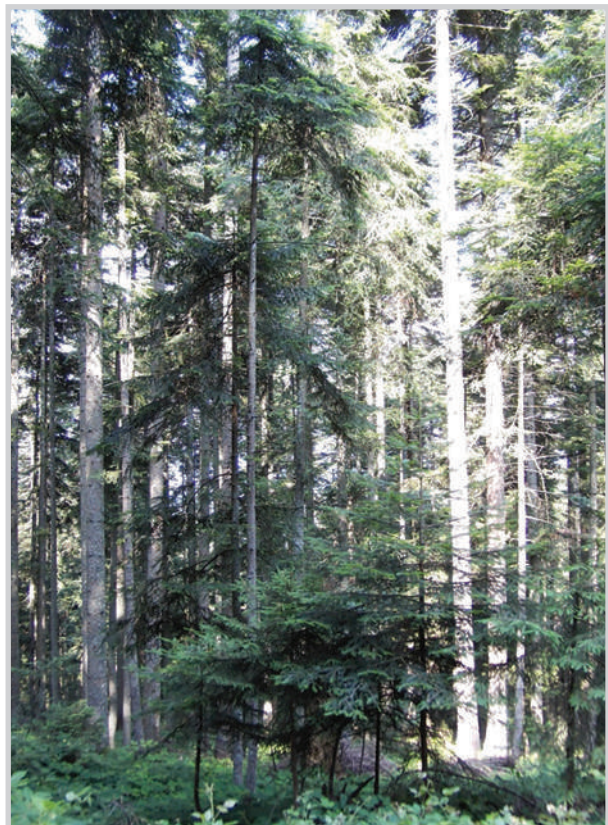
Populacija	Raznolikost		Diferencijacija δ_T
	Multilokusna V_{gem}	Gene pool V_p	
Očevija	28,42	1,1682	0,1454

Vrijednosti gene-pool raznolikosti dobivene su kao harmonijska sredina, a ponašaju se identično kao i multilokusna raznolikost, te za populaciju Očevija iznose 1,1682 (Tablica 93).

Unutarpopulacijska diferencijacija

Srednje vrijednosti populacijske diferencijacije δ_T i vrijednosti za gen-lokuse pokazuju vrijednost različitosti u populacijama. U ovom istraživanju unutarpopulacijska diferencijacija (δ_T) iznosi 0,1454 (Tablica 93), što je prilično mala vrijednost u odnosu na europska mjerila (Konnert, 1993. 1996).

Da bi se potpuno razumio problem koji imamo sa jelom na području Očevije, moramo se nakratko vratiti u povijest, te sa povijesnim zbivanjima pokušati objasniti sadašnje stanje u populaciji obične jele. Kako je čovjek kroz svoj povijesni put prešao od sakupljača i lovca do ratara i proizvođača, tako je i ostavljao veći ili manji utjecaj na šumu, odnosno na pojedine vrste drveća.



Slika 108. Jela na obroncima Zvijezde iznad Očevije

Tim djelovanjem došlo je do nezaustavljivih procesa koji će ostaviti neizbrisiv trag na populacijske strukture šumskog drveća, odnosno njihovog genofonda. Te promjene su stoljećima bile u interesu čovjeka, a bile su, prije svega usmjerene za zadovoljenje osnovnih životnih potreba ili proizvodnje. Također, često se i same biljke svojom biologijom i ekološkim zahtjevima, vrlo brzo prilagode na ta ljudska djelovanja, te su tako, prema Ducci (1991) na običnu jelu utjecale i antropomorfne promjene u posljednjih 2.000 godina.

Gubici u genofondu koji nastaju na taj način akumuliraju se vremenom, a razlike naspram ostalih populacija iz godine u godinu postaju sve veće, jer je autohtoni genetski materijal visoko adaptabilan na sve promjene. Njegovim gubitkom novonastale populacije kroz proces introgresije postaju jako labilne i osjetljive na sve promjene u okolini. U slučaju naglih i jačih poremećaja, bilo spontanah ili djelovanjem čovjeka (sječom) mogu nastati katastrofalne posljedice, te izostati prirodna obnova ili smanjenje proizvodnih mogućnosti.

Kada govorimo o populaciji Očevija, ona na molekularno-genetskoj razini ne pokazuje razliku naspram populacija iz središnjih Dinarida. U populaciji su izolirani svi genski lokusi koji karakteriziraju običnu jelu, iako se primjećuje opterećenje inbridingom, što je vidljivo iz niske alelne vrijednosti, te pojavom genetskog drifta.

Ovdje se postavlja pitanje da li očuvati sadašnju genetičku strukturu ili ići u njenu rekonstrukciju. Sa današnjim tehnološkim razvojem ovo je prilično jednostavno uz stalnu provjeru uspješnosti očuvanja ili promjene genetičke raznolikosti mlade populacije uz pomoć izoenzimske analize genskih lokusa (Behm i Konnert 1999).

U slučaju da želimo očuvati prirodnu genetičku strukturu, preporučuje se prirodno pomlađivanje jer u većini slučajeva smatra boljim od umjetnog pomlađivanja. Prema nekim istraživačima, broj biljaka sposobnih za plodonošenje igra veoma važnu ulogu u obnovi genetičke raznolikosti, kao i gustoća biljaka, te njihov prostorni raspored. To je bitno jer imamo populaciju koja je već opterećena samooplodnjom i inbridingom, što se može negativno odraziti na sljedeću generaciju (Vincent i Kantor 1971; Bergmann 1992 i 1993). Zbog toga se pri bilo kojem sječivom zahvatu treba pristupiti jako oprezno i sa manjim sječivim zahvatom.

Ako želimo promijeniti strukturu, moramo primijeniti umjetno pomlađivanje. Ono je povezano s mnogim problemima, od kompli-

cirane proizvodnje u rasadnicima zbog posebnih ekoloških zahtjeva vrste do slabo zastupljenoga gene poola u proizvedenom materijalu. Istraživanja pokazuju da je reprodukcijски materijal obične jele u mnogim slučajevima opterećen nedovoljnom genetičkom informacijom, odnosno postojanjem velikog broja jedinki nastalih samooplodnjom ili inbridingom, tj. gubitkom adaptacijske sposobnosti (Finkeldey 1993), te sabiranjem sjemena s malog broja sjemenskih stabala, što otežava bilo kakve aktivnosti.

Na temelju dobivenih rezultata ne bi se moglo točno reći koliki je broj individua u populaciji potreban za održanje genetskog potencijala. Iz ranijih rezultata je vidljivo da za velike populacije treba veći broj jedinki, a za male populacije manji broj jedinki. Kako je ovdje u pitanju jedna velika populacija, potrebno je osigurati što širu reprodukcijску bazu, vodeći računa i o samome prilagodbenom potencijalu biljaka u populaciji.

Prema Finkeldeyu (1993), broj jedinki potrebnih za održavanje genetskog potencijala mora se temeljiti na vjerojatnosti gubitka rijetkih gena iz populacije, što znači da populacija mora biti toliko velika da u sebi očuva veći dio gen-poola. To je bitno pri očuvanju gena *ex situ*, bilo čuvanjem sjemena u bankama gena, bilo podizanjem arhiva gena. Za održanje potencijala *in situ* donju granicu broja jedinki treba odrediti na osnovi spoznaje je li moguća naknadna obnova genetskog potencijala prirodnog pomlađivanja. U tom slučaju presudno je važan broj biljaka, horizontalna i vertikalna struktura, tip gospodarenja (stablimična ili grupimična preborna struktura šume).

Analizom 16 izoenzimskih genskih lokusa, od čega je 7 polimorfno, utvrdili smo da je istraživana populacija Očevija autohtona, ali da je bila stoljećima pod jakim utjecajem čovjeka.

Veća vrijednost heterozigotnosti istraživane populacije spram populacija jele iz drugih dijelova Bosne i Hercegovine pokazuje da je istraživana populacija izgubila dio gena, odnosno da je nastala od malog broja stabala nakon nestanka bukve, te da u njoj vladaju drugačiji selekcijski pritisci. Stoga je populacija Očevije sa specifičnom genetičkom strukturom vjerojatno nešto otpornija prema propadanju od populacija iz susjedstva jer posjeduju dovoljno specifične genetičke varijabilnosti kod enzimskog sustava 6-Pgdh.

Gospodarenju ovakvim populacijama i njihovoj obnovi, treba pristupiti veoma oprezno, uz stalno praćenje genetičke strukture kako

bi se mogle pravodobno poduzeti mjere za sprječavanje ulaženja neželjenih gena u slučaju konzerviranja genetske strukture, odnosno da kod rekonstrukcije ne bi došlo do pomjeranja genetičke strukture u neželjenom pravcu.

Stoga u gospodarenju ovakvim populacijama i njihovoj obnovi, prednost uvijek treba dati prirodnoj obnovi, uz stalno praćenje genetičke strukture, kako bi se mogle pravodobno poduzeti mjere za održanje genetske raznolikosti koja karakterizira ovu populaciju.

Primijenjene molekularne metode daju dobru sliku genetske strukture populacija. Na temelju njih mogu se preporučiti potrebne mjere za održavanje genetskih izvora u istraživanoj populaciji.



Slika 109. Kraljica kupreških šuma, jela na lokalitetu Koprivnice. Prsni promjer 152 cm, visina 44 m, zapremina 29,26 m³.

PREPORUKE ZA GOSPODARENJE OBIČNOM JELOM NA TEMELJU GENETSKIH ISTRAŽIVANJA

Genetske razlike između populacija zbog različitih uvjeta okoline

Ekološka valencija vrste nasljedna je karakteristika, odnosno njezina je sposobnost prilagodbe određena nasljednom osnovom ili genomom biljke.

Tako brojna istraživanja na morfološkoj razini upućuju na varijabilnost obične jele, na untrapopulacijskoj razini (Gajića 1962; Gudeski 1965; Ballian 1999, 2000), a posebno na međupopulacijskoj, a tu je i dobra nasljednost svojstava. O tome svjedoče brojni radovi koji se bave ovom problematikom, a najznačajniji su Gudeskog, Gagova, Popnikole, Balliana i Gradečki-Poštenjak.

U dosad obavljenim pokusima provenijencija razlike između provenijencija obične jele uočene su u većem ili manjem opsegu (Pavari 1951; Løfting 1954, 1955, 1959; Lines 1960, 1979; Kramer 1979, 1980; Kral 1980; Larsen 1986a i b; Larsen i Fridrich 1988; Larsen i Mekić 1991; Mekić 1988; Ruetz i sur. 1998; Ballian 2000b, 2005a; Ivanković 2003, 2005; Halilović 2008, Halilović i sur. 2009a i b, 2013). Istraživanja na molekularnoj razini također potvrđuju postojanje različitih ekotipova unutar rasprostiranja obične jele. Na tome je radio Conkle (1992) na više vrsta sjevernoameričkih četinjača, Konnert i Bergmann (1995), Longauer (1994) te Ballian (2005) na običnoj jeli. Oni su raščlanjenu varijabilnost obične jele povezali s njezinom seobom poslije ledenog doba.

Pomoću prikazanih morfološko-genetskih parametara različitosti obično razlike između populacija ili unutar populacija bivaju vidljive i jasne. Mogući su uzroci tih različitosti, osim prirodne selekcije i antropogena djelovanja, ali i razvojni čimbenici ili procesi prilagođavanja na određene ekološke uvjete.

Područje Dinarida vrlo je specifično kad su posrijedi uvjeti okoliša, jer na vrlo malom prostoru postoji velika šarolikost klimatskih, edafskih, orografskih i drugih čimbenika koji izravno utječu na diferencijaciju različitih ekotipova. Stoga stručnjaci smatraju da vrste šumskog drveća s područja Dinarida pokazuju veliku varijabilnost, u usporedbi

s istim vrstama sa sjevera. Tako Brinar (1976) u svom pokusu s provenijencijama točno razlučuje populacije s kiselih i one sa alkalnih tala, što su potvrdili i Brus i Longauer (1995) na molekularnoj razini. Utjecaj orografskih čimbenika, odnosno genetičko prilagođavanje na visinski položaj i formiranje ekotipova vidi se iz fiziološko-genetskih istraživanja Holzera (1978) na smreki (*Picea abies*), Nealea i Adamsa (1985) na *Abies balsamea* i Bergmanna (1988) na smreki. Stutz (1990) kod smreke (*Picea abies*) nije ustanovio da orografske prilike mogu utjecati na genetičko distanciranje među populacijama, a to treba tražiti u malim i izoliranim populacijama smreke u središnjim Alpama Švicarske i u njezinoj slabo diferencijaciji u tom području.

Utjecaj zagađenosti i otpornost biljaka na zagađivanje podrobno su istraženi na smreki, uz korištenje relativno otpornih genotipovima, koji generalno pokazuju visoke razine heterozigotnosti (Bergmann i Scholz 1987, 1989). Jaka zagađenost tla metalima također uzrokuje promjene genotipskih i alelnih frekvencija, ali utjecaj nije jednak na lokusima Lap-B, Pepca-A, 6Pgd-B, 6Pgd-C. Tolerantna stabla pokazala su značajno veću razinu heterozigotnosti, a kod lokusa 6Pgd-A homozigotnost najčešćih alela pokazuje najveći stupanj preživljavanja (Hosius i Bergmann 1993, Bergmann i Hosius 1996, Longauer i sur. 2001).

Kada se ne mogu isključiti metodički efekti (broj jedinki u uzorku), razvojni i antropogeni čimbenici kao što imamo na području Očevije, razlike upućuju na to da adaptacijski procesi u svakoj populaciji mogu imati značajnu ulogu. Stoga se mogu iznijeti sljedeća stajališta na osnovi dobivenih rezultata:

- Dobivena varijabilnost nije karakteristična za srednju Europu, nego za balkansko područje, posebno populacija iz središnje i istočne Bosne.
- Na genskim lokusima Pgm-B, Idh-B, Lap-A, Lap-B, Got-C, 6-Pgdh-A, 6-Pgdh-B uočena je klinalna varijabilnost, što upućuje na adaptivnost u određenim ekološkim uvjetima, ali postoji i mogućnost da je to posljedica kolonizacije. Haplotipovi pokazuju veliki polimorfizam u svim populacijama, što može biti posljedica rascjepkanoga rasprostiranja u Bosni i Hercegovini.
- Populacije s kiselog tla pokazuju realno veći srednji broj haplotipova, a populacije s vapnenaca imaju manju srednju veličinu. Populacija Vranice sa kiselog tla pokazuje najveću izoenzimsku

heterozigotnost, a populacije podrijetlom iz Gorskog kotara iako su na kiselom tlu, ne pokazuju. Ipak, na osnovi ovog istraživanja, prema tipu tla općenito nismo mogli naći čvrste razlike među populacijama.

- Male, izolirane populacije, a u ovom se slučaju prije svega misli na Biokovo, Orijen, Čabulju i Troglav, na molekularno-genetskoj razini ne pokazuju razliku naspram populacija iz središnjih Dinarida. U populaciji su izolirani svi gen-lokusi koji karakteriziraju običnu jelu, iako se primjećuje opterećenje inbridingom, što je vidljivo iz niske heterozigotnosti, te pojavom genetskog drifta. Također, broj haplotipova u malim populacijama manji je nego u velikima što je i jedna od posljedica izolacije i slabe razmjene genetičkog materijala s drugim populacijama. Tako su prema Ducci (1991) i Ballian (2010) na običnu jelu u malim izoliranim populacijama utjecale i antropomorfne promjene u posljednjih 2.000 godina.

Na temelju rečenoga može se izvesti zaključak da postoje razlike među populacijama iz različitih ekoloških niša, odnosno da razlike u ekologiji staništa uvjetuju genetičku diferencijaciju među populacijama i da se te razlike mogu registrirati pomoću izoenzimskih biljega. To je potvrđeno i brojnim pokusima provenijencija, ali nisu registrirane razlike koje upućuju na postojanje nove vrste unutar područja rasprostiranja obične jele. Iz toga je vidljivo da u svakoj populaciji djeluju specifični selekcijski procesi.

Iz rezultata mnogih autora može se vidjeti da postoji velika varijabilnost na molekularno-genetskoj razini u obične jele (Bergmann 1991, Vendramin i sur. 1999) koja u prijašnjim istraživanjima nije registrirana ili je registrirana kod malog broja metričkih obilježja (Ass i sur. 1994, Deaconu 1995, Ballian 1999, 2000, Ballian i Čabaravdić 2005). Iz toga proizlazi da u prijašnjim istraživanjima morfoloških svojstava nije iskorišten dovoljan broj uzoraka za ispitivanje, a suvremene metode analize izoenzimskim biljezima i analizom haplotipova u analizi provode se na velikom broju jedinki koje predstavljaju populaciju. Unatoč tome, istraživači dvoje koliko velik mora biti uzorak da bi se obuhvatila stvarna genetska raznolikost. Tako Hüssendorfer (1996) navodi da je potrebno oko 350 jedinki u jednoj populaciji da bi se dobila bar približna genetska struktura, jer se s povećavanjem uzorka povećava i vjerojatnost da se obuhvate i rijetki aleli u populaciji.

Očuvanje genetske raznolikosti

Konzervacija ili očuvanje genetske raznolikosti *in situ* neke populacije povezano je s mnogim problemima, a u prvom redu sa životnim vijekom jedinki, antropogenim i zoogenim utjecajima, zagađivačima zraka, filogenetičkom starošću vrste, itd. Dakle, problem se pojavljuje pri prenošenju genetske strukture stare (adultne) populacije na mladu (juvenilnu) generaciju. Prenošnje se može ostvariti prirodnim ili umjetnim pomlađivanjem.

Provjera uspješnosti očuvanja genetske raznolikosti mlade populacije može se obaviti uz pomoć izoenzimske analize genskih lokusa (Behm i Konnert 1999, Hosius i sur. 2000) ili uz pomoć analize haplotipova.

Očuvanje genetske raznolikosti prirodnim pomlađivanjem



Slika 110. Podmladak jele u sukcesiji smrekove sastojine, lokalitet Čauševo brdo

Prirodno pomlađivanje u većini se slučajeva smatra boljim od umjetnog pomlađivanja. Prema nekim istraživačima, broj biljaka sposobnih za plodonošenje vrlo je važan za obnovu genetičke raznolikosti, kao i gustoća biljaka i njihov raspored. To je bitno zato da ne bi dolazilo do samooplodnje i inbridinga u populaciji, što se može negativno odraziti na sljedeću generaciju (Vincent i Kantor 1971; Bergmann 1992, 1993).

Preporuke za održavanje genetske raznolikosti

Samo se mali dio genetske informacije biljnog organizma kakav je obična jela može obuhvatiti ispitivanjem izoenzimskim sustavima. Izbor sustava za analizu ovisi o primijenjenoj metodi i mogućnosti njihova

nalaženja u biljnom organizmu. Tako se uz pomoć izabranih enzimskih sustava i metode njihove primjene može dokazati samo 30% stvarnih izoformi jednog enzima (Bergmann 1991b, Konner 1999). Stoga uz pomoć izoenzimske analize promatramo samo mali dio ukupne genetske informacije sadržane u običnoj jeli, odnosno populaciji. Izoenzimi pokazuju takva obilježja da su pogodniji za istraživanja genetske raznolikosti populacija i u ekološkim istraživanjima.

Prema Müller-Starcku i sur. (1992), vrlo je teško napraviti komparaciju između tih metoda, jer vrste s rascjepkanim rasprostranjem, kao što je obična jela, pokazuju veliku međupopulacijsku varijabilnost i umjerenu unutarpopulacijsku varijabilnost na molekularnoj razini.

Veza ispitivanih genskih lokusa i haplotipova s određenim sposobnostima adaptacije obične jele u ovom istraživanju nije registrirana na zadovoljavajućoj razini, ali ipak mnoga istraživanja to potvrđuju za izoenzimske lokuse, kao prema kiselosti tla (Brinar 1976, a prema Brusu i Longaueru 1995). Tako se pojedini genski lokusi kao i njihovi aleli ne mogu smatrati potpuno neutralnima (Bergmann 1991). Isto tako i primarni populacijski genetski parametri mogu dati važne dokaze o adaptivnosti jedinke ili populacije, a to se prije svega ogleda u genetskoj raznolikosti, broju haplotipova, efektivnom broju haplotipova, haplotipskoj raznolikosti, genetskoj multilokusnoj raznolikosti (v_{gen}), stupnju heterozigotnosti. Njihovim promatranjima mogu se donijeti odgovarajuće preporuke radi očuvanja genetske raznolikosti populacija, odnosno uspješne obnove populacija.

Prema Vidakoviću (2001), kako bi se osigurala dobra prilagodba genotipova na različite uvjete, istraživani genski lokusi ili haplotipovi morali bi biti neovisni jedni o drugima, a promjene okoliša kao nosioca evolucijskih promjena ne bi smjele biti dopuštene. Zbog toga se postojeći genetski set koji bismo sačuvali u bankama gena ne može smatrati krajnjim ciljem očuvanja jele, već početnim materijalom u procesu konzervacije *in situ* i *ex situ*.

Osnovno je pitanje koliko populacija može predstavljati jednu vrstu u istraživanju. U ovom slučaju obična jela pojavljuje se u Bosni i Hercegovini na 562.237 ha (Uščuplić 1992), s cijelim spektrom fitocenoza.

Tako se nakon posljednjeg rata u Bosni i Hercegovini pristupa ponovnom izdvajanju novih i reviziji starih sjemenskih objekata. U tom periodu se u Federaciji izdvaja ukupno 13 sjemenskih sastojina jele sa

ukupno 446,86 ha (usp. Ballian), a u RS ukupno 7 sastojina sa ukupno 280,2 ha (Mataruga i sur. 2005), odnosno ukupno 20 objekata sa 727,06 ha u cijeloj zemlji. To je ipak nešto više sjemenskih objekata nego što je izdvojeno prošlom revizijom koja je rađena sredinom osamdesetih godina (Dizdarenić i sur. 1987), ali tada su objekti bili sa znatno većom površinom. Ako se u tom periodu pak analizira proizvodnja reprodukcijuskog materijala može se primijetiti da 1997. godine u ukupnoj proizvodnji reprodukcijuskog materijala obična jela učestvuje sa nešto malo više od 1% (Ballian 2000 c i d), što je zanemarivo u odnosu na njen značaj. Inače taj broj izdvojenih sjemenski sastojina ne može zadovoljiti potrebe zbog slabe distribuiranosti sjemenskih sastojina. S njima nisu pokriveni svi ekološko vegetacijski rajoni, a i na temelju molekularno-genetskih istraživanja trebalo bi povećati njihov broj (Ballian 2003 b, c i d), jer u protivnom to vodi gubitku genetske raznolikosti.

Da bi se to moglo u potpunosti razumjeti ovdje se moramo osvrnuti i na neke karakteristike sjemena, kao i na to što sve utječe na proizvodnju sjemena obične jele. Sjeme sazrijeva i rasipa se u listopadu/studenom. Tada ono ima najveću masu, klijavost, te maksimalno najnižu pojavu praznih i nezrelih sjemenki, a od svježeg sjemena se dobiju vitalnije biljke koje bolje preživljavaju na terenu. U nekim slučajevima sazrijevanje češera i rasipanje sjemena jele može se desiti i u zimu (Anon 1950, Aussenac 1966, Hetherington 1965, Houle i Payette 1991, Roe 1946), te to sjeme koje je tada zatrpano samo snijegom, ranije isključivo jer je prestimulirano.

Kada je u pitanju vrijeme rasipanja sjemena, podaci za Italiju ukazuju da rasipanje kasni s povećanjem nadmorske visine, ali količina opalog sjemena po četvornom metru je najveća na srednjim i nižim visinama, od 900 i 1.450 m, i na 800 i 1.600 m. Sa visinom stabala i sa većom nadmorskom visinom se smanjio postotak praznih i šturih sjemenki (Ballian 2013, Giami 1970).

Oko 20% težine svježeg sjemena obične jele čine smole (Čermák 1987), a go do 95% od njih su monoterpenski ugljikovodici (uglavnom limonen) (Čermák 1987, Čermák i Penke 1979, Penke i sur. 1977). Uloga smole je povezana s inhibiranjem preuranjene klijavosti, odnosno, da se promovira mirovanja od zrelog sjemena do njegovog rasipanja (Rohmeder 1951). To bi se moglo promatrati i kao neki oblik zaštite za embrij i megagametofit od prekomjernog isušivanja (Gunia i Simak 1970). Klijavost nestimuliranog sjemena jele je porasla i nakon

uklanjanja smole niskom temperaturom i vakuumiranjem, a izdvojena smola iz sjemena jele inhibirala je klijavost sjemena kod borova i smreke (Dassler i Zentsch 1959, Rohmeder 1951). Inače, mjehurić s smolom ako pukne i razlije se po sjemenu prije klijanja, znatno smanji klijavost sjemena kog sjemenki koje su s neoštećenim mjehurićem (Gunia i Simak 1970). Slobodna smola brzo oksidira i tada je toksična za embrija (Bouvalet i Lemoine 1958), a predstavlja dobar medij za razvoj plijesni na sjemenu (Gunia i Simak 1967, 1970; Kitzmiller i sur. 1973). Zato obična jela zahtijeva oprezan rad s sjemenom od trenutka kad je sakupljeno do sjetve (Dalskov 1960; Gunia i Simak 1970). Starost stabla i veličina mogu imati utjecaj na kvalitetu sjemena, ali je to ponekad kontradiktorno. Najbolje sjeme se dobiva sa mlađih stabala (od 40 do 50 godina starih) kod sicilijanske jele u Italiji (Arena 1960) i balzamaste jele u Michiganu (Benzie 1960), a kod obične jele u starosti od 150 godina, što je potvrdio i Ballian (2013). Stabla starosti između 40 i 100 godina bila su najbolja u istraživanju koje je proveo Magini (1953), ali rezultati Panova (1949) ukazuju da nema smanjenja plodnosti s starošću, što se potvrdilo i u istraživanju koje je proveo Ballian (2013). Unatoč proizvodnji obilne količine peludi, jela je obično slab proizvođač sjemena, a razlozi u malom broju pupova koji daju ženski cvijet, napadu insekta, mrazu koji šteti izbojcima i cvjetnim zametcima, neadekvatnom oprašivanju, i drugim uzrocima (Owens i Morris 1998). Glavni čimbenik koji utječe na broj češera je broj pupova s ženskim strobilima koji se u potpunosti razvijaju u zrele češere (Eis 1970, Nekrasova 1974, Owens i Molder 1974, 1977, Owens i Morris 1998, Powell 1973, Shea 1989a i b), kasni mraz koji se javio 6-8 tjedana nakon otvaranja pupoljka, obično krajem svibnja i početkom lipnja (Fowells i Schubert 1956, Franklin i Ritchie 1970) što uzrokuje pobačaj ženskih strobila. Osim toga, neke od primordia mogu postati latentne ili da se razlikuju od vegetativne strukture, ovisno o okolišu i fiziološkim čimbenicima tijekom njihovog razvoja. Ovdje se treba osvrnuti i na zračna zagađenja koja smanjuju prinos sjemena (Löffler 1988, Sidhu i Stainfort 1986).

Obzirom na proizvodnju i potražnju reproduktivnog materijala obične jele u Bosni i Hercegovini, i ove izdvojene sastojine su praktično nepotpuno iskorištene. Tako trenutni pokazatelji upućuju na to da se sjemenski materijal obične jele sakuplja samo u tri sjemenska objekta, što je nedopustivo. Ovo pak ukazuje da su tadašnje smjernice

za razvoj šumarstva, postavljene na krivim osnovama, jer mnoga saznanja kojima mi danas raspolažemo nisu bila dostupna, a ta stara, s današnje točke motrenja, vode ka stalnom ugrožavanju stabilnosti i propadanja šuma, uz trajni gubitak genetske strukture.

Na temelju rečenog moglo bi se reći da sadašnji broj sjemenskih sastojina ne odgovara značaju ove vrste, a posebno za održanje njenoga genetskog potencijala, u uvjetima središnjih dinarskih Alpa. Područje dinarskih Alpa vrlo je specifično kad su posrijedi uvjeti okoliša, jer na vrlo malom prostoru postoji velika šarolikost klimatskih, edafskih, orografskih i drugih čimbenika koji izravno utječu na diferencijaciju različitih ekotipova. Stoga stručnjaci smatraju da vrste šumskog drveća s područja Dinarida pokazuju veliku varijabilnost (Slade i sur. 2008, Ballian sur. 2012), u usporedbi s istim vrstama sa sjevera, pa time i obična jela.

Ako znamo da broj biljaka koje su uzete za analizu, prema preporukama iz prijašnjih istraživanja, za izoenzimsku istraživanja iz velike populacije iznosio je oko 100 jedinki, a iz male oko 50 jedinki. Za istraživanja provedena na cpDNK iskorišten je standardizirani uzorak od 24 jedinke po populaciji. Broj biljaka koje predstavljaju populaciju ipak ostaje upitan, jer se pojavljuje problem subjektivnosti pri uzimanju uzorka. Pojavljuje se i problem hoće li izoenzimskom analizom biti registrirani i rijetki aleli. Sličan problem opterećuje i istraživanja s haplotipovima, napose sa specifičnim haplotipovima. Stoga bi u području poput Dinarida, gdje se na vrlo malom prostoru izmjenjuju različiti ekološki uvjeti, s različitim biljnim zajednicama u kojima se pojavljuje obična jela, trebalo primijeniti varijantu manjeg broja jedinki u uzorku, a obuhvatiti raznorodne ekološke uvjete, odnosno više populacija. To se pak kosi s preporukom Hüssendorfera (1996) koji navodi da bi trebalo povećati broj jedinki koje predstavljaju populacije, tako da ih bude oko 350, jer bi se tada mogli obuhvatiti i rijetki aleli. Međutim, samo to povećanje zahtijevalo bi smanjenje broja populacija, jer se uvijek postavljaju limitirajući čimbenici, kao što je vrijeme potrebno za istraživanje i laboratorijski kapacitet. Na kraju ostaje upitno da li je otkrivena stvarna raznolikost, vjerojatno nije, a to vodi u izdvajanje još većeg broja sjemenskih sastojina i izdvajanje zaštićenih genetskih rezervi.

Možda je ovakav odnos spram umjetnog pomlađivanja i zaštite genetskih izvora obične jele povezan s mnogim problemima, od

komplikirane proizvodnje u rasadnicima zbog posebnih ekoloških zahtjeva vrste do slabo zastupljenoga gene-poola u proizvedenom materijalu. Dakle, pri umjetnoj obnovi populacija obične jele u Bosni i Hercegovini treba posebnu pažnju obratiti lokalnim populacijama, a izdvojeno ih je samo 20, što je u ovom trenutku nedostatno, ali koje su vrlo važne na lokalnoj razini, odnosno rajonu. Tu se prije svega misli na temelju jelinog prilagodbenog potencijala, a koji bi se i eksperimentalno trebao dokazati. Inače, rajoni su definirani u Bosni i Hercegovini od strane Stefanovića i sur. (1983), ali sva genetska istraživanja upućuju na potrebu izrade genetske rajonizacije za svaku šumsku vrstu drveća.

Potvrda genetskog bogatstva u populacijama

U istraživanjima se može pojaviti i takav biološki materijal koji neće pokazivati mnoga genetska obilježja bitna za adaptacijsku sposobnost istraživane vrste (Ziehe i sur. 1989, Finkeldey 1993, Vendramin i sur. 1999).

Za prilagodbu i održanje neke populacije *in situ* mora se uzeti u obzir i činjenica da opstanak ovisi i o osnovnim životnim čimbenicima te o jedinki, koja je nosilac genetskog izvora, tj. o njezinoj sposobnosti da genetski resurs prenese na sljedeću generaciju (vitalitet, plodonošnje, otpornost, itd.). Stoga je potrebno poznavati genetsku strukturu dobivenu uz pomoć genetskih markera i osnovne ekološke čimbenike.

Promatramo li genetski kriterij, najbolje je da populacija posjeduje što je moguće više genetskih varijanti (brojnost genotipova), bilo rijetkih alela, bilo onih s visokom učestalošću, veliki genetski potencijal za prilagodbu, visok stupanj heterozigotnosti, veliku multilokusnu raznolikost i visok polimorfizam haplotipova, jer se prema Larsenu (1986a i b) velika raznolikost u obične jele povezuje se s višom otpornošću prema polutantima i propadanju. U vezi s genetskom raznolikošću posebno su važne populacije koje se mogu smatrati predstavnicima postojećega gene-poola (da je prisutna mala diferencijacija u njima) te populacije koje imaju veliku raznolikost u gene-poolu, jer oslikavaju posebnosti u svom razvoju (populacija Očevija, s malom heterozigotnošću), odnosno prilagodbu na specifične ekološke uvjete koji vladaju na određenim staništima, a Bosna i Hercegovina je bogata različitim ekološkim nišama.

Na temelju svega do danas istraženog kod obične jele u Bosni i Hercegovini, situacija s njenim populacijama je vrlo složena. Imamo male populacije s malom heterozigotnošću, ali s većom od očekivane, s velikom učestalošću određenih alela, vrlo često i rijetkih, koji karakteriziraju samo balkansko područje (Konnert i Bergmann 1995), ali i s pojavom manjeg broja haplotipova ili mitotipova nego u velikih populacija. Ipak, i te male populacije karakterizira pojava polimorfizma razmjerno njihovoj veličini.

S druge strane, velike populacije karakterizira veliki polimorfizam i heterozigotnost, s pojavom vrlo rijetkih alela i većim brojem haplotipova, te dva mitotipa u zapadnoj Bosni. Sve te populacije iako su velike i kompaktne pokazuju neka specifična svojstva. Obzirom na brojnost alela i genotipsku strukturu u populacijama može se utvrditi i genetičko opterećenje (Gregorius 1991) u njima, o čemu je bilo riječi u posebnom poglavlju. Stoga je preporučljivo uključivanje većeg broja parametara pri utvrđivanju genetskih potencijala, i u vezi s tim odrediti veći broj populacija za poduzimanje aktivnosti na očuvanju genetskih potencijala. Istraživanjem većeg broja populacija bolje bi se upoznali genetski potencijali, i nakon toga smanjile opasnosti od gubitka dragocjenih genetskih potencijala u uzgojno-meliorativnim radovima u šumama obične jele.

Prema Millaru i Lybbyju (1991), odlučujuću ulogu u potvrdi genetskih potencijala ima podjela variranja unutar i između populacija. Ako genetičko variranje između populacija nije klina, nego je diskontinuirano (u obliku ekotipova, kao što je slučaj s populacijom Biokova i s drugim malim, izoliranim populacijama), tada se preporučuje da obuhvati što veći broj populacija pri poduzimanju mjera za održanje genetskog potencijala, odnosno izdvajanje velikog broja sjemenskih objekata u različitim ekološkim nišama. U homogenijim uvjetima s klinalnom varijabilnošću dovoljan je i manji broj populacija za održavanje genetskog potencijala.

Uzmemo li u obzir i rezultate Nealea i Adamsa (1985) za balzamastu jelu (*Abies balsamea*) te Pacalaja i sur. (2002) za smreku, treba uključiti i visinsko raščlanjivanje populacija obične jele, jer su autori za balzamastu jelu dobili međupopulacijske razlike na osnovi visinskog raščlanjivanja. Stoga bi to trebalo uzeti u obzir prilikom deklariranja genetskih potencijala, te težiti tome da na određenim visinama raspolažemo populacijama koje mogu zadovoljiti i kvantitetom i kvalitetom genetskog potencijala.

Broj potrebnih populacija za banke gena *in situ*

Na temelju dobivenih rezultata ne bi se moglo točno reći koliki je broj populacija i u populacijama broj jedinki potreban za održanje genetskih potencijala.

Ipak se moramo osvrnuti na povijesne aktivnosti vezane za očuvanje obične jele. Tim aktivnostima sredinom pedesetih godina prošlog stoljeća izdvojeno 8 sjemenskih sastojina u cijeloj Bosni i Hercegovini, koje su bile u mogućnosti da zadovolje tadašnje potrebe za sjemenom ove vrste. Tako je prema Đikiću i sur. (1965) 1954. godine sakupljeno 10.541 kg češera jele, naredne 1955. godine čitavih 11.145 kg. Već krajem 50-ih i početkom 60-tih godina postoje izdvojene



Slika 111. Nasad obične jele na lokalitetu Vis kod Tarčina u starosti od 43 godine

52 sjemenske sastojine, sa ukupnom površinom od 2.025,2 ha, te se 1960. sabire 336.558 kg češera, i ta se godina smatra za rekordnu u proizvodnji sjemena obične jele. Ipak, analiza kvalitete sjemena, je pokazala kako navodi Đikić i sur. (1965) da je klijavost i kvaliteta sjemena bila loša i nije bila u skladu sa potrebama. Razlog je bio u tome da je sjeme sabirano i sa fenotipski jako loših stabala, te uz jako lošu manipulaciju sjemenom, s primitivnom obradom. Tako je nakon trušnja ostajalo samo 8-10% količine, što se smatralo odličnim rezultatom jer su tad dostupni njemački podaci govorili da se može dobiti samo 5% kvalitetnog sjemena. Taj podatak je bio zvaničan i zadržao se u stručnoj literaturi dugi niz godina. Inače podaci iz lokalnih istraživanja su ukazivali da se od 100 kg češera može dobiti 18 kg kvalitetnog sjemena visoke klijavosti (Đikić i sur. 1965).

U tom periodu planirana je godišnja proizvodnja od 241.330 kg češera jele. Za ostvarenje tog cilja planiralo se izdvoji oko 13.000 ha sjemenskih sastojina, u mješovitim sastojinama koje su bile neuređene, ali i u čistim sastojina. Planiralo se izdvojiti ukupno 250 - 350 sjemenskih objekata (koji bi bili prosječne veličine 39 ha), u različitim ekološkim zonama, što je tada s ekonomskog motrišta bio nerealan cilj, ali bi bio u funkciji održanja genetske strukture obične jele. Iako ambiciozno zamišljen, možda i donekle nerealan plan, ali se ipak 1960. pristupa njegovoj realizaciji u većem obimu. Sjeme se planiralo uporabiti za direktnu sjetvu u šumama, te prevođenje čistih bukovih šuma u mješovite. Na ovome planu se manje-više ustrajavalo se do sredine 60-tih godina.

Već sredinom 60-tih godina taj koncept se lagano napušta, i počinje se bilježiti se stagnacija u proizvodnji sjemena i sadnog materijala obične jele, pa čak se jela i potpuno zanemaruju sve do početka 80-tih godina. U tom periodu se pokreće masovna proizvodnja smreke, običnog i crnog bora koja veoma brzo dostiže i 98% proizvedenog reprodukcijskog materijala. Ti podaci ukazuju na pad interesa za običnu jelu jer su raniji rezultati bili slabi i kompromitirali su tu proizvodnju. Ipak, to stanje nije potrajalo dugo, te se počinje sa izdvajanjem novih i revizijom starih sjemenskih sastojina (Dizdarević i sur. 1987), a plan je bio prilično realan. Planirana je proizvodnja od 1.310 kg jelovog sjemena, što je bilo jako malo spram planova koji su bili tijekom 50-ih i 60-ih godina. Od planirane proizvodnje za rasadničku proizvodnju predviđeno je oko 780 kg, i ostalo za direktnu sjetvu u šumi. Kroz te aktivnosti je izdvojeno 17 sjemenskih objekata sa površinom od 366,1 ha. I taj plan nije ostvaren u proizvodnji, te se proizvodilo zanemarivo malo sjemena materijala obične jele. Ti podaci pokazuju malu zainteresiranost za proizvodnju i uporabu reprodukcijskog materijala obične jele u šumsko-gospodarskim radovima. Iako ambiciozno zamišljene, aktivnosti su prekinute zadnjim ratom 1992-95., te do 1999. godine se ne poduzimaju nikakve nove aktivnosti.

Nakon posljednjeg rata u BiH se pristupa ponovnom izdvajanju novih i reviziji starih sjemenskih objekata. U tom periodu se u Federaciji izdvaja ukupno 13 sjemenskih sastojina jele sa ukupno 446,86 ha, a u RS ukupno 7 sastojina sa ukupno 280,2 ha (Mataruga i sur. 2005), odnosno 20 objekata sa 727,06 ha u cijeloj BiH. To nešto više sjemenskih objekata nego prošlom revizijom, ali sa znatno većom površinom. Ako

se u tom periodu pak analizira proizvodnja sadnog materijala može se primijetiti da 1997. godine u ukupnoj proizvodnji sadnog materijala obična jela učestvuje sa nešto malo više od 1% (Ballian 2000c i d), što je zanemarivo u odnosu na njen značaj. Inače, taj broj izdvojenih sjemenskih sastojina ne može zadovoljiti potrebe zbog slabe distribucije sjemenskih sastojina. S njima nisu pokriveni svi ekološko vegetacijski rajoni, a i na temelju molekularno-genetskih istraživanja trebalo bi povećati njihov broj (Ballian 2003), jer bi to vodilo gubitku genetske raznolikosti. Ipak, obzirom na proizvodnju i potražnju reprodukcijskog materijala obične jele i ove izdvojene sastojine su praktično nepotpuno iskorištene. Tako trenutni pokazatelji upućuju na to da se sjemenski materijal obične jele sakuplja samo u tri sjemenska objekta, što je nedopustivo. Ovo pak ukazuje da su tadašnje smjernice za razvoj šumarstva, postavljene na krivim osnovama, jer mnoga saznanja kojima mi danas raspoložemo nisu bila dostupna, a ta stara, s današnje točke motrenja, vode ka stalnom ugrožavanju stabilnosti i propadanju šuma.

Tako broj izdvojenih objekata ne zadovoljava ni minimum potreba za očuvanjem genetske strukture. Iz rezultata je vidljivo da za banku gena velike populacije treba veći broj jedinki, a za male populacije treba manji broj jedinki. Osim toga, treba voditi računa i o samome prilagodbenom potencijalu biljaka u populaciji. Za populacije i jedinke koje imaju visoki potencijal prilagodbe, treba manje populacija ili jedinki, od onih kod kojih je taj potencijal manji, pa je potrebno i više populacija i više jedinki, te bi stoga trebalo izdvojiti oko 200 objekata za potpunu zaštitu autohtonog genofonda, sa oko 1.200 ha.

Inače, prema Gregoriusu (1986), održavanje genetskog potencijala u različitim ekološkim nišama, uz prisutno genetske diferenciranosti, može uvjetovati povećanje prilagodbenog potencijala populacija, odnosno bolju prilagodbu na izmijenjene uvjete okoline pod utjecajem klimatskih promjena.

Izdvojene populacije trebaju imati visok prilagodbeni potencijal i otpornost u usporedbi s drugim populacijama. To bi se moglo provjeriti samo testovima u nizu terenskih pokusa.

Dakle, pri umjetnom širenju populacija obične jele u Bosni i Hercegovini treba posebnu pažnju obratiti lokalnim populacijama, koje su vrlo važne na lokalnoj razini, odnosno rajonu, na osnovi svog prilagodbenog potencijala, a koji bi se i eksperimentalno trebao dokazati, jer rezultati s pokusa Delimusa upućuju na to.



Slika 112. Preborna jelova šume na lokalitetu Ajdinovići kod Olova

Obnova genetskih potencijala

Istaknuto je značenje prirodnog i umjetnog pomlađivanja u vezi s obnovom genetskih potencijala. Zbog toga je, a radi minimalnog održanja genetskih potencijala i procesa pomlađivanja, odlučujući broj potrebnih rezervi gena.

Prema Finkeldeyu (1992), broj jedinki potrebnih za održavanje genetskog potencijala mora se temeljiti na vjerojatnosti gubitka rijetkih gena iz populacije, što znači da populacija mora biti toliko velika da u sebi očuva veći dio gene-poola. To je bitno pri radovima na očuvanju gena *ex situ*, bilo čuvanjem sjemena u bankama gena, bilo podizanjem arhiva gena. Za održanje potencijala *in situ* donju granicu broja jedinki treba odrediti na osnovi spoznaje je li moguća naknadna obnova genetskog potencijala prirodnog pomlađivanja. U tom slučaju, presudno je važan broj biljaka, horizontalna i vertikalna struktura, tip gospodarenja šumskim sastojinama (jednodobna ili preborna struktura šume).

Tako u homogenim uvjetima trebamo imati manji broj većih populacija koje bi mogle zadovoljiti potrebe za reproduksijskim materijalom, a u heterogenim uvjetima Dinarida potrebno je imati veći broj manjih objekata (sjemenskih sastojina), oko 200.

U populacijama s pojavom rijetkih alela prilikom njihove obnove treba voditi računa o strukturi mlade sastojine i omogućiti prenošenje rijetkih alela na slijedeću generaciju, po mogućnosti prirodnom obnovom, ali ako se to pokaže nedovoljnim, pristupiti i umjetnoj obnovi. U tim radovima treba obratiti pažnju na genetsku strukturu populacije, prema starosnim stadijima, jer u provedenim istraživanjima Ruetza i sur. (1996) rezultati pokazuju razlike između starosnih stadija populacije smreke. Obnovu treba pratiti povremenim genetsko-molekularnim istraživanjima (Behm i Konnert 1999), jer se razlike između stare i mlade generacije u jednoj populaciji, uz odgovarajuće uzgojne mjere, mogu svesti na minimum. Obnova u području Gorskog kotara pokazuje da su razlike između stare populacije i mlade, obnovljene populacije, vrlo male, što pokazuje da je obnova uspješna, iako je stara populacija već desetljećima izložena propadanju.

LITERATURA

- **Anić M. 1983:** Klijanci. Šumarska enciklopedija, Zagreb, II: str. 248.
- **Anonimus 1950:** Silvicultural studies: Report of the Forest Service 1949. Victoria: British Columbia Department of Lands and Forests: 25-28.
- **Anonimus 1964:** Predlog registra šumskih semenskih objekata Jugoslavije - Četinari. Jugoslavenski poljoprivredno šumarski centar - Beograd, str. 1-140.
- **Anonimus 1993:** Forests of the Czech Republic. Ministry of Agriculture of the ČR, Branch of Forestry, str. 4.
- **Arbez M. 1969:** Étude comparative en pépinière de quelques provenances françaises de sapin pectiné (*Abies alba* Mill.). Premier aperçu de la variabilité infraspécifique et mise au point sur le "sapin de l'aude", Ann. Sci. Forest., Nancy, 26(4): 475-509.
- **Arbez M., Millier C. 1970:** Comparaison de deux générations successives de sapin (*Abies alba* Mill.): Structure génétique de population, hypothèses sur l'action de la sélection naturelle, Ann. Sci. forest., Nancy, 27(3): 287-301.
- **Arena M. 1960:** The germinative capacity of the seed, and the survival of seedlings, of *A. nebrodensis*. Italia Forestale e Montana 15: 247-50.
- **Arno S.F., Hammerly R.P. 1977:** Northwest trees. Seattle, WA: The Mountaineers, str. 1-222.
- **Ascherson P., Graebner P. 1896:** Illustrierte Flora von Mitteleuropa 1. Leipzig.
- **Ass G., Kircher F., Maier J. 1994:** Untersuchungen zur geographischen Variation morphologischer Merkmale von *Abies alba* Mill. In: Wolf, H. (ed.): Weisstannen-Herkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei *Abies alba* Mill. Contributones Biologiae Arborum, 5: 11-32.
- **Aussenac G. 1966:** Seed dispersal in *Abies grandis*. Revue Forestiere Francaise 18:431-434.
- **Bachmann K. 1994:** Molecular markers in plant ecology, New Phytolo. 126: 403-418.
- **Ballian D. 1999:** Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost nekih morfoloških i fizioloških svojstava obične jele (*Abies alba* Mill.) u dijelu prirodnog rasprostranjenja u Bosni i Hercegovini. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-188.
- **Ballian D. 2000a:** Intra-population and inter-population variability of some morphological and physiological characteristics of the silver fir (*Abies alba* Mill.) in one part of the natural range in Bosnia and Herzegovina, Annales forestales, Zagreb, 24/1: 1-23.
- **Ballian D. 2000b:** Analiza rasta klijanaca obične jele (*Abies alba* Mill.) različitih populacija putem half-sib potomstva, Šumarski list, Zagreb, 11-12: 649-660.
- **Ballian D. 2000c:** Kvaliteta sadnog materijala u rasadnicima Federacije BiH, Seminar: Sjemensko-rasadnička proizvodnja u BiH - Aktualno stanje i perspektive, Brčko. str. 67-70.
- **Ballian D. 2000d:** Značaj rasadničke proizvodnje u cilju održanja i povećanja biodiverziteta, Seminar: Sjemensko - rasadnička proizvodnja u BiH - Aktualno stanje i perspektive, Brčko. str. 81-84.

- **Ballian D. 2000e:** Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost broja kotiledona u potomstvu pet populacija obične jele (*Abies alba* Mill.) iz središnje Bosne, Radovi Šum. Fak. br. 1, 53-57, Sarajevo
- **Ballian D. 2003a:** The new form of common silver fir (*Abies alba* Mill.) from northern Bosnia, Radovi Šum. Fak., Sarajevo, 1: 47-49.
- **Ballian D. 2003b:** Procjena genetičke varijabilnosti obične jele (*Abies alba* Mill.) analizom cpDNA i izoenzima u dijelu prirodnih populacija Bosne i Hercegovine i Hrvatske. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-152.
- **Ballian D. 2003c:** Procjena genetičke varijabilnosti obične jele (*Abies alba* Mill.) analizom izoenzima u dijelu prirodnih populacija Bosne i Hercegovine i Hrvatske, Šumarski list, Zagreb 3-4: 135-151.
- **Ballian D. 2003d:** Procjena genetičke varijabilnosti obične jele (*Abies alba* Mill.) analizom cpDNA u dijelu prirodnih populacija Bosne i Hercegovine i Hrvatske, Šumarski list, Zagreb 7-8: 347-357.
- **Ballian D. 2005a:** Analiza half-sib potomstva obične jele (*Abies alba* Mill.) u trećoj i četvrtoj godini starosti. Glasnik Šumarskog fakulteta u Banja Luci, 4: 1-14.
- **Ballian D. 2005b:** Novi prilog poznavanju obične jele (*Abies alba* Mill.) s Biokova. Šumarski list, Zagreb 1-2: 63-70.
- **Ballian D. 2005c:** Značaj procjene genetičkog opterećenja u sastojinama obične jele (*Abies alba* Mill.) na osnovu fiksacijskog indeksa i njegova primjena. Rad. Šumar. Inst. Jastrebarsko, 40(2): 151-163.
- **Ballian D. 2008:** Heterozigotnost kao mjera u procjeni otpornosti populacija obične jele (*Abies alba* Mill.). Glasnik Šumarskog fakulteta u Banja Luci, 9: 1-13.
- **Ballian D. 2009:** Genetičke strukture obične jele (*Abies alba* Mill.) iz zapadne i istočne Bosne. Šumarski list, Zagreb, 9/10: 501-512.
- **Ballian D. 2010:** Genetska struktura obične jele (*Abies alba* Mill.) sa područja Očevije. Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu, 40(1): 25-36.
- **Ballian D. 2013:** Genetic overload of silver fir (*Abies alba* Mill.) from five populations from central Bosnia and Herzegovina. Folia Forestalia Polonica, Series A, 55(2): 49-57.
- **Ballian D., Mikić T. 2002:** Changes in the structure of the virgin forest preserve Trstionica, Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Reinland-Pfalz, No. 50/03: 238-247.
- **Ballian D., Gömöry D., Longauer R. 2004:** Razdioba populacija obične jele (*Abies alba* Mill.) pomoću mitohondrijalne DNK (mtDNK) i njezina primjena u šumarstvu. Rad. Šumar. Inst. Jastrebarsko, 39(1): 71-78.
- **Ballian D., Kajba D. 2005:** Estimation of the isoenzyme genetic variability of the silver fir (*Abies alba* Mill.) from the area of Gorski kotar (Croatia). Periodicum Biologorum, Vol. 107 (1): 67-72.
- **Ballian D., Čabaravdić A. 2005:** Međupopulacijska varijabilnost nekih morfoloških svojstava obične jele (*Abies alba* Mill.) iz središnje Bosne. Rad. Šumar. Inst. Jastrebarsko, 40(1): 5 - 18.

- **Ballian D., Mioč D. 2009:** Obična jela (*Abies alba* Mill.) na planini Kamešnici. Naše šume, 16/17: 39-43.
- **Ballian D., Mataruga M. 2011:** Genetic study of small isolated populations of Silver Fir (*Abies alba* Mill.) in Sub-Mediterranean zone of the Dinarides. *Spanish Journal of Rural Development*, Vol. II (3): 39-50.
- **Ballian D., Bogunić F., Bajrić M. Kajba D., Kraigher H., Konnert M. 2012:** The genetic population study of Balkan Silver Fir (*Abies alba* Mill.). *Periodicum Biologorum*, 114(1): 55-65.
- **Badea O., Tanase M., Georgeta J., Anisoara L., Peiov A., Uhlirova H., Pajtik J., Wawrzoniak J., Shparyk Y. 2004:** Forest health status in the Carpathian Mountains over the period 1997-2001. *Environmental Pollution* 130: 93-98.
- **Barbu I. 1991:** Moartea bradului - simptom al degradării mediului. Ed. Ceres București, Romania, str. 1-276.
- **Barbu I., Barbu C. 2005:** Silver fir (*Abies alba* Mill.) in Romania. Editura Tehnică Silvică, str. 1-220.
- **Becker A. 1971:** Ökologische Varianz der Weisstanne und waldbauliche Folgerungen. *Allg. Forstztg.*, 26 (49): 1011.
- **Behm A., Konnert M. 1999:** Conservation of Forest Genetic Resources by Ecologically Oriented Forest Management- a Realistic Chance?. *Forst und Holzwirtschaft*, 194: 215-235.
- **Beissner, L. Fitschen, K. 1930:** Nadelholzkunde. 3rd ed. Paul Parey. Berlin, str. 1-765
- **Bennett K.D., Tzedakis P.C., Willis K.J. 1991:** Quaternary refugia of north European trees. *J. Biogeogr.* 18: 103-115.
- **Benzie J.W. 1960:** Viability of balsam fir seed depends on age of tree. *Tech. Note 591*. St. Paul: USDA Forest Service, Lake States Forest Experiment Station, str. 2.
- **Berchtold, F.G.von, Presl J.S. 1820:** O prirozenosti Rostlin. K.W. Endersa in Praha, str. 322.
- **Bergmann F. 1988:** Untersuchungen der genetischen Differenzierung der Fichte in den Seetaler Alpen an Enzym-Genloci. *FBVA-Berichte*, 28: 163-172.
- **Bergmann F. 1991:** Isoenzyme gene markers. In: Müller-Starck G., Ziehe M. (ed.): *Genetic Variation in European Population of Forest Trees*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt, str. 67-78.
- **Bergmann F. 1991b:** Causes and Consequences of Species Specific Genetic Variation Patterns in European Forest Trees Species: Examples with Norway Spruce and Silver Fir. In: Müller-Starck, G., Ziehe, M. (ed.): *Genetic Variation in European Population of Forest Trees*. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt, str. 67-78.
- **Bergmann F. 1992:** Die genetische Struktur in Weißstannen-Populationen Mittel-und Südeuropas. 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, 25-33.
- **Bergmann F. 1993:** Die genetische Struktur in Weisstannen Populationen Mittel und Südeuropas. In: Wolf H. (ed.): *Weisstannenherkünfte*. Ecomed, Landsberg am Lech, str. 97-105.

- **Bergmann F., Scholz F. 1987:** The impact of air pollution on the genetic structure of Norway spruce. *Silva Genetica*, 36(2): 80-83.
- **Bergmann F., Scholz F. 1989:** Selection effects of air pollution in Norway spruce (*Picea abies*) populations. In: Scholz F., Gregorius H.R., Rudin D. (ed.): *Genetic Effects of Air Pollutants in Forest Tree Populations*, Springer Verlag, Berlin, str. 143-160.
- **Bergmann F., Gregorius H.R., Larsen J.B. 1990:** Levels of genetic variation in European silver fir (*Abies alba* Mill.) are they related to the species decline. *Genetica*, 82 (1): 1-10.
- **Bergmann F., Hosius B. 1996:** Effects of heavy-metal polluted soils on the genetic structure of Norway spruce seedling populations. *Water, Air and Soil Pollution*, 89: 363-373.
- **Bergmann, F., Matschke, J., 1998:** Genmarker ermöglichen Zertifizierung unterschiedlicher Rassen der Nordmannstanne aus Herkunftsgebieten des Kaukasus und der Türkei (I), *Baum-Zeitung* 2: 59-62.
- **Bernetti G. 1995:** *Selvicoltura speciale*, utet 2., Torino, str. 109.
- **Beus V. 1984:** Vertikalno raščlanjenje šuma u svijetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji, ANU BiH, Radovi LXXVI, Odjelj, Prir, i matemat, nauka, knjiga 23: 23-32.
- **Beus V. 1997:** Fitocenologija. FBiH Ministarstvo obrazovanja, nauke, kulture i sporta. Sarajevo-Publishing, Sarajevo, str. 1-138.
- **Bilela S., Ballian D. 2008:** Genetska varijabilnost obične jele (*Abies alba* Mill.) iz središnjeg dijela Bosne i Hercegovine na temelju analize biokemijskih biljega. *Rad. - Šumar. inst. Jastrebar*. 43 (1): 5-18.
- **Borojević K. 1985:** Geni i populacija, Novi Sad, str. 1-545.
- **Borzan Ž., Lovrić A.Ž., Rac M. 1992:** Hrvatski biljni endemi. ed. monografija Šume u Hrvatskoj, str. 231-232.
- **Bouvarel P, Lemoine M. 1958:** Notes sur le reboisement: la conservation par le froid des graines de résineux. *Revue Forestiere Francaise (Nancy)* 10: 493-497.
- **Breitenbach M. 1988:** Genetische Charakterisierung von Tannen mit Hilfe von Isoenzymuntersuchungen. *Österreichische Forstzeitung*, 2: 1-35.
- **Breitenbach M., Pinsker W. 1990:** Genetic variation in *Abies alba*. In: Hattemer, H.H., Fineschi, S., Cannata, F., Malvolti, M.E. (ed): *Biochemical markers in the population genetics of forest trees*. SPB Academic Publishing Bv, Haag, str. 1-223.
- **Breitenbach-Dorfer M., Pinsker W., Hacker R., Müller F. 1992:** Clone identification and clinal allozyme variation in populations of *Abies alba* from the Estern Alps (Austria). *Plant Systematics and Evolution*, 181: 109-120.
- **Breitenbach-Dorfer M., Konnert M., Pinsker W., Starlinger F., Geburek T. 1997:** The contact zone between two migration routes of silver fir, *Abies alba* (*Pinaceae*), revealed by allozyme studies. *Plant Systematics and Evolution*, 206: 259-272.
- **Briggs D., Walters S.M. 1997:** *Plant Variation and Evolution*. University Press Cambridge, Cambridge. str. 1-512.

- **Brinar M. 1973:** Primerjalno testiranje jelovih provenijenc glede nekaterih fizioloških značilnosti jelke na slovenskom ozemlju, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 12: 87-140.
- **Brinar M. 1976:** Fir seed viability in relation to provenance sites and climate, with respect to fir dieback, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 14 (2): 155-190.
- **Brus R., Longauer R. 1995:** Nekaterne genetske značilnosti jelke (*Abies alba* Mill.) v Sloveniji, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 46: 45-74.
- **Bucci G., Andzidei M., Madaghiele A., Vendramin G.G. 1998:** Detection of haplotypic variation and natural hybridization in *halepensis*-complex pine species using chloroplast simple sequence repeat (SSR) markers. Molecular Ecology, 7: 1633-1643.
- **Carkin R.E., Franklin J.F., Booth J., Smith C.E. 1978:** Seeding habits of upper-slope tree species: 4. Seed flight of noble fir and Pacific silver fir. Res. Note PNW-312. Corvallis, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, str. 1-10.
- **Cheliak W.M., Pitel J. A. 1984:** Techniques for starch gel electrophoresis of enzymes from forest tree species. Petawawa National Forestry Institute, Canada, str. 1-49.
- **Cimperšek M., 1975:** Preizkus odpornosti dveh jelovih populacij. Gozdar, Vest., 23(1): 47-48.
- **Comes H.P., Kadereit J.W. 1998:** The effect of Quaternary climatic changes on plant distribution and evolution. Trends Plant Sci. 3: 432-438.
- **Commarmot B. 1992:** Internationaler Weißtanne-Herkunftsversuch in der Schweiz. 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, 79-90.
- **Conkle M.T. 1992:** Genetic diversity-seeing the forest through the trees. In: Adams, W.T., Strauss, S.H., Copes, D.L. (ed.): Population Genetics of Forest Trees. Kluwer Academic Publishers. str. 5-22.
- **Crawford D.J. 1989:** Enzyme Electrophoresis and Plant Systematics. In: Soltis, D.E., Soltis, P.S. (ed.): Isozymes in Plant Biology, London, str. 146-164.
- **Csaikl U.M., Bastian H., Brettschneider R., Gauch S., Meir A., Schauerte M., Scholz F., Sperisen C., Vornam B., Ziegenhagen B. 1998:** Comparative analysis of different DNK extraction protocols: a fast, universal maxi-preparation of high quality plant DNK for genetic evaluation and phylogenetic studies, Plant Molecular Biology Reporter, 16(1): 69-86.
- **Čabrajčić T. 1960:** Analiza šišarica i sjemena jele (*Abies alba* Mill.) i smreke (*Picea exelsa* LK) sa područja Igmana kod Sarajeva. "Šumarstvo", Prilozi i saopštenja, Beograd, 3-4: 233-234.
- **Čabrajčić T. 1960:** Prilog kon proučavanje na semeto od ela i rtlovosta na semeto od crn bor. "Šumarski pregled", Skopje, 2: 21-29.
- **Čermák J. 1987:** Monoterpene hydrocarbon contents of the resin from seeds of silver fir (*Abies alba* Mill.). Trees: Structure and Function 1: 94-101.
- **Čermák J., Penka M. 1979:** An attempt to estimate potential production of volatile terpenes from the logging by-products of silver fir (*Abies alba* Mill.). Planta Medica 36 (3): 252.

- **Dallimore W., Jackson A.B. 1967:** A handbook of Coniferae including Ginkgoaceae. 4th ed. [rev. by Harrison SG]. New York: St. Martin's Press: 107-175.
- **Dalskov F. 1960:** Handling seed of *Abies* spp. Dansk Skovforenings Tidsskrift 45: 331-338.
- **Dässler H.G., Zentsch W. 1959:** Über die Keimungshemmende Wirkung von Bestandteilen des Tannenzapfenöls. Pharmazie (Berlin) 14: 111-112.
- **Davidson R.H. 1990:** Patterns of variation in Pacific silver fir (*Abies amabilis* (Dougl.) Forbs.) on Vancouver Island, disertacija, Univ. of British Columbia, str. 1-206.
- **Deaconu V. 1995:** Geographical variation of some morfological characters of silver fir needles in a comparative test with 60 provenances in Romania. In: Eder W. (ed.): 7 IUFRO Tannensymposium, "Ökologie und Waldbau der Weißtanne", Altensteig, str. 397-404.
- **Debazac E. 1967:** Priručnik o četinarima. Beograd, str. 16-36.
- **Degen B., Ziegenhagen B., Gillet E., Scholz F. 1995:** Computeraided search for codominant markers in complex haploid DNA banding patterns: A case study in *Abies alba* Mill.. Silvae Genetica, 44 (5-6): 274-282.
- **Diebel K.E., Feret P.P. 1991:** Isozyme variation within the Fraser fir (*Abies fraseri* (Pursh) Poir.) population on Mount Rogers, Virginia: lack of microgeographic differentiation, Silvae Genetica, 40: 79-85.
- **Dizdarević H., Pintarić K., Stefanović V., Prolić N., Uščuplić M., Vukorep I., Lazarev V., Luteršek D., Gavrilović D. 1987:** Revizija postojećih i izdvajanje novih sjemenskih sastojina i proučavanje bioloških karakteristika smreke, jele, bijelog i crnog bora u funkciji proizvodnje kvalitetnog sjemena za potrebe šumarstva u SRBiH. Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-452.
- **Dobrinov K., Gagov V. 1985:** Possibilities for the silver fir (*Abies alba* Mill.) genetic resources preservation in the Rila mountain- Bulgaria. Schr. Forstl. Fak. Göttingen, 80: 272-277.
- **Döffler W. 2013:** Prokoško Jezero: An environmental record from a subalpine lake in Boshia-Herzegovina. In: Müller J. U.a. (Hrsg.), Okolište 1 - Untersuchungen einer spätncolithischen Siedlungskammer in Zentralbosnien. Univforsch. Prähist. Arch., 228: 311-340.
- **Doyle J.J., Doyle J.L. 1987:** A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochemistry Bulletin, 19: 11-15.
- **Ducci F. 1991:** Morphological variation in silver fir (*Abies alba* Mill.) seedings from provenances in central and southern Italy. Annali del 'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, publ. 1994, 22: 53-73.
- **Dumolin-Lapegue S., Pemonge M.H., Petit R.J. 1998:** Association Between Chloroplast and Mitochondrial Lineages in Oaks; Molecular Biology and Evolution, 15(10): 1321-1331.
- **Dumortier B.C.J. 1827:** Florula belgica, opera majoris prodromus, auctore B.-C. Dumortier', Staminacea, Tornaci Nervicrum, str. 1-172.
- **Echt C.S., DeVerno L., Anzidei M., Vendramin G.G. 1998:** Chloroplast microsatellitea reveal population genetic diversity in red pine, (*Pinus resinosa* Ait.), Molecular Ecology, 7: 307-316.

- **Eichler A.W. 1878:** Blütendiagramme, Volume II, Leipzig, W. Engelmann, str. 1-347.
- **Eis S. 1970:** Reproduction and reproductive irregularities of *Abies lasiocarpa* and *A. grandis*. Canadian Journal of Botany 48: 141-143.
- **Elling W. 1993:** Immission im Ursachenkomplex von Tannenschäand Tannensterben. Allg. Forst-Zeitschrift, 48: 87-95.
- **Elling W., Bretschneider M., Schwarzfischer C. 1999.** Zuwachsdepression an Tanne durch Schwefel-Emissionen. Allg. Forst-Zeitschrift, 54: 896-898.
- **Eriksson G., Ekberg I. 2001:** An Introduction to Forest Genetics. SLU Repro, Uppsala, str. 1-166.
- **Eriksson G., Ekberg I., Clapham, D. 2006:** An Introduction to Forest Genetics. SLU Repro, Uppsala, str. 1-186.
- **Fady B., Conkle M.T. 1992:** Segregation and linkage of allozymes in seed tissues of the hybrid Greek fir *Abies borisii regis* Mattfeld, Silvae Genetica, 41: 273-278.
- **Fady-Welterlen B. 2005.** Is there really more biodiversity in Mediterranean forest ecosystems. Taxon 54 (4): 905-910.
- **Farjon A. 1990:** Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Regnum Vegetabile 121. Königstein, Germany: Koeltz Scientific Books. str. 1-300
- **Farjon A. 2010:** A Handbook of the World's Conifers. Leiden, Netherlands: Brill Academic Publishers, str. 1-1111.
- **Farjon A., Rushforth K.D. 1989.** A classification of *Abies* Miller (Pinaceae). Notes of the Royal Botanic Garden Edinburgh, 46(1): 59-79.
- **Filipiak M. 2005.** Changes of silver fir (*Abies alba* Mill.) crown state and stand quality class in Sudety Mountains. Dendrobiology 54: 11-17.
- **Filipiak M. 2006.** Life of *Abies alba* (Pinaceae) under the conditions of intense anthropopressure in the Sudety Mountains. Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica 13: 113-138.
- **Filipiak M., Napierała-Filipiak A. 2009:** Effect of canopy density on the defoliation of the European silver fir (*Abies alba* Mill.) due to heavy industrial pollution. Dendrobiology, 62: 17-22.
- **Finkeldey R. 1993:** Die Bedeutung allelischer Profile für die Konservierung genetischer Ressourcen bei Waldbäumen, Göttingen, Forstgenet. Ber., 14: str. 176.
- **Firbas F. 1949:** Spät - und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1. Auflage Verlag Gustav Fischer, Jena, str 1-480.
- **Flury Ph. 1933:** Über die Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes, Mitt. Der Schweiz. Centralanstalt f. D. Forstl. Versuchswesen, XVIII. Bd., 1 Heft. Zürich, str. 55-152.
- **Fowells H.A., Schubert G.H. 1956:** Seed crops of forest trees in the pine region of California. Tech. Bull. 1150. Washington, DC: USDA Forest Service, str. 1-48.

- **Franklin J.F. 1974:** *Abies* Mill., fir. In: Schopmeyer CS, tech. coord. Seeds of woody plants in the United States. Agric. Handbk. 450. Washington, DC: USDA Forest Service: 168-183.
- **Franklin J.F. 1979:** Vegetation of the Douglas-fir region. In: Heilman PE, Anderson HW, Baumgartner DM, eds. Forest soils of the Douglas-fir region. Pullman: Washington State University, Cooperative Extension Service: 93-112.
- **Franklin J.F. 1982:** Ecology of noble fir. In: Oliver CD, Kenady RM, eds. Proceedings, Symposium on Biology and Management of True Fir in the Pacific Northwest; 1981; Seattle/Tacoma, WA. Contrib. 45. Seattle: University of Washington, Institute of Natural Resources: 59-69.
- **Franklin J.F., Ritchie G.A. 1970:** Phenology of cone and shoot development of noble fir and some associated true firs. *Forest Science* 16: 356-364.
- **Franklin J.F., Dyrness C.T. 1973.** Natural vegetation of Oregon and Washington. Gen. Tech. Rep. PNW-8. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, str. 1-417
- **Fukarek P. 1959:** Jela. Šumarska enciklopedija, Tom I: 685-688.
- **Fukarek P. 1962:** Prašumski rezervat Perućica. *Narodni šumar*, Sarajevo, str. 10-12.
- **Fukarek P. 1964a:** Prašuma Perućica nekad i danas (I). *Narodni šumar*, Sarajevo, 9-10: 433-456.
- **Fukarek P. 1964b:** Prašuma Perućica nekad i danas (II). *Narodni šumar*, Sarajevo, 1-2: 29-50.
- **Fukarek P. 1964c:** Die Tannen und die Tannenwälder der Balkanhalbinsel, Schweiz. Zeitschr. Forstwes., 115 (9-10): 518-533.
- **Fukarek P. 1970:** Rasprostranjenje i raprostranjenosti bukve, jele i smreke na području Bosne i Hercegovine, Akad. nauka i umjetnosti BiH, radovi XXXIX, knjiga 11: 231-256.
- **Fukarek P. 1980:** Jela, Šumarska enciklopedija II, Zagreb, 1980, str. 188.
- **Gagov V. 1971:** Izmenčivost i selekcija pri obiknovenata jela (*Abies alba* Mill.), Gorsko Stopanstvo Sofija, 27(4): 21 - 27.
- **Gagov V. 1973:** Izmenčivost pri semenata ot obliknovenata jela ot različni populacii v NR Bulgarija. "Naučni trudovi na VLTI", Sofija, 19: 51-56.
- **Gagov V. 1973a.** Variation in the seeds of the silver fir *Abies alba* Mill. from different populations in Bulgaria. Nauchni Trudove, Vissh Lesotekhnicheski Institut, Sofia, Seriya Gorsko Stopanstvo 19: 57-60.
- **Gajdošová A., Vooková B., Kormuťák A., Libiaková G., Doležel J. 1995:** Induction, protein composition and DNA ploidy level of embryogenic calli of silver fir and hybrids, Prag, *Biologia Plantarum*, 37 (2): 169-176.
- **Gajić M. 1960:** O jednoj novoj formi jele (*A. alba* Mill.). Šumarstvo, Beograd, 11-12.
- **Gajić M. 1962:** Nove forme šišarica jele (*Abies alba* Mill.). Glasnik Šum. fak. Beograd, 26: 225-229.
- **Giami G. 1970:** The fall of seed and litter of silver fir and beech. *Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali* 19: 41-81.

- **Giannini R., Parducci L., Rossi P., Villani F. 1994:** Genetic structure and mating system of silver fir in the Campolino reserve (North Apennins, Italy), *Jur. Genet. & Breed.* 48: 335-338.
- **Gitzendanner, M. A., Soltis, P. S. 2000:** Patterns of genetic variation in rare and widespread plant congeners. *Amer. J. Bot.*, 87: 783-792.
- **Gömöry D., Longauer D., Liepelt S., Ballian D., Brus R., Kraigher H., Parpan V.I., Stupar P.I., Paule L., Ziegenhagen B. 2004:** Variation patterns of mitochondrial DNA of *Abies alba* Mill. in suture zones of postglacial migration in Europe. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 73(3): 203-206.
- **Gračan J., Krstinić A., Matić S., Rauš Đ., Seletković Z. 1999:** Šumski sjemenski rajoni (jedinice) u Hrvatskoj, *Rad. Šumar. inst. Jastrebarsko*, 34 (1): 55-93.
- **Gradečki-Poštenjak M. 2002:** Varijabilnost nekih svojstava češera i sjemena obične jele (*Abies alba* Mill.) u dijelu prirodnog rasprostranjenja u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Magistarski rad, Zagreb, str. 220.
- **Graham A. 1999:** The tertiary history of the northern temperate element in the northern Latin American biota. *American Journal of Botany*, 86: 32-38.
- **Gregorius H.R. 1980:** The probability of losing an allele when diploid genotypes are sampled, *Evolution Theory*, 6: 143-162.
- **Gregorius H.R. 1983:** Klonanzahl in Samenplantagen und genetische Vielfalt. Arbeitstagung Forum Genetik Wald Forstwirtschaft, Göttingen, str. 58-62.
- **Gregorius H.R. 1986:** The importance of genetic multiplicity for tolerance of atmospheric pollution. *Proc. 18th IUFRO World Congress*, Ljubljana, Div. 2 I: 295-305.
- **Gregorius H.R. 1987:** The relationship between the concept of genetic diversity and differentiation, *Theor. Appl. Genet.*, 74: 397-401.
- **Gregorius H.R. 1991:** Gene Conservation and the Preservation of Adaptability. In Seitz, A., Loeschke, V. (ed.): *Species Conservation: A Population-Biological*. Birkhäuser Verlag, Basel, str. 31-47.
- **Gregorius H.R., Roberds J.H. 1986:** Measurement of genetical differentiation among subpopulations, *Theor. Appl. Genet.*, 72: 826-834.
- **Gudeski A. 1965:** Morfologija na semeno i na šiškarkite na elata (*Abies alba* Mill.) od nacionalniot park "Risnjak". *Godišen Zbor.Zemlodol.-Šumr.Fakult. Skopje*.19: 187-215.
- **Gudeski A., 1967:** Tipovi na šiškarki kaj elata od neкои planini vo SR Makedonija. "Godišnik na zemjodelsko - šumarskiot fakultet, Skopje, 20: 89-102.
- **Gulisašvili V.Z. 1959:** Dendrologija Kavkaza - Divlje i hortikulturno drveće i grmlje. *Akademija nauka SSR Gruzije, Tbilisi*, str. 1- 407.
- **Gunia S., Simak M. 1967:** Die anwendung von H₂O₂ bei der keimzungsprüfung der samen von weisstanne (*Abies alba* Mill.). *Proceedings, International Scientific Conference*, Zvolen, Czechoslovakia, B-4: 27-36.
- **Gunia S., Simak M. 1970:** Effect of damaging resin vesicles in the seed coat on the germination of silver fir (*Abies alba* Mill.) seeds. In: Bialokok S, Suszka B, eds. *Proceedings, International Symposium on Seed Physiology of Woody Plants*; 1968; Kornik, Poland: 79-83.

- **Gürth P. 1988:** Die Herkunftsfrage bei der Weißtanne und ihre waldbauliche Bedeutung, Holz Zentralblatt, Stuttgart, 86: 141-143.
- **Hadžiselimović R. 2005:** Bioantropologija - Biodiverzitet recentnog čovjeka. INGEB - Sarajevo, str. 1-201.
- **Halilović V. 2008:** Varijabilnost morfoloških svojstava obične jele (*Abies alba* Mill.) u pokusu provenijencija "Delimusa" na području Olova. Magistarski rad, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, str. 90.
- **Halilović V., Mekić F., Višnjjić Č., Ballian D. 2009a:** Varijabilnost visinskog prirasta devet provenijencija obične jele (*Abies alba* Mill.) u BiH u pokusu "Delimusa" kod Olova. Naše šume 14/15: 11-18.
- **Halilović V., Ballian D., Mekić F., Višnjjić Č. 2009b:** Analiza nekih morfoloških svojstava asimilacionog aparata jele (*Abies alba* Mill.) u eksperimentu "Delimusa". Radovi Šumarskog Fakulteta. 2(40): 15-25.
- **Halilović V., Mekić F., Višnjjić Č., Ballian D. 2013:** Variability of some morphological features of silver fir (*Abies alba* Mill.) in national test of provenances. Radovi šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu. 12/2013; 43(1): 55-65.
- **Hamrick J.L. 1989:** Isozymes and the Analysis of Genetic Structure in Plant Population. In: Soltis, D.E., Soltis, P.S. (ed.): Isozymes in Plant Biology, London, str. 87-105.
- **Hamrick J.L., Godt M.J. 1990:** Allozyme diversity in plant species. In: Brown A.D.D., Clegg M.T., Kahler A.L., Weir B.S. (ed.): Plant Population Genetics. Breeding, and Genetic Resources, Sinauer, str. 43-63.
- **Hattermer H.H., Gregorius H.R., Ziehe M., Müller-Starck G. 1982:** Klonanzahl forstlicher Samenplantagen und genetische Vielfalt, Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 153: 183-191.
- **Henkel W., Konnerth M., Hosius B. 1997:** Genetische Untersuchungen an der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Thüringen mit waldbaulichen Konsequenzen. 8 IUFRO Tannensymposium, Sofia, str. 37-52.
- **Herman J. 1971:** Šumarska dendrologija. Stanbiro. Zagreb, str. 1-470.
- **Hetherington J.C. 1965:** The dissemination, germination, and survival of seed on the west coast of Vancouver Island from western hemlock and associated species. Res. Note 39. Victoria: British Columbia Forest Service, str. 1-22.
- **Hewitt, G.M. 1999:** Post-glacial re-colonization of European biota. Biol. J. Linn. Soc. 68: 87-112.
- **Hewitt G.M., Racey P.A., Bacon P.J., Dallas J.F. 1999:** Post-glacial re-colonization of European biota. Proceedings, Biol. Jour. of the Linnean Soc, 68 (1-2): 87-112.
- **Hofmann J.V. 1911:** Natural reproduction from seed stored in the forest floor. Journal of Agricultural Research 11: 1-26.
- **Holzer K. 1978:** Die Kulturkammertestung zur Erkennung des Erbwertes bei der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). 2. Merkmale des Vegetationsablaufes. Cent. bl. gesamte Forstwes, 93: 217-236.
- **Horvat-Marolt S., Kramer W. 1982:** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Jugoslawien. Forstarchiv, 53: 172-180.

- **Hosius B., Bergmann F. 1993:** Adaptation of Norway spruce to heavy metal contaminated soil. In: Rone V. (ed.): Norway spruce Provenances and Breeding. Latvian Forest Research Institute "Silva", Riga, str. 200-207.
- **Hosius B., Bergmann F., Konnert M., Henkel W. 2000:** A concept for seed orchards based on isoenzyme gene markers, *Forest Ecology and Management*, 131: 143-152.
- **Houle G. 1992:** The reproductive ecology of *Abies balsamea*, *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* in the Tantara Ecological Reserve, Quebec. *Journal of Ecology* 80: 611-623.
- **Houle G. 1995:** Seed dispersal and seedling recruitment: the missing link(s). *Ecoscience* 2: 238-244.
- **Houle G., Payette S. 1991:** Seed dynamics of *Abies balsamea* and *Acer saccharum* in a deciduous forest of northeastern North America. *American Journal of Botany* 78: 895-905.
- **Huntley B., Birks H.J.B. 1983:** An atlas of past and present pollen maps for Europe 0-13000 years ago. Cambridge University Press, Cambridge, str. 73-90.
- **Hussendörfer E., Konnert M., Bergmann F. 1995:** Inheritance and linkage of isozyme variants of silver fir (*Abies alba* Mill.), *Forest Genetics*, 2(1): 29-40.
- **Hussendörfer E. 1996:** Untersuchungen über die genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) unter dem Aspekt der in situ Erhaltung genetischer Ressourcen in der Schweiz, disertacija, Zurich, ETH, str. 132.
- **Hussendörfer E., Konnert M. 1997:** Untersuchungen zur genetischen Repräsentativität von Prüfgliedern in Provenienzversuchen am Beispiel der Weißtanne, *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 169(4): 61-70.
- **Hütte P. 1986:** Die forstlichen Verhältnisse Polens heute, *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 41(33): 815-818.
- **Isaac L.A. 1930:** Seed flight in the Douglas-fir. *Journal of Forestry* 28: 492-499.
- **Ivanković M. 2003:** Varijabilnost nekih svojstava obične jele (*Abies alba* Mill.) u pokusu provenijencija Brloško. Magistarski rad, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, str. 1-80.
- **Ivanković M. 2005:** Genetska i fenotipska varijabilnost hrvatskih i slovenskih provenijencija obične jele (*Abies alba* Mill.). Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, str.1-128.
- **Jacobs B.F., Werth C.R., Guttman S.I. 1984:** Genetic relationships in *Abies* (fir) of eastern United States: an electrophoretic study. *Canadian Journal of Botany*, 62: 609-616.
- **Janjić N. 1998:** Nove mutagene forme jele (*Abies alba* Mill.) i bukve (*Fagus sylvatica* L.) iz centralne Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu, 28 (1): 37-40.
- **Jovanović B. 1956:** Dendrologija sa osnovama fitocenologije, Skripta, Beograd, str. 1-495.
- **Jovanović, B. 1971:** Dendrologija sa osnovama fitocenologije, Beograd. str. 1-579.

- **Jovanović B. 2000:** Dendrologija, Univerzitetska štampa, Beograd, str.1-536.
- **Kaprińska B., Kapriński S., Hällgren J.E. 1997:** The *chlB* gene encoding a subunit of light independent protochlorophyllide reductase is edited in chloroplasts of conifers. *Current Genetics*, 31(4): 343-347.
- **Kajba D. 1996:** Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obična breze (*Betula pendula* Roth.) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj, *Glasnik za šumske pokuse*, Zagreb, 33: 53-108.
- **Kajba D. 2001:** Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost obične jele. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 322-345.
- **Kantor J. 1967:** Pispevěk ke studiu některých dědčných vlastností jedle bílé (*Abies alba* Mill.). *Lesn. Čas.* 13 (4): 309 - 318.
- **Kitzmilller J.M., Battigin J.M., Helms J.A. 1973:** Effect of resin vesicle damage on germination of stored *Abies concolor* seed. Internal Rep. 1. Berkeley: University of California, School of Forestry and Conservation, True Fir Management Cooperative, str. 1-16.
- **Klepac D. 2001:** Rast i prirast obične jele. ed. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 503-521.
- **Klug W.S., Cummings M.R. 2000:** Concept of Genetics, Pretince Hall, New Jersey, str. 1-537.
- **Kobliha J., Škorpík P., Stejskal J. Češka, P. 2014:** hybridization results using the hybrid *Abies cilicica* × *Abies cephalonica*. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 13 (4): 23-31.
- **Kobliha J., Stejskal J., Škorpík P., Frampton J. 2013a:** Recent results of Czech-American fir hybridization research. *Journal of Forest Science*, 59 (2): 64-71.
- **Kobliha J., Stejskal J., Lstibůrek M., Typta J., Tomášková I., Jakubův P. 2013b:** testing of hybrid progenies and various species of genus *abies* for forestry, decorating horticulture and christmas tree production. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 12 (4): 85-94.
- **Kočiová M. 1974:** Dedivost' plodov jedle bielej (*Abies alba* Mill.) na Slovensku. *Acta Musei Silesiae, Seria C - Dendrologia* 23(2): 171 - 179.
- **Kočiová M. 1976:** Prvé poznatky z premenlivosti rastu potomstiev populácií jedle bielej (*Abies alba* Mill.), *Lesn. Čas. Bratislava*, 22(4): 345-360.
- **Kojić M. 1988:** Botanika, treće dopunjeno izdanje, Naučna knjiga, Beograd, str. 1-523.
- **Konnert M. 1992:** Genetic studies in damaged silver fir (*Abies alba*) stands in southwest Germany. Freiburg, Germany *Mitteilungen der forstlichen Versuch und forschungsanstalt Baden Wurttemberg*, 167: 119.
- **Konnert M. 1993:** Genetic variation of silver fir in Bavaria, *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 164(9-10): 162-169.
- **Konnert M. 1993a:** Die genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Baden - Württemberg. In Wolf, H. (ed): *Weißtannenherkünfte*. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg am Lech, S., str. 79-95.
- **Konnert M. 1993b:** Untersuchungen zum Einfluß genetischer Faktoren auf die Schädigung der Weißtanne, *Forstw. Cbl.*, 112: 20-26.

- **Konnert M. 1995:** Isoenzymuntersuchungen bei Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) und Weißtanne (*Abies alba* Mill.) - Anleitung zur Trennmethode und Auswertung der Zymogramme, Teisendorf, str. 1-74.
- **Konnert M. 1995a:** Genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Bayern und Baden - Württemberg. Genetik und Waldbau der Weißtanne, Kolloquium, Freistaat Sachsen, str. 36-45.
- **Konnert M. 1995b:** Ergebnisse isoenzymatischer Untersuchungen bei der Weißtanne als Entscheidungshilfen für forstliche Maßnahmen. 7 IUFRO Tannensymposium, "Ökologie und Waldbau der Weißtanne", Altensteig, str. 30-43.
- **Konnert M. 1996:** Beeinflussen Nutzungen einzelner Bäume die genetische Struktur von Beständen? Die Wald, 23: 1284-1291.
- **Konnert M. 1996b:** Genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Bayern. Mittlungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Gotha, 11: 71-81.
- **Konnert M., 1998:** Genetische Vielfalt im Wald-Wie erkennen? wie erhalten? Laufener Seminarbeiträge, str. 53-60.
- **Konnert M. 1999:** Herkunftsüberprüfung mit biochemisch-genetischen Methoden. Der Weihnachtsbaum, 5: 4-9.
- **Konnert M., Franke A., Şimşek Y. 1992:** Genetische Untersuchungen an Tannenpopulationen aus der Türkei. Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung 36: 9-15.
- **Konnert M., Bergmann F. 1995:** The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, *Pinaceae*) in relation to a migration history. Plant systematics and Evolution, 196 (1-2): 19-30.
- **Konnert M., Schmidt S. 1996:** Genetische Konsequenzen der Grössensortierung in der Baumschule: Erste Ergebnisse. In: Müller-Starck (ed): Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft, str. 222-238.
- **Konnert M., Ruetz W.F. 1997:** Genetic variation among provenances of *Abies grandis* from the Pacific northwest. Forest Genetics, 4 (2): 77-84.
- **Kolpikov M.V. 1954:** Lesovodstvo s dendrologiej. Goslesbumizdat Moskva, str. 1- 495.
- **Kormut'ák A., Benčat F., Rudin D., Seyedyazdani R. 1982:** Isoenzyme variation in the four Slovakian populations of *Abies alba* Mill., Biologia, str. 1-37.
- **Kormut'ák A., Yang J.C. 1998:** The genetics and embryology of Taiwan fir (*Abies kawakamii* (Hayata) Ito.), Taiwan Journal of Forest Science, 13 I-III: 1-78.
- **Kormut'ák A., Ziegenhagen B., Scholz F., Yang J.C. 1999:** PCR/RFLP of cp DNAs in some *Abies* species. Biologia, Bratislava, 54: 37-38.
- **Kormut'ák A., Vooková B., Čamek V., Salaj T., Galgóci M., Maňka P., Boleček P., Kuna R., Koblíha J., Lukáčik I., Gömöry D. 2013:** Artificial hybridization of some *Abies* species. Plant Systematics and Evolution, 299 (6): 1175-1184.
- **Korpel' Š., 1996:** Razvoj i struktura bukovo - jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom. Šumarski list, (3-4): 203-209.
- **Korpel' Š., Vinš B. 1965:** Pestovanie jedle. SVPL, Bratislava, str. 1-340.

- **Korpeľ Š., Paule L. 1981:** Provenienčné vyskumé plochy lesných drevín, etapa: jedlá biela. VŠLD Zvolen, str. 1-60.
- **Korpeľ Š., Paule L., Laffers A. 1982:** Genetika i oplemenjivanje obične jele (*Abies alba* Mill.), Ann.Forest, 9/5: 151-184.
- **Krajmerová D., Paulea L., Zhelev P., Voleková M., Evtimov I., Gagov V., Gömöry D. 2015:** Natural hybridization in eastern-Mediterranean firs: The case of *Abies borisii-regis*. Plant Biosystems, <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2015.1011723>
- **Kral F. 1980a:** Untersuchungen zur physiologischen Charakterisierung von Tanneprovenienzen. In: Mayer, H. (ed.): 3 Tannensymposium, Wien, 1980, Österreichischer Agrarverlag, str. 139-157.
- **Kral F. 1980b:** Walgeschichtliche Grundlagen für die Ausscheidung von Ökotypen bei *Abies alba*. In: Mayer, H. (ed.): 3 Tannensymposium, Wien, 1980 Österreichischer Agrarverlag, str. 158-168.
- **Kramer W. 1979:** Zur Herkunftsfrage der Weißtanne (*Abies alba* Mill.), Forstarchiv, 50 (7-8): 153 - 160.
- **Kramer W. 1980:** Osteuropäische Herkünfte von Weißtanne (*Abies alba* Mill.), Forstarchiv, 51 (9): 165 - 169.
- **Kramer W. 1984a:** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Kalabrien Beobachtungen und Eindrücke, Forstarchiv, 55(3): 96-99.
- **Kramer W. 1984b:** Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Kalabrien Beobachtungen und Eindrücke, Forstarchiv, 55(4): 150-155.
- **Kramer W. 1992:** Die Weißtanne in Ost und Südeuropa, 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 101-108.
- **Kramer W., Stephan B.R. 1992:** Zur Entwicklung von Herkünften der Weißtanne (*Abies alba* Miller) in Nordwestdeutschland, 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 15-23.
- **Kreike J. 1990:** Genetic analysis of forest tree populations: isolation of DNA from spruce and fir apices, Plant Molecular Biology, 14: 877-879.
- **Kreike J., Burg K., Zechmeister M., Haider T., Glössl J. 1991:** DNA - Fingerprint and RFLP Analysis as Tool to Study Genetic Diversity in Populations of Fir, Spruce and Oak. In Müller-Starck G. and Ziehe M. (ed.): Genetic Variation in European Population of Forest Trees, Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, str. 95-107.
- **Lang K.J. 1992:** Unterscheidungsmöglichkeiten von Tannenpopulationen an Hand von Monoterpenen, 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 35-43.
- **Lang K.J. 1994:** *Abies alba* Mill: differentiation of provenances and provenance groups by the monoterpene patterns in cortex resin of twigs, Biochemical Systematics and Ecology, 2 (1): 53-63.
- **Laffers A. 1978:** Hodnotenie výškového rastu slovenských proveniencií jedle v 10. roku na provenienčných plochách a v archíve proveniencií, Folia dendrological, 4: 109-147
- **Laffers A. 1979:** Zhodnotenie hmotnosti semien našich a cudzích proveniencií jedle v závislosti na modifikovanej zemepisnej šírke a zemepisnej dĺžke a na jednotlivých pohoriach Európy, Lesn. Čas, 25 (2): 111-125.

- **Larsen J.B. 1980:** *Abies alba*- Provenienzen in Dänemark. In: 3. Tannensymposium, Wien, str.78-91.
- **Larsen J.B. 1986a:** Geography variation in silver fir (*Abies alba*) growth rate and frost resistance. Fortwissenschafliches Centralblatt, Gottingen, 105 (5): 396-406.
- **Larsen J.B. 1986b:** Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weißtanne (*Abies alba* Mill.), Fortwissenschafliches Centralblatt, Gottingen, 105 (5): 381-396.
- **Larsen J.B., Fridrich J. 1988:** Growth reactions of different provenances of silver fir (*Abies alba*) after SO₂ fumigation during the winter, European Journal of Forest Patology, 18(3-4): 190-199.
- **Larsen J.B., Mekić F. 1991:** The geographic variation in European silver fir (*Abies alba*) gas exchange and needle cast in relation to needle age, growth rate dry matter partitioning and wood density by 15 different-provenances at age 6, Silvae Genetica, 40(5-6): 118-198.
- **Ledig F.T. 1986:** Heterozygosity, heterosis, and Fitness in Outbreeding Plants. In Soulé M.E. (ed.): Conservation Biology, Sinauer Associates, Sunderland, str. 77-104.
- **Lefort F., Echt C., Streiff R., Vendramin G.G. 1999:** Microsatellite sequences: a new generation of molecular markers for forest genetics, Forest Genetics, 6 (1): 15-20.
- **Leibundgut H. 1945:** Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitt. d. Schw. Anstalt f. d. Forstl. Versuchsw., H.1, S. 220-296.
- **Leibundgut H. 1982:** Europäische Urwälder der Bergstufe. Bern-Stuttgart, Haupt, str. 1-308.
- **Leibenguth F., Shohgi F. 1998:** Analysis of random amplified polymorphic DNA markers in tree conifer species, Silvae Genetica, 47 (2-3): 120-126.
- **Leibundgut H. 1978:** Zur Rassenfrage und Provenienzfrage bei der Weißtanne. Schweiz, Ztschr. Forstwes, 177 (8): 687 - 690.
- **Lewin B. 2000:** Genes, Oxford University Press, New York, str. 1-990.
- **LFI 1988:** Schweizerisches Landesforstinventar. Eidg. Anst. Forstl. Versadisw., Bernn, str. 305-375.
- **Liepelt S., Kuhlenkamp V., Anzidei M., Vendramin G.G., Ziegenhagen B. 2001:** Pitfalls in determining size homoplasy of microsatellite loci. Technical note, Molecular Ecology Notes, 1: 332-335
- **Liepelt S., Bialozyt, R., Ziegenhagen, B., 2002:** Wind-dispersed pollen mediates postglacial gene flow among refugia. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99 (22): 14590-14594.
- **Liepelt S., Cheddadi R., de Beaulieu JL., Fady B., Gömöry D. Hussendörfer E., Konnerth M., Litt T. Longauer R., Terhürne-Berson R., Ziegenhagen Z. 2009:** Postglacial range expansion and its genetic imprints in *Abies alba* (Mill.) - A synthesis from palaeobotanic and genetic data. Review of Palaeobotany and Palynology. 153(1-2): 139-149
- **Linnaeus C.1753:** Species Plantarum, Exhibentes plantas rite cognitatas ad genera relatas. Tomus II, Laurentius Salvius, Stockholm, str. 561-1231.

- **Lines R. 1960:** Common Silver Fir in Britain, *Scott. For.*, 14: 20-30.
- **Lines R. 1979:** Natural variation within and between Silver Firs, *Scottish Forestry*, 33 (2): 89-101.
- **Liu Tang-Shui. 1971.** A Monograph of the Genus *Abies*. Taipei: National Taiwan University, str. 1-608.
- **Löffler J. 1988:** Do air pollutants threaten the regeneration potential of West German forests? *Allgemeine Forstzeitschrift* 33: 916-918.
- **Løfting E.C.L. 1954:** Danmarks Aedelgranproblem. 1. Proveniensenvalg. *Forst. Forsogsvaes. Danmarks* 21: 337 - 381.
- **Løfting E.C.L. 1955:** Aedelsgranens proveniens problemen i Danmark, *Dansk Skogsfor. Tidskr.*, 40: 107-114.
- **Løfting E.C.L. 1959:** Danmarks Aedelgranproblemen 2. del. *Forst. Forsogsvaes, Danmarks*, 1: 202- 249.
- **Longauer R. 1994:** Genetic differentiation and diversity of European silver fir in Eastern part of its natural range. Published 7-IUFRO Tannensymposiums, Baden - Württemberg. Longauer R. 2001: Genetic variation of European silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Western Carpathians, *J. FOR. SCI.*, 47(10): 429-438.
- **Longauer R., Gömöry D., Paule L., Karnosky D.F., Maňkóvá B., Müller-Starck G., Percy K., Szaro R. 2001:** Selection effects of air pollution on gene pools of Norway spruce, European silver fir and European beech, *Environmental Pollution*, 115: 405-411.
- **Lovrić A.Ž. 1995:** Taksonomske i biocenološke osobitosti olujnih obala i primorskih vrhova duž Taurodinarskog velekrasa. Doktorska disertacija. http://www.mzt.hr/projektig095/1/08/004/rad_h.htm#rad7
- **Lovrić A.Ž., Rac M., 1992:** Suhe jelove šume na primorskim vjetrometinama (*Abieti-Quercion* i *Calamagrostio-Abietion*), 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 143-150.
- **Lynch M. 1994:** Evolutionary Genetics of *Daphnia*. In: Real, A.L. (ed.): Ecological Genetics. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, str.107-128.
- **Machaniček J. 1967:** Stanoveni životnosti jedlovich semen. "Prace VULHM", Zbraslav - Strnady, 34: 41-62.
- **Mägdefrau K., Ehrendorfer F. 1997:** Botanika, sustavatika, evolucija i geobotanika. Školska knjiga, Zagreb, str. 1-443.
- **Magini E. 1953:** Influence of age of mother tree on seed quality in *Abies alba*. *Italia Forestale e Montana* 8: 287-292.
- **Magini E., Giannini R. 1972:** Indagini su semenzali di due anni di abete bianco di provenienze diversa, *Italia Forest e Mont*, 27 (5): 173 - 177.
- **Maksić S., Galeva M. 1957:** Kvalitetnitate svojstva na šumarskite seminja soproveniencii od teritorijata na NR Makedonija. "Godišen zbornik na šumarskiot institute", knjiga II Skopje, str. 87-120.
- **Maly K. 1935:** Mitteilung über die Flora von Bosnien-Hercegovina. *Glas Zem. Muz, BiH*, 47: 101-108.
- **Martinez M. 1948:** Los *Abies* mexicanos. *Anales del Instituto de Biología de México*, 19: 11-104.

- **Mataruga M., Isajev V., Lazarev V., Balotić P., Daničić, V. 2005:** Registar šumskih sjemenskih objekata RS - osnova unapređenja sjemenske proizvodnje, Šumarski fakultet, Univerziteta u Banjoj Luci, str. 1-222.
- **Matić S. 1983:** Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru. Glasnik za šumske pokuse, 21: 223-400.
- **Matić S., Anić I., Oršanić M. 2001:** Uzgojni postupci u prebornim šumama. ed. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 407-443.
- **Matić V. 1980:** Prirast i prinos šuma. Šumarski fakultet u Sarajevu, 1-345.
- **Matić V., Drinić P., Stefanović V., Ćirić M., Beus V., Bozalo G., Golić S., Hamzić U., Marković Lj., Petrović M., Subotić M., Talović N., Travar J. 1971:** Stanje šuma u SR Bosni i Hercegovini, prema inventuri na velikim površinama u 1964-1968 godini. Šum. fak. i inst. za šum. posebna izdanja br. 7, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, str. 1-639.
- **Maunaga Z., Govedar Z., Burlica Č., Stanivuković Z., Brulić J., Lazarev V., Mataruga M. 2001:** Plan gazdovanja za šume sa posebnom namjenom u strogim rezervatima prirode Janj i Lom. Studija šumarskog fakulteta u Banja Luci, str. 1-143.
- **Mayer M., Reimoser E., Kral F. 1980:** Results of the international fir provenance trial, Wien, 1967/78, Growth and morphology of the provenances, Centralblatt für das gesamte Fortswesen, 99 (3): 169-191.
- **McDonald P.M. 1980:** Seed dissemination in small clearcuttings in north-central California. Res. Pap. PSW-150. Berkeley, CA: USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, str. 1-7.
- **Mejnartowicz L. 1981:** Polymorphism at the LAP and GOT Loci in *Abies alba* Mill. populations, Bull. De l Acad. Pol. des Sciences Series des Sci.Biol., 27 (12): 1063-1070.
- **Mejnartowicz L. 1996:** Cisowka-the relic population of *Abies alba* and its relationship to man-made silver fir stand in Białowieża primeval forest, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 65 (3/4): 319-328.
- **Mekić F. 1988:** Gaswechselfysiologische und morfologische Untersuchungen an 5 - 6 jaehrigen Weisstannen-Provenienze (*Abies alba* Mill.). Dissertation, Institut für Waldbau der Univerzität Göttingen, str. 1-144.
- **Mekić F. 1991:** Morfološke karakteristike petogodišnjih sadnica jele (*Abies alba* Mill.) sa devet lokaliteta u BiH. Univerzitet u Beogradu, Glasnik Šumarskog fakulteta, Beograd, 73: 141-152.
- **Mešković D. 2007:** Analiza strukture prirodnog pomlatka u prašumskom rezervatu "Mačen do" (Bosna i Hercegovina). Radovi - Šumar. Ins. Jastrebarsko, Vol. 42 (2): 85-94.
- **Mikić T. 1991:** Poglavlje - Primjena metoda oplemenjivanja u podizanju intezivnih kultura šumskog drveća u cilju povećanja proizvodnje drvne mase sa kratkim produkcionim periodom. Izvještaj za period 1989-1990 u okviru D.C.VII. Sarajevo str. 1-35.

- **Milanović S., Međedović S., Koprivica M. 1980:** Uticaj načina sadnje i mineralne ishrane ne neke morfofiziološke osobine jele (*Abies alba* Mill.), duglazije (*Pseudotsuga taxifolia* var. *viridis.*) i bijelog bora (*Pinus silvestris* L.) u kulturi "Vis" kod Tarčina. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za Šumarstvo u Sarajevu, 1-60.
- **Millar C.I., Lybby W.J. 1991:** Strategies for conserving clinal, ecotypic and disjunct population diversity in widespread species. In: Falk D.A., Holsinger K.E. (ed.): Genetics Conservation of Rare Plants, Oxford University Press, New York, str. 149-170.
- **Miller P. 1754:** The Gardeners Dictionary, And Sold by John and James Rivington, at the Bible and Crown, in St. Paul's Church-Yard, str. 1-700.
- **Miller J.T., Knowles F.B. 1989:** Introduced forest trees in New Zealand: recognition, role, and seed source: 7.The silver firs: *Abies* spp. New Zealand Forestry Research Institute Bulletin 124 (7): 1-20.
- **Mitruchi I. 1955:** Druet e Shunet e Schqiperise. Tirane.
- **Möller K. 1986:** Genetische Untersuchungen bei der Tanne mit Hilfe von Enzyme Genmarkern. Allgemeine forstzeitung, 97 (3): 60-61.
- **Morgante M., Felice N., Vendramin G.G. 1997:** Analysis of hypervariable chloroplast microsatellites in *Pinus halepensis* reveals a dramatic genetic bottleneck. In: Karp A., Issac P.G., Ingram D.S. (ed.): Molecular Tools for Screening Biodiversity-Plants and Animals Chapman & Hall, London: 407-412.
- **Morgenstern E.K. 1996:** Geographic Variation in Forest Trees, University of British Columbia, str. 1-209.
- **Müller B. 1999:** Variation und Hybridisierung von *Quercus pubescens*, disertacija, ETH Zürich, str. 1-182.
- **Muller S.D., Nakagawa T., de Beaulieu J.L., Court-Picon M., Carcaillet C., Miramont C., Roiron P., Boutterin C., Ali A.A., Bruneton H. 2007:** Post-glacial migration of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the south-western Alps. Journal of Biogeography 34: 876-899
- **Müller-Starck G. 1991:** Genetic processes in seed orchards. In: Giertych M., Mátyás C. (ed.): Genetics of Scots Pine. Elsevier, Amsterdam, str.147-162.
- **Müller-Starck G., Baradat P.H., Bergmann F. 1992:** Genetic variation within European tree species. In: Adams W.T., Strauss S.H., Copes D.L. (ed.): Population Genetics of Forest Trees, Kluwer Academic Publishers, str. 23-47.
- **Muona O., Harju A., Kärkkäinen K. 1988:** Genetic comparison of natural and nursery grown seedlings of *Pinus sylvestris* using allozymes, Scand. J. of Forest. Res., 3: 37-46.
- **Nanu N. 1977:** Contributii la biometria conurilor de brad (*Abies alba* Mill.). Rev. Padur. Buchuresti. 92 (3): 140-147.
- **Neale D.B., Adams W.T. 1981:** Inheritance of isozyme variants in seed tissues of balsam fir (*Abies balsamea*), Can. Jor. Bot., 59: 1285-1291.
- **Negulescu E., Săvulescu A., 1957:** Dendrologie. Editura agro-silvică de stat, Bucurest, str. 1-457.

- **Nekrasova P. 1974:** Losses of cone and seed crops in coniferous species. *Lesovedenie* 4: 3-8.
- **Nolte C. 1992:** Untersuchungen zur Quantifizierung der modifikatorischen Anpassungsfähigkeit von Weißtanne (*Abies alba* Mill.) verschiedener Herkunftsgebiete. 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 91-99.
- **Owens J.N., Molder M. 1974:** Bud development in western hemlock: 2. Initiation and early development of pollen cones and seed cones. *Canadian Journal of Botany* 52: 283-294.
- **Owens J.N., Molder M. 1977:** Vegetative bud development and cone differentiation in *Abies amabilis*. *Canadian Journal of Botany* 55: 992-1008.
- **Owens J.N., Morris S.J. 1998:** Factors affecting seed production in amabilis fir (*Abies amabilis* (L.) Mill.). *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1146-1163.
- **Pacalaj M., Longauer R., Krajmerová D., Gömöry D. 2002:** Effect of site altitude on growth and survival of Norway spruce (*Picea abies* L.) provenances on the Slovak plots of IUFRO experiment 1972, *J. FOR. SCI.*, 48(1): 16-26.
- **Panov A. 1949.** Načelna razmatranja o fruktifikaciji šumskog drveća. *Šumarski List* 10-11: 334-345.
- **Panov A. 1951:** Prethodni rezultat ispitivanja sjemena jele sa područja NR BiH. *Godišnj. Inst. Nauč. Šumar. Istraž. Sarajevo*, 1: 188-199.
- **Parducci L., Szmidt A.E. 1999:** PCR - RFLP analysis of cp DNAs in the genus *Abies*. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, 98 (5): 802-808.
- **Pascual L., Garcia F.J., Perfectti F. 1993:** Inheritance of isozyme variants in seed tissues of *Abies pinsapo* Boiss, *Silvae Genetica*, 42: 285-376.
- **Pavari A. 1951:** Esperienze e indagini su le provenienze e razze dellabete bianco. (*Abies alba* Mill.), Firenze, Publ. Staz. Sper. Selv., 8:1-96.
- **Pavlović B., Čokeša V. 1997:** Frekvencija broja kotiledona u poniku jele na Ogorjvcu i na Goliji. I Simpozijum populacione i evolucione genetike, Tara 1997. Zbornik radova, str. 23.
- **Pavlović B., Stojičić D., Grbović B., Nikolić B., Kukobat D., Pižurica R. 1997:** Broj kotiledona i nadživljavanje sijanaca jele u rasadniku Sremčica. I Simpozijum populacione i evolucione genetike, Tara 3-7.06.1997. Zbornik radova, str. 33.
- **Paule L. 1990:** Isozymes in forest trees (1968-1990). Swedish University of Agricultural Sciences (ed.), Report 9, Umeå, str. 1-82.
- **Paule L., Gömöry D., Longauer R., Krajmerová D. 2002:** Patterns of genetic diversity distribution in three main Central European montane tree species: *Picea abies* Karst., *Abies alba* Mill. and *Fagus sylvatica* L.. *J. FOR. SCI.*, article in press.
- **Penka M., Čermák J., Tesarik K. 1977:** Chromatographic determination of monoterpene hydrocarbons and alcohols contained in the resin from *Abies alba* Mill. seeds. *Acta Universitatis Agriculturae, Brno, Ser. C (Facultas Silviculturae)* 46: 147-169.

- **Petit R.J., Csaikl U.M., Bordács S., Burg K., Coart E., Cottrell J., van Dam B., Deans J.D., Dumolin-Lapegue S., Fineschi S., Finkeldey R., Gillies A., Glaz I., Goicoechea P.G., Jensen J.S., König A.O., Lowe A.J., Madsen S.F., Matyas G., Munro R.C., Olalde M., Pomonge M.H., Popescu F., Slade D., Tabbener H., Turchini D., de Vries S.G.M., Ziegenhagen B., Kremer A. 2002 a:** Chloroplast DNA variation in European white oaks. Phylogeography and patterns of diversity based on data from over 2600 populations. For. Ecol. Manage.156: 5-26.
- **Petit R.J., Brewer S., Bordacs S., Burg K., Cheddadi R., Coart E., Cottrell J., Csaikl U.M., van Dam B.C., Deans J.D., Fineschi S., Finkeldey R., Glaz I., Goicoechea P.G., Jensen J.S., König A.O., Lowe A.J., Madsen S.F., Mátyás G., Munro R.C., Popescu F., Slade D., Tabbener H., de Vries S.M.G., Ziegenhagen B., de Beaulieu J.L., Kremer A., 2002b.** Identification of refugia and postglacial colonization routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. For. Ecol. Manage. 156: 49-74.
- **Pintarić K. 1978:** Urwald Perućica als natürliches Forschungslaboratorium. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 33 (24): 702-707.
- **Pintarić K. 1991:** Uzgajanje šuma. II dio, Tehnika obnove i njege sastojina. Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-246.
- **Pintarić K. 1997:** Forestry and forest reserves in Bosnia and Herzegovina. COST Action E4 Forest reserves research network, Ljubljana, pp. 1-15. Pintarić K. 1999: Analiza strukture prirodnog koljika crnog bora. Šumarski list. 11-12: 533-541.
- **Pintarić K. 2000:** Analiza strukture i kvalitete prirodnog pomlatka nekih bukavih šuma u Bosni i Hercegovini. Šumarski list. 11-12: 627-635.
- **Pintarić K. 2002:** Šumsko-uzgojna svojstva i život važnijih vrsta šumskog drveća, UŠIT-Sarajevo. str. 1-221.
- **Popnikola N. 1967:** Varijabilnost i oplemenjivanje jele u SR Makedoniji, Narodni šumar, Sarajevo, 1-3: 39-46.
- **Popnikola N. 1969:** Vlijanje na nadmorskata visočina vrz goleminata na elovite šiškarki, semeto i razvitokot na potomstvoto, "Šumarski pregled", Skopje, 3-4: 16-27.
- **Popnikola N. 1974:** Proučavanje morfološko-fizioloških karakteristika polena jele (*Abies alba* Mill.) u vezi sa njenom hibridizacijom. Šumarski list, 95 (9-10): 291-308.
- **Popnikola N. 1974a:** Varijabilnost četina jele (*Abies alba* Mill.) u prirodnim populacijama SR Makedonije. Šumarstvo 5-6: 3-14.
- **Popnikola N. 1979:** Morfološke karakteristike i varijabilnost sjemena jele (*Abies alba* Mill.) u prirodnim populacijama SR Makedonije. Šumarstvo, Beograd, 2-3: 39-55.
- **Powell G.R. 1973:** The spruce budworm and megasporangiate strobili of balsam fir. Canadian Journal of Forest Research 3: 424-429.
- **Provan J., Soranzo N., Wilson N.J. 1998:** Gene-pool variation in Caledonian and European Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) revealed by chloroplast simple-sequence repeats, Proceedings of the Royal Society of London B, 265: 1-9.

- **Prpić B., Seletković Z. 2001:** Ekološka konstitucija obične jele. ed, Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 255-269.
- **Prpić B., Seletković Z., Jurjević P. 2001:** Sušenje jele i promjene "Kemijske klime". ed, Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 299-308.
- **Rac M., Lovrić A.Ž. 1992:** Taksonomski varijacijski prikazi vrsta jele na zapadnom Balkanu i nova prirodna staništa endemske *Abies pardei* s ostalim hibridima, 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 57-67.
- **Radu S. 1994:** The actual state, problems and trends in the conservation of forests in Romania. In: Paulenka, J., Paule, L. (ed.): Conservation of Forests in Central Europe. Proc. of WWF workshop, Zvolen, str. 101-104.
- **Ratknić K., Vučković M., Stamenković V., Stajić B. 2002:** Silver fir (*Abies alba* Mill) provenance test in southwestern Serbia" u sklopu 10. Internationalen IUFRO-Tannen-symposium am 16.-20. Sept. 2002 an der FAWF in Trippstadt, str. 59-67.
- **Ravazzi C. 2002:** Late Quaternary history of spruce in southern Europe. Review of Palaeobotany and Palynology 120: 131-177.
- **Remić C. 1988:** Slowenische Waldwirtschaft heute, Allgemeine Forst Zeitschrift, 43(8): 166-167.
- **Roe E.I. 1946:** Extended periods of seedfall of white spruce and balsam fir. Tech. Note 261. St. Paul: USDA Forest Service, Lake States Forest Experiment Station, str. 1.
- **Rogers S.O. 1997:** Molecular biology techniques, EFB 601 laboratory manual, 3rd edition, str. 1-136.
- **Rohmeder E. 1951:** Beitrage zur Keimungsphysiologie der Forstpflanzen. Munich: Bayerischer Landwirtschafts, str. 1-140.
- **Rohmeder E. 1960:** Bastardierung der Gattung *Abies*. *Silvae Genet.* 9 (5): 136-137.
- **Ruetz W.F., Konnerth M., Behm A. 1996:** Sind Waldschäden auch eine Frage der Herkunft?, *Der Wald*, 14: 2-3.
- **Ruetz W.F., Franke A., Stimm B. 1998:** Der Süddeutsche Weißtannen (*Abies alba* Mill.) Provenienzversuch, Jungendentwicklung auf den Versuchsflächen. *Allg. Fors. und J. Ztg.*, 169 (6/7): 116 -126.
- **Rushforth K.D. 1987.** *Conifers*. New York, str. 1-232.
- **Salaj J., Kosová A., Kormuťák A., Walles B. 1998:** Ultrastructural and molecular study of plamid inheritance in *Abies alba* and some *Abies* hybrids, *Sexual Plant Reproduction*, 11 (5): 284-291.
- **Savcenko A.M. 1966:** Seed-dispersal distance of *Abies sibirica* in plains forests. *Trudy Sibirskogo Nauchno Issledovatel'skogo Institut Lesnoj Promyshlennosti* 14: 3-5.
- **Schefer - Schachtschabel 1966:** Lehrbuch der Bodenkunde. Ferd. E. Verlag. Stuttgart.
- **Schober R. 1975:** Ertragstabeln wichtiger Baumerten, bei verschiedener Durchforstung. Göttingen. Str. 1-154.
- **Schroeder S. 1989:** Die Weißtanne in Süddeutschland: Genetische Variation, Kline, Korrelationen. *Allg. Forst. und J-Ztg.*, 169 (5): 100-104.

- **Schroeder S. 1989:** Isoenzyme polymorphisms in silver fir. Freiburg, *Silvae Genetica*, 38 (3-4): 130-133.
- **Schroeder S. 1989a:** Isoenzyme variation in 16 European provenances of silver fir (*Abies alba*), Freiburg, *Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung*, 34: 77-81.
- **Schroeder S. 1989b:** Outcrossing Rates and Seed Characteristics in Damaged Natural Populations of *Abies alba* Mill., *Silvae Genetica*, 38 (5-6): 185-189.
- **Schroeder S. 1989c:** Silver fir in south Germany: genetic variation clines, correlations, *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 160 (5): 100-104.
- **Scotti I., Troggio M., Soranzo N., Vendramin G.G., Bucci G. 1998:** A new set of PCR-based, locus-specific markers for *Picea abies* (L.) Karst., *Molecular Ecology*, 7: 783-792.
- **Seletković Z., Tikvić I. 1996:** Oštećenost šumskih ekosustava različitih stanišnih prilika u Republici Hrvatskoj. U: Sever, S. (ed.), *Zaštita šuma i pridobivanje drva*, Šum. fak. Zagreb i Šum. ins. Jastrebarsko, 81-88.
- **Shea P.J. 1989a:** Interactions among phytophagous insect species colonizing cones of white fir (*Abies concolor*). *Oecologia* (Berlin) 81: 104-110.
- **Shea P.J. 1989b:** Phytophagous insect complex associated with cones of white fir, *Abies concolor* (Gord. and Glend.) Lindl., and its impact on seed production. *Canadian Entomologist* 121: 699-708.
- **Sidhu S.S., Staniforth R.J. 1986:** Effects of atmospheric fluorides on foliage, and cone and seed production in balsam fir, black spruce, and larch. *Canadian Journal of Botany* 64: 923-931.
- **Silvertown J.W., Doust J.L. 1995:** Introduction to plant population biology, Blackwell Science, Reprinted 1995, str. 1-210.
- **Sitte P., Ziegler H., Ehrendorfer F., Bresinsky A. 1998:** Strasburger Lehrbuch der Botanik, Gustav Fischer, Stuttgart-Jena-Lubeck-Ulm. str. 1-1007.
- **Slade D. 2001:** Distribucija haplotipova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj, magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-87.
- **Slade D., Škvorc Z., Ballian D., Gračan J., Papeš D. 2008:** The chloroplast DNA polymorphisms of White Oaks of section *Quercus* in the Central Balkans. *Silvae Genetica* v. 57 (4-5): 227-234.
- **Slatkin M. 1994:** Cladistic Analysis of DNK Sequence Dana from Subdivided Populations. In: Real A.L. (ed.): *Ecological Genetics*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, str.18-34.
- **Stefanov B., Gančev A. 1958:** Dendrologija. Sofija
- **Stefanović V. 1970:** Jedan pogled na recentnu sukcesiju bukovo-jelovih šuma prašumskog karaktera u Bosni. *Radovi Akademije nauka i umjetnosti BiH*, Sarajevo, XV, 4:141-150.
- **Stefanović V. 1977:** Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije. Zavod za udžbenike Sarajevo, str. 283.
- **Stefanović V. 1988:** Prašumski rezervati Jugoslavije, dragulji iskonske prirode. *Biološki list*, Sarajevo, 9-10:1-5.

- **Stefanović V., Beus V., Burlica Č., Dizdarević H., Vukorep I. 1983:** Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 1983, Šumarski fakultet, Posebna izdanja br. 17: 1-51.
- **Stojanović O., Stefanović V., Burlica Č., Pintarić K., Pavlič J., Koprivica M., Luteršek D., Lazarev V. 1986:** Ekološko-proizvodne karakteristike (proizvodni potencijal) dugoročni ciljevi i mogućnosti proizvodnje drveta na staništima izdanačkih šuma bukve u SR BiH, Šumarski fakultet, naučno istraživački projekat, Sarajevo, str. 1-120.
- **Stutz H.P. 1990:** Genetische Differenzierung und natürliche Selektionsfaktoren der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) in einem zentralalpinen Gebiet der Schweiz. disertacija, Zürich, ETH, str. 1-127.
- **Svoboda P. 1953:** Lesní dřeviny a jejich porosty. I. tom, SZN, Praha, str. 1-411.
- **Sweet R. 1826:** *Hortus Britannicus*, part 1. Ridgway, London, str. 1-240.
- **Šafar J. 1948:** Preborna šuma i preborno gospodarenje. Institut za šumarska istraživanja, Zagreb, str. 1-100.
- **Šafar J. 1963:** Uzgajanje šuma. Savez šumarskih društava Hrvatske, Zagreb, str. 1-598.
- **Šilić Č. 1983:** Atlas drveća i grmlja. Svjetlost, OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Sarajevo, str. 1-218.
- **Šoljan D., Šolić E. 1986/1987:** Prilog poznavanju jele na Biokovu, Glasnik Zemaljskog muzeja BiH, 25-26: 53-69.
- **Šoljan D. 1990:** Novi varijetet vrste *Abies alba* Mill., Bilten Društva ekologa BiH, 5: 77-80.
- **Švidenko A.I. 1980:** Pihtovije ljesa Ukraini. izdateljstvo pri Ljovskom Gosudarstvennom Universitetje Izdateljskogo objedinjenja "Visšaja Škola", str. 1-191.
- **Taberlet P., Fumagalli L., Wust-Saucy A.G., Cosson J.F. 1998:** Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. Mol. Ecol. 7: 453-464.
- **Thanos C.V. 2003:** The geography of Theophrastus' life and of his botanical writings. In: Karamanos A., Thanos C.A., eds. Proceedings, Theophrastus 2000-Biodiversity and Natural Heritage in the Aegean; 2000; Eressos-Sigri, Lesbos, Greece. Athens, str. 1-13.
- **Terhürne-Berson R., Litt T., Cheddadi R. 2004:** The spread of *Abies* throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data. Veg. Hist. Archaeobot. 13: 257-268.
- **Thormann R., Stephan B.R. 1993:** Interpretation of isozyme patterns of malate dehydrogenase in Scots pine using two different standing methods, *Silvae genetica*, 42: 5-8.
- **Tikvić I., Seletković Z., Anić I. 1995:** Propadanje šuma kao pokazatelj promjene ekoloških uvjeta u atmosferi, *Šum. List*, Zagreb, 11-12: 361-371.
- **Trinajstić I. 1970:** O rasprostranjenju šuma jele (*Abies alba* Mill.) na području Hrvatske, Šumarski simpozij, Sveučilište u Zagrebu-Šumarski fakultet, Zagreb, Zbornik radova, str. 31-35.

- **Trinajstić I. 1999:** Što su *Abies perdei* Gussone i *Abies biokovensis*. Šum. List, Zagreb, 1-2: 11-16.
- **Trinajstić I. 2001:** Rasprostranjenost obične jele *Abies alba* u Hrvatskoj, ed. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 98-101.
- **Tzedakis P.C. 1993:** Long-term tree populations in northwest Greece through multiple Quaternary climatic cycles. *Nature* 364: 437-440.
- **Urlich B. 1989:** Effect of acid precipitation on forest ecosystems in Europe, *Advances in Environmental Science*, 27: 189-272.
- **Uščuplić M. 1992:** Uticaj sistema gazdovanja na pojavu imele (*Viscum album* L.), *Glasnik šumarskog fakulteta u Beogradu*. 74: 7-18.
- **Uščuplić M., Dautbašić M., Treštić T., Selman E., Mujezinović O., Nišić T., Jakanović B. 2007:** Bolesti i štetnici obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini. Društvo za zaštitu bilja u BiH, Sarajevo, str. 1-114.
- **Vanin A. 1960:** Dendrologija. Goslebumizdat. Moskva-Lenjingrad. str. 1-248.
- **Vallejos C.E. 1983:** Enzyme Activity Staining. In: Tanskley S.D., Orton T.J. (ed.): *Isozymes in Plant Genetics and Breeding (part A)*. Elsevier, Amsterdam, str. 1-516.
- **Vendramin G.G., Michelozzi M., Lelli L., Tognetti R. 1995:** Genetic variation in *Abies nebrodensis*: a case study for a highly endangered species, *Forest Genetics*, 2 (3): 171-175.
- **Vendramin G.G., Ziegenhagen B. 1997:** Characterisation and inheritance of polymorphic plastid microsatellites in *Abies*, *Genome*, 40: 857-864.
- **Vendramin G.G., Anzidei M., Autino V.A., Madaghiele A., Morgante M., Sperisen C., Ziegenhagen B., Scannerini S., Baker A., Charlwood B.W., Damiano C., Franz C., Gianinizzi S. 1998:** Chloroplast microsatellites reveal high levels of genetic diversity in conifers: a new tool for biodiversity analysis in forest ecosystems, *Acta Horticulturae*, 457: 395-401.
- **Vendramin G.G., Degen B., Petit R.J., Anzidei M., Madaghiele A., Ziegenhagen B. 1999:** High level of variation at *Abies alba* chloroplast microsatellite loci in Europe, *Molecular - Ecology*, 8 (7): 1117-1126.
- **Vendramin G.G., Anzidei M., Madaghiele A., Sperisen C. Bucci G. 2000:** Chloroplast microsatellite analysis reveals the presence of population subdivision in Norway spruce (*Picea abies* Karst.), *Genome*, 43: 68-78.
- **Vicario F., Vendramin G.G., Rossi P., Liò P., Giannini R. 1995:** Allozyme, chloroplast DNA and RAPD markers for determining genetic relationships between *Abies alba* and the relic population of *Abies nebrodensis*, *Theoretical and Applied Genetics*, 90 (7-8): 1012-1018.
- **Vidaković M. 1982:** Četinjače - morfologija i varijabilnost, JAZU i Sveuč. nakl. Liber, Zagreb, str. 1-710.
- **Vidaković M. 1993:** Četinjače - morfologija i varijabilnost, Grafički zavod Hrvatska i Hrvatske šume, p.o. Zagreb, Zagreb, str.1-741.
- **Vidaković M., Krstinić A. 1985:** Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća, Sveučilište u Zagrebu, str. 1-503.
- **Vidaković M., Gračan J. 2001:** Očuvanje genofonda obične jele, ed. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 346-347.

- **Vignali G., Piovani P., Scannerini S., Baker A., Charlwood B.W., Damiano C., Franz C., Gianinizzi S. 1998:** Protection and restoration of remaining populations of *Abies alba* Mill. *Picea excelsa* Lam. and *Taxus baccata* L. in the Emilian Apennines, *Acta Horticulturae*, 457: 411-415.
- **Vincent G. 1931:** Rozbory šišíek jehličnanů a jejich semen. Ministerstvo zemědělství Republiky československé, Praha, 1-171.
- **Vincent G., Kantor J. 1971:** Das frühzeitige Tannensterben. Seine Ursachen und Vorbeugung, *Cbl. Ges. Forstw.*, 88(2): 101-115.
- **Vinš B. 1966:** Příspěvek k výzkumu proměnlivosti jedle (*Abies alba* Mill.), *Rozpravy ČSAV*, 76 (15): 1-82.
- **Višnjić Č. 2001:** Otpornost bukve (*Fagus silvatica* L.) na mraz. Magistarski rad, Šumarski fakultet u Sarajevu, 1-75.
- **Višnjić Č., Vojniković S., Ioras F., Dautbašić M., Abrudan I.V., Gurean D., Lojo A., Treštić T., Ballian D., Bajrić M. 2009:** Virgin Status Assessment of Plješevica Forest in Bosnia - Herzegovina. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* 37(2): 22-27.
- **Višnjić Č., Mekić F., Vojniković S., Balić B., Ballian D., Ivojević S. 2010:** Ekološko-Uzgojne karakteristike panjača bukve u Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-154.
- **Vukelić J., Rauš Đ. 1998:** Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 310.
- **Vukelić J., Baričević D. 2001:** Šumske zajednice obične jele u Hrvatskoj, ed. Obična jela u Hrvatskoj, Zagreb, str. 162-186.
- **Weber W.A. 1987:** Colorado flora: western slope. Niwot: University Press of Colorado, str. 1-530.
- **Welch H.J. 1991:** The conifer manual. Vol. 1. Kluwer Academic Publishers, Boston, str. 1-436.
- **Wendel J.F., Weeden N.F. 1989:** Visualization and Interpretation of Plant Isoenzymes. (ed.) Soltis D.E., Soltis P.S.: *Isozymes in Plant Biology*, London, str. 5-45.
- **Wentzel K.F. 1980:** Weißtanne = immissionsempfindlichste heimische Baumart. *Allg. Forst-Zeitschrift*, 35: 373-374.
- **Wolf H. 1992:** Genetic variation in the monoterpene pattern of needle resin of silver fir (*Abies alba*), Munchen, Germany, *Fortslische Forschungsberichte München*, 116: 201.
- **Wolf H. 1994:** Die Variation des Monoterpenmusters im Nadelharz verschiedener Herkünfte der Weißtanne (*Abies alba* Mill.). V. Wolf, H. (ed.) *Weißtanne-Herkünfte. Neue Resultate zur Provenienzforschung bei Abies alba* Mill., *Contributions Biologiae Arborum* 5: 67-78.
- **Wolf H. 2003:** EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for silver fir (*Abies alba* Mill.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italy. str. 6.
- **Wolf H., Bungart R. 1992:** Die geographische Variation des Monoterpenmusters im Nadelharz verschiedener Herkünfte der Weißtanne (*Abies alba* Mill.), 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 45-56.

- **Wolf H., Ruetz W.F., Franke A. 1992:** Der süddeutsche Weißtanne Provenienzversuch: III. Entwicklung der Herkünfte der Aussaa 1982 auf den Versuchsflächen bis zum Alter 8 Jahre, 6 IUFRO Tannensymposium, Zagreb, str. 45-56.
- **Wolfenbarger D.O. 1946:** Dispersion of small organisms: Distance dispersion rates of bacteria, spores, seeds, pollen and insects: incidence rates of diseases and injuries. *American Midland Naturalist* 35: 1-152.
- **Ziegenhagen B., Guillemaut P., Scholz F. 1993:** A procedure for mini preparations of genetic DNA from needles of silver fir (*Abies alba* Mill.), *Plant Molecular Biology Reporter*, 11 (2): 117-121.
- **Ziegenhagen B., Scholz F., Eder W. 1994:** DNA polymorphisms and their relevance for ecological genetic investigations on silver fir (*Abies alba* Mill.), *Ergebnisse des 7-IUFRO Tannensymposiums*, Baden Württemberg, 132-140.
- **Ziegenhagen B., Kormut'ák A., Schauerte M., Scholz F. 1995:** Restriction site polymorphism in chloroplast DNA of silver fir (*Abies alba* Mill.), *Forest Genetics*, 2 (2): 99-107.
- **Ziegenhagen B., Schauerte M., Kormut'ák A., Scholz F. 1996:** Plastid DNA polymorphism of megagametophytes and pollen in two *Abies* species, *Silvae Genetica*, 45 (5-6): 355-358.
- **Ziegenhagen B., Fady B., Kuhlenkamp V., Liepelt S. 2005.** Differentiating groups of *Abies* species with a simple molecular marker. *Silvae Genet.* 54: 123-126.
- **Ziehe M., Gregorius H.R., Glock H., Hattemer H.H., Herzog S. 1989:** Gene resources and gene conservation in forest trees: General concept. In: Scholz F., Gregorius H.R., Rudin D. (ed.): *Genetic Effects of Air Pollutants in Forest Tree Populations*, Springer-Verlag, Berlin, str. 173-185.
- **Young J.A., Young C.G. 1992:** *Seeds of woody plants of North America*. Portland, OR: Dioscorides Press: 1-8.
- **Young A., Boyle T., Brown T. 1996:** The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends Ecol. Evol.* 11: 413-418.

SAŽETAK

Obična jela (*Abies alba* Mill.) je jedna od najznačajnijih vrsta šumskog drveća s gospodarskog i ekološkog stajališta u Bosni i Hercegovini. Da bi se shvatio kakav je to značaj jelovih šuma treba nešto reći da je obična jela zastupljena u mješovitim šumama bukve i jele, te bukve, jele i smreke, i vrlo rijetko čistim šumama jele, na površini od oko 50% svih visokih šuma. Obična jela u gorskom pojasu gradi šumske zajednice sa smrekom i ponekad s običnim borom, te sa bukvom, kao našu najznačajniju šumsku zajednicu, zajednicu bukovo-jelovih šuma (*Abieti fagetum*). Inače, ukupna površina šuma gdje je zastupljena jela, čistih i mješovitih, iznosi 562.237 ha, sa ukupnom masom drvne zalihe obične jele u šumama od 63.923.000 m³, što je oko 23% od ukupne drvne zalihe unutar svih visokih šuma, pa je i takvo učešće jelovog drveta u drvoprerađivačkim pogonima.

Tijekom posljednjih desetak milenija obična jela je bila izložena stalnom dinamičnom kretanju, odnosno migraciji iz svojih glacialnih pribježišta koja su se nalazila na jugu Europe, prema središnjoj, zapadnoj i istočnoj Europi, te formiranju svog današnjeg rasprostiranja.

Kada je riječ o propadanju šuma u Europi, jelove su šume dolaze u grupu najugroženijih, jer običnoj jeli prijeti potpuni nestanak. Dosada su znanstvenici na više načina pokušali objasniti razloge nestajanja, odnosno sušenja jelovih šuma, ali se ustanovilo da je to vrlo složen problem. Prikupljeni rezultati ukazuju da je vjerojatno osnovni razlog zagađenosti atmosfere i pedosfere različitim industrijskim polutantima, koji veoma štetno djeluju na jelu, ali i na druge vrste drveća. U šumama Bosne i Hercegovine pogoršava se zdravstveno stanje obične jele zbog neodgovarajućega gospodarenja, jer se ne uzimaju u obzir ekološke značajke obične jele prilikom gospodarenja šumama, te se narušava stabilnost jelovih šuma, a što u konačnici uzrokuje širenje imele *Viscum album* var. *abietis* Beck, koja fiziološki slabi stabla i stvara predispozicije za napade patogena i insekata.

Kada su u pitanju istraživanja varijabilnosti obične jele, možemo ih podijeliti na dvije značajne faze. Prva faza je analiziranje svojstava na razini vrste u cilju dobivanja nekih osnovnih morfoloških pokazatelja o čemu svjedoče brojni radovi i pokazatelji iz udžbenika, a druga faza je usmjerena na istraživanje međupopulacijske varijabilnosti. U ovoj

knjizi je prikazano što je na tom polju urađeno u Bosni i Hercegovini posljednjih decenija.

Istraživana morfološka i fiziološka svojstva češera i sjemena obične jele (*Abies alba* Mill.) u populacijama srednje Bosne pokazala su značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost u odnosu na varijabilnost između subpopulacija i populacija. Izrazito velika individualna varijabilnost unutar istraživanih subpopulacija uvjetovana je heterozigotnošću obične jele.

Razlike u nadmorskoj visini i ekspoziciji između subpopulacija nisu utjecale na varijabilnost istraživanih svojstava unutar populacija. Između subpopulacija ne postoji fizička prepreka da bi spriječila izmjenu genetskog materijala između subpopulacija, tako da je razmjena genetskog materijala moguća u oba smjera.

Različita pedološka i geološka struktura tla između populacija nije imala utjecaja na međupopulacijsku varijabilnost istraživanih svojstava. Udaljenost između populacija i kratak period razdvajanja populacija utjecao je da su se slabo izdiferencirale morfološke razlike istraživanih svojstava.

Za četiri istraživana morfološka svojstva češera obične jele dobivena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost u svim istraživanim subpopulacijama. Između subpopulacija nije dobivena statistički značajna varijabilnost.

Šest istraživanih morfoloških svojstava sjemena obične jele iskazala su statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost u testiranim subpopulacijama. Samo je za svojstvo težine 1.000 komada sjemenki, utvrđena statistički značajna varijabilnost između subpopulacija kod jedne populacije, dok za druga morfološka svojstva nije dobivena statistički značajna varijabilnost između subpopulacija.

Dva istraživana morfološka svojstva ljuske češera kod obične jele pokazala su statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar pojedine subpopulacije. Između subpopulacija za ova svojstva nije utvrđena statistički značajna varijabilnost.

Dva istraživana fiziološka svojstva sjemena obične jele pokazala su statistički značajnu individualnu varijabilnost unutar testiranih subpopulacija. Za svojstvo energije klijanja dobivena je statistički značajna varijabilnost između subpopulacija kod dvije istraživane populacije.

Statistički značajnu međupopulacijsku varijabilnost dobili smo za svojstva širine sjemena, debljine sjemena, dužine ljuske češera, te bi se moglo koristiti za procjenu međupopulacijske varijabilnosti.

Fiziološka svojstava sjemena, (energija klijavosti i apsolutna klijavost), iako su iskazala statistički značajne međupopulacijske razlike, pod izraženijim su utjecajem čimbenika okoliša, te se ne bi uključivala u izučavanje međupopulacijske varijabilnosti.

Procjena genetičkog opterećenja obične jele je urađena na temelju njenih fizioloških parametara, odnosno energije klijavosti i apsolutne klijavosti i analize preostalih neisklijalih sjemenki. Ovim istraživanjem se željelo utvrditi postojanje značajne varijabilnosti unutar populacija, odnosno između subpopulacija i između populacija, te davanje preporuka o uporabljivosti sjemena iz određenih populacija. Na temelju tako dobivenih rezultata želimo procijeniti genetičko opterećenje obične jele u pet populacija središnje Bosne.

Dobiveni rezultati za sva istraživana svojstva, apsolutna težina sjemena, energija klijavosti, apsolutna klijavost se nalaze u granicama ranijih istraživanja.

Istraživana fiziološka svojstva sjemena obične jele u populacijama srednje Bosne pokazala su značajnu individualnu i međupopulacijsku varijabilnost u odnosu na varijabilnost između analiziranih subpopulacija.

Uključivanje nefizioloških čimbenika (visine, promjera, starosti i prisutnosti imele na istraživanim stablima) pokazalo s opravdanim, jer se dobila nova kvaliteta u istraživanju.

Promjeri i starost nisu pokazali povezanost sa fiziološkim svojstvima sjemena.

Za razliku od njih povećanje visine stabala je pozitivno djelovale na kvalitetu sjemena, odnosno na apsolutnu klijavost, koja je rasla sa visinom stabala, to nam ukazuje da sjeme treba sabirati samo od natprosječno visokih stabala jer su ta stabla manje genetički opterećena.

Kad su u pitanju svojstva zdravih i neisklijalih sjemenki, njihovo učešće se s visinom stabla smanjivalo, što također ukazuje da se sjeme mora sabirati s natprosječno viših stabala.

Imela ima veoma interesantan utjecaj jer sa pojavljivanjem imele pojavljuje se veći broj trulih sjemenki što umanjuje kvalitetu sjemena, te sjeme treba sabirati sa stabala bez imele, ali je potrebno da se nastaviti sa ovim vidom istraživanja.

Multivarijantna istraživanja obuhvatila su četiri morfološka svojstva češera, šest svojstava sjemena, dva svojstva ljuski češera, te određeni kvocijenti svojstava. Međupopulacijska varijabilnost je rađena

za pet populacija koje se razlikuju u geološkoj i pedološkoj podlozi, različitim fitocenoza, a pripadaju i različitim sjemenskim rajonima, uz primjenu multivarijantne analize.

Dobiveni rezultati u ovom istraživanju, primjenom multivarijantne analize, ukazuju kako je pomoću istraživanih svojstava na morfološkoj razini (dužina češera, širina češera na sredini dužine, širina češera na 2 cm od baze, širina češera na 1 cm od vrha dužina sjemenke s krilcem, širina krilca, dužina sjemena, širina sjemena, debljina sjemena dužina ljuske češera, širina ljuske češera), te njihovih odnosa, moguće izdiferencirati običnu jelu u tri grupe na području središnje Bosne. Dobiveni rezultati ukazuju da možemo izvršiti grupiranje na osnovu dimenzija češera, bolje reći, oblika i veličine češera, veličine sjemena odnosno krilca kod sjemena, kao i veličine sterilne ljuske češera.

Prvu grupu čini populacije Kakanj i Crepoljsko, drugu grupu čine populacije Fojnica i i Olovo, a populacija Igman čini treću grupu i zauzima intermedijalno mjesto između druge dvije grupe kad su u pitanju dimenzije. Prve dvije grupe se razlikuju po veličini, dok se treća grupa razlikuje po veličini i obliku od prve dvije grupe.

Ovi rezultati ne bi se mogli usporediti sa ranijim istraživanjima, a razlog leži u tome, što je u ovom radu korištena suvremena statistička analiza, multivarijantna analiza, sa većim brojem ulaznih parametara, odnosno sedamnaest mjerenih i izvedenih varijabli. U ovom radu nismo se vezali samo na dvije dimenzije nego četiri različita mjerena svojstva kao i njihove odnose, tako da smo u mogućnosti da razvrstamo češere prema karakterističnim oblicima i veličinama.

Na osnovu izloženog, prvu grupu češera čine užji i kraći češeri šiljastog vrha, drugu grupu čine širi i duži češeri šiljastog vrha, dok treću grupu čine najduži češeri zaobljenog vrha. Diferenciranje se javlja i kod sjemena i to prvu grupu češera prati najduže i najšire sjeme, kod druge grupe sjeme je najuže i najkraće dok se kod treće grupe javlja intermedijalno sjeme. Ove odnose prati i dužina ljuske češera. Ustanovljeno je da se sjeme i ljuske češera razlikuju samo po veličini ali ne i po obliku.

U pogledu dosad iznijetog može se zaključiti kako običnu jelu iz središnje Bosne ne možemo izdiferencirati prema tipu tla na kome raste, odnosno na bazi ekoloških parametara, jer dolazi do grupiranja populacija koje su podrijetlom sa različitim tipova tala (kiselih i bazičnih), kao što je slučaj sa populacijom Olova i Fojnice.

Provedena analiza broja supki pokazala je statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost kod svih istraživanih populacija, dok međupopulacijska varijabilnost ovog svojstva nije konstatirana.

U četiri populacije (Crepoljsko, Fojnica, Igman, Kakanj) preovladavaju biljke sa 5, a zatim sa 6 supki, a u jednoj populaciji (Olovo) najbrojnije su sa 6 supki, a zatim sa 5 supki.

Biljke sa manjim brojem supki od 3 nisu konstatirane jer vrlo vjerojatno ne mogu da preživljavaju.

Svojstvo broja supki ne može poslužiti u diferencijaciji obične jele u niže taksonomske jedinice.

Prilikom ranog testiranja potomstva obične jele, izvršena je izmjera jednogodišnjih, dvogodišnjih, trogodišnjih i četverogodišnjih biljaka obične jele. Na polusrodnicima je analizirana visini, promjer korijenskog vrata, broj bočnih izbojaka, kao i donos promjera i visine. Biljke su proizvedene u kasetama sa 33 otvora (Grahoplast).

Na kraju prvog, drugog, trećeg i četvrtog vegetacijskog razdoblja izvršene su izmjere.

Za sva istraživana svojstva dobivena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost, dok je na međupopulacijskoj razini samo za svojstvo broja izbojaka u trećoj godini izostala statistički značajna varijabilnost. Stoga sva svojstva bi mogla da posluže za procjenu međupopulacijske varijabilnosti.

Dobiveni rezultati pokazuju da se može izvršiti individualna selekcija na brzi debljinski i visinski rast, a također mogu se izdvojiti i populacije sa bržim rastom u prvim fazama razvoja mladih biljaka.

Procijenjena nasljednost je prilično niska, a to se može povezati sa stadijskom starošću materijala, ili u drugom slučaju, sa podrijetlom sjemena, koje potječe iz prirodnih sastojina, a je nastalo iz slobodnog oprašivanja gdje su muški roditelji možda bili inferiorni.

Za razliku od pozitivnih rezultata dobivenih sa sadnicama proizvedenim u kasetama u prve dvije godine, u ovom slučaju, u trećoj i četvrtoj taj pozitivni trend se gubi, jer se remeti stupanj vitkosti, te se za jelu može zaključiti da je ne bi trebalo u kasetama držati duže od tri godine jer se smanjuje njena otpornost na različite pritiske kojima može mlada biljka biti izložena, prije svega na snijeg.

Pojavu bočnih izbojaka koja je ovdje praćena dvije godine trebala bi se nastaviti i ubuduće, da se odredi kako na pomlatku obične jele utječe na pojavu pršljena, odnosno broja grana u pršljenju, te kasnije u kakvoj je to vezi sa debljinom grana.

Istraživanja obične jele u pokusu provenijencija Delimusa su pokazala prisustvo statistički značajne varijabilnosti.

Rezultati upućuju da je najveći procenat sušenja biljaka imamo kod provenijencije Bosanski Petrovac, dok je najmanji procenat sušenja konstatovan kod provenijencija Fojnica i Olovo - Palež.

Analizom visina stabala za period od sedam godina (1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 i 2005.), dobile su se statistički značajne razlike između provenijencija te da je najveću visinu stabala imala provenijencija Bosanski Petrovac, dok je najmanja visina stabala konstatovana kod provenijencije Olovo - Klis.

U 1999. godini visina stabala provenijencije Bosanski Petrovac je iznosila 171 cm, a provenijencije Olovo - Klis 155 cm, dok je u 2005. godini razlika između najveće i najmanje provenijencije znatno veća, tako da je visina provenijencije Bosanski Petrovac iznosila 407 cm, a provenijencije Olovo - Klis 364 cm. Najbliža provenijenciji Olovo - Klis, kao najmanjoj po visini, za cijeli period istraživanja je bila provenijencija Pale, a kada su u pitanju najveće visine uz provenijenciju B. Petrovac u 1999. godini je najbliža provenijencija Konjic, u 2000. i 2001. godini provenijencija Prozor, dok za ostali period do 2005. godine najbliža je provenijencija Fojnica.

Kada je u pitanju analiza visinskog prirasta, za period od 6 godina smo utvrdili da se kulminacija visinskog prirasta kod svih provenijencija javila u 2003. godini, odnosno 18-toj godini života stabala. Iz analize prosječnog periodičnog prirasta utvrdili smo postojanje statistički značajnih razlika između provenijencija te da su najveće vrijednosti istog imale provenijencije Bosanski Petrovac i Fojnica, a najmanju vrijednost provenijencije Olovo - Klis i Olovo - Palež.

Za promjere na korijenskom vratu je utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika između provenijencija, kao i to da je najveći prečnik na vratu korijena u 2004. godini (19-toj godini starosti stabala), imala provenijencija Fojnica, dok je najmanju vrijednost ovog taksacionog elementa imala provenijencija Olovo - Klis. Sa najmanjim vrijednostima prečnika na vratu korijena uz provenijenciju Olovo - Klis su još provenijencije Olovo - Palež i Pale. Analizom promjera na prsnoj visini u 2004. godini ustanovljeno je, također, postojanje signifikantnih razlika između provenijencija. Najveću vrijednost je imala provenijencija Fojnica, a najmanju provenijencija Pale kojoj se pridružuju još provenijencije Olovo - Klis i Olovo - Palež.

Analiza varijanse je pokazala da postoje značajne razlike u vitkosti stabala u 2004. godini, odnosno 19-toj godini starosti stabala. Najveću vitkost je pokazala provenijencija Olovo - Palež, a najniža vrijednost je zabilježena kod Fojničke provenijencije.

Za broj grana u pršljenu također smo utvrdili postojanje signifikantnih razlika između provenijencija. Najveći broj bočnih grana u 2003. godini je imala provenijencija Sokolac, a najniži Pale. U 2004. godini također je provenijencija Sokolac imala najveći broj izbojaka, najnižu vrijednost je imala provenijencija Konjic. Najveći broj izbojaka za 2005. godinu je imala provenijencija Olovo - Palež, a najmanji broj je imala provenijencija Prozor, dok je prosječan broj izbojaka za ovu godinu iznosio 4,14 komada.

Kada su u pitanju analize unutarpopulacijske varijabilnosti za visine i promjere stabala obične jele veće signifikantne razlike utvrdili smo kod provenijencije Olovo - Klis, Bosanski Petrovac i Prozor, dok kod ostalih provenijencija te razlike nisu imale statistički značajnu vrijednost.

Rezultati broja iglica po cm, te dužina i širina iglica pokazali su postojanje signifikantnih razlika između istraživanih provenijencija.

Na temelju rečenog može se zaključiti da postoje razlike među populacijama iz različitih ekoloških niša, odnosno da razlike u ekologiji staništa uvjetuju morfološku diferencijaciju među populacijama.

Istraživanjem cpDNK je utvrđivana molekularnogenetička varijabilnost nekih populacija obične jele u Bosni i Hercegovini i Hrvatskoj (Vranica, Meka brda, Gorski kotar - adultna, Gorski kotar - juvenilna, Crni vrh, Čabulja, Orjen). Varijabilnost se istraživala na molekularnoj razini, uz pomoć analize kloroplastne DNA (cpDNA).

Analizom cpDNA istraživala se haplotipska varijabilnost obične jele, a dobivene su znatne razlike u broju haplotipova između populacija.

Pomoću analize kloroplastne DNA, točnije broja haplotipova (H), efektivnog broja haplotipova (Ne), haplotipske raznolikosti (H_{exp} i S_w), vidljivo je da su prisutne razlike između istraživanih populacija, a napose između malih izoliranih i velikih populacija.

Između adultne i juvenilne populacije Gorskog kotara nisu utvrđene velike razlike, tako da se među tim populacijama praktično ne može govoriti o razlikama, jer su njihova genetička odstupanja vrlo mala. Ipak, dobiveni rezultati pokazuju da bi tu trebalo suptilnije prići istraživanjima na molekularnoj razini.

Ovo je istraživanje značajno za dalje radove na oplemenjivanju obične jele, odnosno u procesu obnove jelovih šuma (pošumljivanje i sjetva sjemena), te za osnivanje banaka i arhiva gena metodama *in situ* i *ex situ*.

Analizom mtDNA istraživala se mitotipska varijabilnost obične jele, a dobivena su za Bosnu i Hercegovinu dva mitotipa. Prva istraživanja ovoga tipa je proveo Gomory (2004), a naredno istraživanje je bilo u cilju dobivanja potpunije genetske slike.

Pomoću analize DNA, točnije broja mitotipova, vidljivo je da su prisutne razlike između istraživanih populacija, a napose između malih izoliranih i velikih populacija, prema učestalosti mitotipova u njima. Ovakva varijabilnost je još registrirana u Hrvatskoj i u Ukrajini. Mitotip središnje Europe vrlo vjerojatno je manje otporan od balkanskog mitotipa, koji kod nas dominira te su stoga naše populacije vjerojatno prilično otpornije od populacija sa zapada.

Buduća istraživanja treba usmjeriti na ostale populacije obične jele u Bosni i Hercegovini, te utvrditi zonu hibridizacije između srednjoeuropskog i balkanskog područja, primjenom izoenzimskih biljega. Neprestano treba pratiti gospodarske zahvate na obnovi obične jele te ih usmjeravati na održanje genetičke raznolikosti lokalnih populacija.

Primijenjena metoda daje dobru sliku mitotipske genetičke strukture populacija, na temelju koje se mogu preporučiti potrebne mjere za održavanje genetičkih resursa u istraživanim populacijama.

Istraživana je i molekularnogenetička varijabilnost 19 populacija obične jele u Bosni i Hercegovini i pet populacija iz susjedne Hrvatske, na biokemijskoj razini, uz pomoć izoenzima.

Analizom 16 izoenzimskih gen-lokusa utvrdili smo postojanje statistički značajnih razlika između istraživanih populacija, a utvrđena varijabilnost obične jele klinalnog je karaktera na ovom dijelu rasprostranjenja, uz brojne rijetke alele.

Utvrđeno je da gen-lokusi Pgi-A, Got-A i Sdh-A, karakteristični za običnu jelu balkanskog pribježišta, a gen-lokus Fest-A južno talijansko pribježište, odnosno za srednjoeuropske populacije. Na to upućuju i dobivene genetička odstupanja, koje su najveće između populacija Gorskog kotara i ostalih istraživanih populacija obične jele.

Obična jela iz male populacije na Biokovu pokazuje pripadnost vrsti *Abies alba*, uz malu heterozigotnost, tako da se isključuje pojava bilo kakve nove vrste jele u tom području.

Veća vrijednost heterozigotnosti istraživanih populacija spram populacija obične jele iz zapadne Europe pokazuje da istraživane populacije nisu mnogo izgubile od svoga genetičkog potencijala za adaptaciju, jer nisu suviše udaljene od svoga pribježišta. Stoga su te populacije vjerojatno prilično otpornije od populacija sa zapada jer posjeduju dovoljno genetičke varijabilnosti.

Radi održavanja genskog resursa trebalo bi uspostaviti što gušću mrežu banki gena *in situ* i *ex situ*, nužnih za održanje genetičke raznolikosti populacija. To znači da bi svaka ekološka niša važna za običnu jelu trebala imati svoju banku gena, s odgovarajućim brojem jedinki, kako bi se očuvala ekološko-fiziološka osobnost populacija.

U gospodarenju prirodnim resursima i njihovoj obnovi, prednost uvijek treba dati prirodnoj obnovi, uz stalno praćenje genetičke strukture, kako bi se mogle poduzeti mjere pravodobno za održanje genetičke raznolikosti koja karakterizira svaku populaciju.

VARIABILITY OF THE SILVER FIR (*Abies alba* Mill.) IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

SUMMARY:

The Silver Fir (*Abies alba* Mill.) is one of the most important forest trees in Bosnia and Herzegovina, both commercially and ecologically. To understand the importance of Silver Fir forests, one should be aware that the species is present in mixed woodlands of beech and fir, and of beech, fir and spruce, but very rarely in pure fir forests, over an area of about 50% of all high forests. In the upland zone, Silver Fir forms forest communities with spruce and, in places, with Scots Pine, as well as with beech, forming our major forest community, beech-fir forest (*Abieti fagetum*). The total area in which fir is present, both pure and mixed, is 562,237 ha., with a total mass of Silver Fir timber stocks in forests of 63,923,000 m³, which constitutes about 23% of the total timber stocks within all the country's high forests; hence fir accounts for the corresponding percentage of timber in the timber processing industry.

Over the past ten millennia or so, Silver Fir has endured constant dynamic movements, migrating from its glacial refuges in southern Europe to central, western and eastern Europe, to reach its present range.

In the context of forest degradation in Europe, fir forests are among the endangered, for Silver Fir is at risk of disappearing altogether. Scientists have sought in a variety of ways to identify the reasons for the disappearance or desiccation of fir forests, and have recognized that it is an extremely complex issue. Results collected to date show that the underlying reason is probably pollution of the atmosphere and the pedosphere by a number of industrial pollutants that have a very deleterious effect on fir, as well as on other tree species. In the forests of Bosnia and Herzegovina, the health of Silver Fir is deteriorating as a result of poor forest management, which fails to take into account the ecological characteristics of Silver Fir and thus undermines the stability of fir forests, ultimately leading to the spread of mistletoe, *Viscum album* var. *abietis* Beck, which weakens the trees physiologically and renders them more vulnerable to pathogen and insect attack.

Studies of the variability of Silver Fir may be divided into two major phases. The first was the analysis of its characteristics at the species level, in order to identify some basic morphological indicators, as evidenced by numerous papers and indicators in textbooks; the second phase focused on interpopulation variability. This book sets out what has been done in Bosnia and Herzegovina in that regard in recent decades.

Studies of the morphological and physiological characteristics of Silver Fir (*Abies alba* Mill.) cones and seeds in the populations of central Bosnia have revealed significant intrapopulation variability by comparison with the variability between subpopulations and populations. The strikingly high levels of individual variability within the subpopulations are the result of the heterozygous nature of Silver Fir.

Differences of altitude and exposure between subpopulations had no impact on the variability of the characteristics studied within populations. There are no physical barriers between subpopulations that would prevent the exchange of genetic material, making the exchange of genetic material possible in both directions.

Similarly, the different pedological and geological structure of the soil between populations had no impact on the interpopulation variability of the characteristics studied. The weak differentiation between morphological characteristics studied is the result of the distance between populations, and the short time period since separation.

Four of the studied morphological characteristics of Silver Fir cones revealed statistically significant intrapopulation variability in all the subpopulations studied. No statistically significant variability was found between subpopulations.

Six of the studied morphological characteristics of Silver Fir seeds revealed statistically significant intrapopulation variability in the subpopulations tested. Only one characteristic, the weight of 1,000 seeds, revealed statistically significant variability between subpopulations in one population; other morphological characteristics showed no statistically significant variability between subpopulations.

Two of the studied morphological characteristics of the scales of Silver Fir cones revealed statistically significant individual variability within certain subpopulations. These revealed no statistically significant variability between subpopulations.

Two of the studied physiological characteristics of Silver Fir seeds revealed statistically significant individual variability within the subpopulations tested. Statistically significant variability in germination energy was determined between subpopulations in two of the populations studied.

Statistically significant interpopulation variability was identified for the characteristics of seed dissemination, seed thickness, and length of cone scales, which could be used to estimate interpopulation variability.

The physiological characteristics of the seeds (germination energy and absolute germinability), though displaying statistically significant interpopulation differences, were strongly influenced by environmental factors, and would not be included in a study of interpopulation variability.

The genetic load of Silver Fir was estimated on the basis of its physiological parameters - germination energy and absolute germinability - and an analysis of the seeds that failed to germinate. The purpose of this study was to determine the presence of significant variability within populations and between both subpopulations and populations, and to offer recommendations for the usability of seeds from certain populations. We aim to use these results to estimate the genetic load of Silver Fir in five populations in central Bosnia.

The results obtained for all the characteristics studied, absolute seed weight, germination energy and absolute germinability, were within the limits of earlier studies.

The studied physiological characteristics of Silver Fir seeds in the populations of central Bosnia revealed significant individual and interpopulation variability as compared with the variability between the subpopulations studied.

The inclusion of non-physiological factors (height, diameter, age, and the presence of mistletoe on the trees studied) proved to be justified, adding a new quality in the study.

Diameter and age revealed no relation with the physiological characteristics of the seeds. However, increasing tree height had a positive impact on seed quality, i.e. absolute germinability, which increased with tree height, indicating that seed should be collected only from trees of above-average height, of which the genetic load is less.

As regards the characteristics of healthy and ungerminated seeds, there were fewer of these with increasing tree height, a further indication that seed should be collected only from trees of above-average height.

Mistletoe has the very interesting effect of increasing the number of rotten seeds, reducing seed quality; thus seed should be collected only from trees with no mistletoe, though this kind of study should be pursued further.

Multivariate studies covered four morphological characteristics of the cones, six of the seeds, two of the cone scales, and certain quotient characteristics. Interpopulation variability was studied for five populations on different geological and pedological bases and of different phytocoenoses, also belonging to different seed regions, using multivariate analysis.

The results of this study, using multivariate analysis, revealed how the studied morphological characteristics (cone length, cone width at mid length, cone width at 2 cm from base, cone width at 1 cm from tip, length of seed with wings, wing width, seed length, seed width, seed thickness, cone scale length, cone scale width), and the ratio between them, may be used to distinguish three groups of Silver Fir in central Bosnia. The results obtained show that groups may be identified on the basis of cone size, or more accurately the shape and size of the cones, seed and wing size, and the size of sterile cone scales.

The first group consists of the Kakanj and Crepoljsko populations, the second of the Fojnica and Olovo populations and the third of the Igman population, occupying an intermediate place between the other two groups as regards size. The first two groups differ in size, the third differs in size and shape from the first two groups.

These results could not be compared with earlier studies, given that this study made use of current statistical analysis, multivariate analysis with a large number of input parameters - seventeen measured and extrapolated variables. We did not restrict ourselves to two dimensions, but used four different measured characteristics and the relationship between them, enabling us to classify cones according to characteristic shapes and sizes.

On this basis, the first group of cones consists of those that are shorter and narrower, and pointed at the tip, the second of those that are longer and wider and pointed at the tip, and the third of the longest

cones, rounded at the tip. There were also differences in the seeds, the first group having the longest and widest seeds, the second the shortest and narrowest, and the third seeds that were intermediate. These relationships are also echoed by the cone scales. It was found that seeds and scales alike differ only in size, not in shape.

It may be concluded from findings to date that Silver Fir in central Bosnia cannot be differentiated according to the type of soil on which it grows or on the basis of ecological parameters, since the groups consisted of populations originating from different types of soil (acid and basic), as in the case of the Olovo and Fojnica population.

Analysis of the number of cotyledons revealed statistically significant intrapopulation variability in all the populations studied, but no interpopulation variability of this characteristic was found.

Four populations (Crepoljsko, Fojnica, Igman, Kakanj) consisted mainly of plants with five cotyledons, followed by those with six, while in one population (Olovo), plants with six cotyledons were most numerous, followed by those with five.

No plants with fewer than three cotyledons were found, and it is very likely that such plants cannot survive.

Cotyledon numbers cannot be used to differentiate Silver Fir into lower taxonomic units.

In previous tests of the offspring of Silver Fir, measurements were taken of one-year-old, two-year-old, three-year-old and four-year-old Silver Fir plants. Half-sib offspring were analysed for height, root collar diameter, number of side shoots, and the ratio between girth and height. The plants were raised in Grahoplast containers with 33 holes.

Measurements were taken at the end of the first, second, third and fourth vegetation periods.

Statistically significant intrapopulation variability was identified for all the above features, while at the interpopulation level, statistically significant variability was absent only in the number of side shoots in the third year. All these features could therefore be used to estimate interpopulation variability.

The results obtained showed that individual selection can be made on the rate of growth in height and girth, and that populations displaying rapid growth in the early stages of seedling development can also be singled out.

Estimated heritability was fairly low, and can be associated with the age of the material or, in another case, with the origin of the seeds, which were from natural stands, and originated from natural pollination, where the male parents were perhaps inferior.

Unlike the positive results obtained with seedlings raised in containers in the first two years, in this case, the positive trend was lost in the third and fourth years, since the slenderness of container-grown plants is disrupted. It may be concluded that fir should not be kept in containers for more than three years, since the young plants' resistance to the various pressures to which they may be exposed, particularly to snow, is reduced.

The presence of side shoots, monitored here for two years, should continue in future, to determine how Silver Fir seedlings are affected by the presence of whorls and the number of shoots per whorl, and how that is later associated with branch thickness.

The analysis of Silver Fir in the Delimusa provenance trial showed statistically significant variability.

The results indicate that the highest percentage of desiccated plants is found in those of Bosanski Petrovac provenance, and the lowest in those of Fojnica and Olovo - Palež provenance.

Analysis of plant height over a seven-year period (1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 and 2005) yielded statistically significant differences between provenances, with the tallest plants of Bosanski Petrovac provenance and the shortest of Olovo - Klis provenance.

In 1999, the plants of Bosanski Petrovac provenance were 171 cm in height, while those of Olovo - Klis provenance were 155 cm in height. In 2005 the difference between the tallest and shortest plants of different provenances was significantly greater, with those of Bosanski Petrovac provenance measuring 407 cm in height and those of Olovo - Klis provenance 364 cm. Next shortest after the plants of Olovo - Klis provenance, for the entire period of the study, were those of Pale provenance, while next tallest after the plants of Bosanski Petrovac provenance in 1999 were those of Konjic provenance, in 2000 and 2001 those of Prozor provenance, and for the remainder of the period to 2005, those of Fojnica provenance.

Analysis of growth in height over a six-year period revealed that in the plants of all provenances, increase in height peaked in 2003, when the plants were 18 years old. An analysis of average periodic growth

showed statistically significant differences between provenances, with the highest value in plants of Bosanski Petrovac and Fojnica provenance, and the lowest in those of Olovo - Klis and Olovo - Palež provenance.

Statistically significant differences between provenances were also found in root collar diameter, with the greatest diameter in 2004 (19-year-old plants) found in those of Fojnica provenance, and the smallest in those of Olovo - Klis provenance. Also displaying the smallest root collar diameter were plants of Olovo - Palež and Pale provenance. Analysis of girth at breast height in 2004 also revealed significant differences between provenances. The highest value was in plants of Fojnica provenance, and the lowest in those of Pale provenance, closely followed by those of Olovo - Klis and Olovo - Palež provenance.

Variance analysis shows that there were significant differences in girth in 2004, in 19-year-old trees. The slenderest were those of Olovo - Palež provenance, and the least slender, those of Fojnica provenance.

We also found significant differences between provenances in the number of branches per whorl. In 2003, the most side shoots were found in plants of Sokolac provenance and the fewest in those of Pale provenance. In 2004 those of Sokolac provenance again had the greatest number of side shoots, while the fewest were among those of Konjic provenance. In 2004, the greatest number of side shoots was in plants of Olovo - Palež provenance and the fewest in those of Prozor provenance; the average number of side shoots in that year was 4.14.

In an analysis of the intrapopulation variability of Silver Fir height and girth, we found greater significant differences in those of Olovo - Klis, Bosanski Petrovac and Prozor provenance; those of other provenances did not display statistically significant differences.

The findings of the number of needles per cm, together with needle length and width, revealed significant differences between the provenances studied.

It may be concluded from the above that there are differences among populations from different ecological niches, or in other words that differences of ecological habitat result in morphological differentiation among populations.

A cpDNA study identified molecular-genetic variability in certain Silver Fir populations in Bosnia and Herzegovina and Croatia (Vranica,

Meka brda, Gorski kotar - adult, Gorski kotar - juvenile, Crni vrh, Čabulja, Orjen). Variability was studied at the molecular level by chloroplast DNA (cpDNA) analysis.

This analysis was used to study haplotype variability in Silver Fir, yielding significant differences in the number of haplotypes between populations.

The chloroplast DNA analysis, or more accurately the analysis of haplotype (H) numbers and the effective number of haplotypes (N_e) and haplotype diversity (H_{exp} and S_w), revealed the presence of differences between the populations studied, especially between small, isolated populations and large ones.

No great differences were identified between the adult and juvenile populations of Gorski kotar, indeed there were practically no difference between these populations, which show very minor genetic variations. Even so, the results obtained shows that studies at the molecular level should be conducted with greater subtlety.

This study is significant for further work on the breeding of Silver Fir and the regeneration of fir forests (afforestation and seed harvesting), and for the establishment of seed banks and genetic archives using *in situ* and *ex situ* methods.

Using mtDNA analysis, investigations of mitotype variability in Silver Fir yielded two mitotypes for Bosnia and Herzegovina. The first study of this kind was conducted by Gomory (2004), with further study for the purpose of obtaining a fuller genetic picture.

DNA analysis of mitotype numbers revealed differences between the populations studied, particularly between small, isolated populations and large ones, in terms of the presence of mitotypes. Variability of this kind has also been found in Croatia and Ukraine. The mitotype of central Europe is probably less resistant than the Balkan type, which is dominant in this country; hence our populations are probably rather more resistant than those from further west.

Future studies should focus on other Silver Fir populations in Bosnia and Herzegovina, and determine the hybridization zone between the central European and Balkan regions, using isoenzyme markers. Commercial regeneration of Silver Fir should be constantly monitored and should focus on maintaining the genetic diversity of local populations.

The method used provides a good picture of the mitotype genetic structure of the populations, on the basis of which the necessary measures to maintain genetic resources in the populations studied can be proposed.

The molecular genetic variability of 19 populations of Silver Fir in Bosnia and Herzegovina and five from neighbouring Croatia was also studied at the biochemical level, using isoenzymes.

By analysing 16 isoenzyme gene loci, we identified the presence of statistically significant differences between the populations studied; the variability identified in Silver Fir is clinal in nature in this part of its range, with numerous rare alleles.

It was found that the gene loci Pgi-A, Got-A and Sdh-K are typical of Silver Fir of the Balkan refuge, while the gene locus Fest-A is typical of the southern Italian refuge, i.e. the central European population. The genetic variants identified also suggest this; these were greatest between the populations of Gorski kotar and the other Silver Fir populations studied.

The Silver Fir from the small population at Biokovo belongs to the species *Abies alba*, with little heterozygosity, ruling out the presence of any new fir species in that area.

The greater heterozygosity of the studied populations by comparison with Silver Fir populations in western Europe reveals that the former have lost little of their genetic potential for adaptation, since they are not far from their refuge. These populations are probably somewhat more resistant than western populations, possessing as they do sufficient genetic variability.

In order to sustain the genetic resource, as dense a network as possible of gene banks should be established *in situ* and *ex situ* to maintain the genetic diversity of the populations. This would mean that each ecological niche of importance for Silver Fir should have its own gene bank, with an appropriate number of individuals, so as to preserve the ecological and physiological features of the population.

As regards the management and regeneration of natural resources, priority should always be given to natural regeneration, with constant monitoring of the genetic structure, so that steps can be promptly taken to maintain the genetic diversity typical of each population.



LIFEGENMON - LIFE Projekt praćenja Europskih šumskih genetskih sustava

Održivo gospodarenje šumama temelji se na dugoročnoj prilagodljivosti šumskih ekosustava i njihovih bioloških raznolikosti koje počinje na najnižoj, na razini gena. Šumski genetski nadzor (Forest genetic monitoring - FGM) je sustav ranog upozorenja odnosno pomoći u procjeni kakav je odgovor neke vrste na promjenu u okolišu, kroz dugoročni vremenski period. Genetski nadzor omogućuje promatranje promjena u populacijama kroz vremenski period, tako da se na temelju svih relevantnih komponenti može doći do određenih zaključaka i evaluacije posljedica. Šumski genetski nadzor uključuje prognozu, ali u isto vrijeme odgovarajućim metodama osigurava očuvanje i održavanje genetske varijabilnosti u prirodnim populacijama.

LIFEGENMON kombinira napore šest partnera iz tri države/zemlje (Njemačka/Bavarska, Grčke i Slovenije), te stručnjaka iz zemalja jugoistočne Europe, kako bi se pokrenuo sustav šumskog genetskog nadzora koji će osigurati pravodobni odgovor u planiranju gospodarenja šumama i prijetnjama prema šumskoj genetskoj raznolikosti, te kako bi se podržala održivost šuma u njihovom sadašnjem području rasprostranjenosti.

Ciljevi projekta su:

- Odrediti optimalne pokazatelje za praćenje promjena u genetskoj raznolikosti duž transekta od Bavarske do Grčke za dvije odabrane ciljne vrste: na staništima listača (*Fagus sylvatica*) i sastojinama četinjača (*Abies alba/Abies borisii-Regis* kompleksa);
- Pripremiti smjernice za šumski genetski nadzor, za dvije pobrojane vrste i još pet drugih vrsta šumskog drveća (*Populus nigra*, *Fraxinus excelsior*, *Pinus nigra*, *Prunus avium*, *Quercus petraea/robur* kompleksa), koje se razlikuju u biologiji i distribuciji, a u cilju provedbe FGM na nacionalnoj, regionalnoj i EU razini;
- Pripremiti priručnik o šumskom genetskom nadzoru i njegovoj provedbi na razini EU;
- Pripremiti sustav odlučivanja o optimalnom izboru razine FGM koji se temelji na odgovarajućim potrebama i sredstvima;
- Organizirati niz radionica/obuka za sektor šumarstva, kako bi ih se osposobilo za provođenje FGM prema standardiziranim postupcima na njihovom teritoriju;
- Pripremiti potrebne stručne dokumente/smjernice (za kreatore politike na nacionalnoj, regionalnoj i EU razini) koji će biti potpora razvoju mogućih novih legislativa na nacionalnim razinama, procesu "Forest Europe" te budućim europskim politikama i strategijama o šumarstvu i očuvanju šuma i biološke raznolikosti;
- Raspravljati i proširiti FGM među različitim ciljnim skupinama i šumoposjednicima s ciljem promicanja uporabe i rezultata ovog sustava ranog upozorenja kao alata za održivo gospodarenje šumama; i
- Uspostaviti dobre veze i suradnje kroz međunarodni tim šumarskih stručnjaka koji rade na FGM.

Projekt je započeo u srpnju 2014. i trajat će do lipnja 2020. Ukupna financijska sredstva su u iznosu od € 5.84m, od čega EU sudjeluje sa 49,9% (€ 2,7 milijuna); partneri u projektu moraju doprinijeti sa 50,1% iz vlastitih (nacionalnih) izvora.

Partneri u projektu su: Šumarski institut Slovenije (koordinator); Služba za šume Slovenije; Centar za informacijske usluge, suradnju i razvoj NVO; Bavarski državni ured za šumske sadnice i sadnju; Aristotelovo sveučilište u Solunu i Glavna-Uprava za šume i poljoprivredne poslove - decentralizirane administracije Makedonije - Trakije.



Silva
Slovenica



LIFE FOR EUROPEAN FOREST GENETIC MONITORING SYSTEM



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

ISBN 978-9926-8071-0-8