Populacijska varijabilnost običnoga bora (Pinus sylvestris L.) u Hrvatskoj prema morfološkim obilježjima listova i češera

Vuković, Marijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:445136

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2021-03-06**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

MARIJAN VUKOVIĆ

POPULACIJSKA VARIJABILNOST OBIČNOGA BORA (*Pinus sylvestris* L.) U HRVATSKOJ PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA LISTOVA I ČEŠERA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2020.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Predmet:	Dendrologija
Mentor:	Doc. dr. sc. Igor Poljak
Asistent – znanstveni novak:	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Studentica:	Marijan Vuković
JMBAG:	0068229343
Akad. godina:	2018./2019.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 4. rujna 2020. godine
Sadržaj rada:	Slika: 5 Tablica: 2 Stranica: 21 Navoda literature: 22

Sažetak:

Glavni cilj ovoga rada bio je utvrditi morfološku raznolikost i strukturiranost populacija običnoga bora (*Pinus sylvestris* L.) na području Male Kapele. U svakoj populaciji izabrano je po 10 stabala, a sa svakoga stabla po 30 zdravih i potpuno razvijenih iglica te po 30 češera. Morfometrijsko istraživanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi tri morfološke značajke iglica i sedam morfoloških značajki češera, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode. Istraživanjem je uočena niska varijabilnost za većinu mjerenih morfoloških značajki iglica i češera. Najvarijabilnije značajke bile su dužina iglice i rukavca i širina češera, a najmanje varijabilne bile su širina iglice i broj češernih ljuski. Analiza varijance ukazala je na postojanje statistički značajnih razlika na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini za većinu istraživanih svojstava.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

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

_____

vlastoručni potpis

Marijan Vuković

U Zagrebu, 12. kolovoza 2020. godine.

SADRŽAJ

UVOD 1
Morfologija i biologija istraživane vrste 1
Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste 2
Varijabilnost istraživane vrste 4
Primjena istraživane vrste 6
CILJ RADA 7
MATERIJAL I METODE 8
Područje istraživanja 8
Materijal 10
Morfometrijska analiza listova i češera 11
Statistička obrada podataka 11
REZULTATI 12
Deskriptivna statistika 12
Analiza varijance 16
Klasterska analiza 17
ZAKLJUČAK 19
LITERATURA 20

PREDGOVOR

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
Prvenstveno se zahvaljujem svome mentoru doc. dr. sc. Igoru Poljaku na danim savjetima i smjernicama, ne samo prilikom izrade završnog rada, nego tijekom cjelokupnog studiranja. Zahvaljujem se i asistentu Antoniju Vidakoviću, mag. ing. silv., na doprinosu prilikom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem i djelatnicima Šumarije Saborsko-Plaški na ustupljenim podacima. Najveću zahvalu želim iskazati svojoj obitelji i prijateljima na pruženoj ljubavi i podršci.

Marijan Vuković

U Zagrebu, 15. srpnja 2020. godine.

UVOD

Morfologija i biologija istraživane vrste

Pinus sylvestris L. znanstveni je naziv za vazdazelenu vrstu obični ili bijeli bor koja spada u porodicu borovki, tj. borova, Pinaceae. Obični bor je do 30 (40) m visoko stablo, prsnoga promjera debla do 1 m (Potočić 1980). Doživi starost oko 250 godina.

Krošnja je rijetka i prozračna (Slika 1). Grane formiraju pršljenove, a deblo je pravo, punodrvno i vitko. Kora debla je u donjem dijelu izbrazdana i sivosmeđa, a u gornjem dijelu crvenkastonarančasta i ljušti se u tankim ljuskama (Herman 1971; Vidaković 1993; Šilić 2005). Korijenov sustav čini jaka žila srčanica i brojno bočno korijenje. Izbojci su u početku zelenkastožuti, a kasnije sivosmeđi. Pupovi su jajoliko-valjkasti, zaobljeni, 6-12 mm dugački, crvenkastosmeđi i smolasti, priklonjenih ljusaka s manje-više slobodnim resastim vrhovima. Iglice su po dvije u čupercima na kratkim izbojcima. Dugačke su 4-6 (-8) cm i do 2 mm široke, savitljive, pri vrhu šiljaste, na rubu fino napiljene, često blago spiralno uvijene (usukane). Sivkastozelene do plavkastozelene su boje i ostaju na granama dvije do tri godine, a na višim nadmorskim visinama znaju i duže. Smolenice su smještene uz epidermu. Rukavci oko iglica su trajni.

Jednodomna je vrsta jednospolnih, anemofilnih cvjetova. Muški cvjetovi građeni su od puno prašničkih listova zavojito raspoređenih oko središnje osi, od kojih svaki nosi dvije peludnice. Više cvjetova zajedno nalazi se pri osnovi ovogodišnjih izbojaka. Ženski cvjetovi su u kuglastim, svjetlocrvenim do grimiznocrvenim češerastim cvatovima veličine 5-6 mm. Plodni listovi raspoređeni su zavojito oko središnje osi. Cvatovi su uspravni, pojedinačni ili po nekoliko zajedno pri vrhu ovogodišnjih dugih izbojaka. Cvjeta za vrijeme listanja u travnju i svibnju ovisno o nadmorskoj visini (Šilić 2005; Idžojtić 1996, 2013).

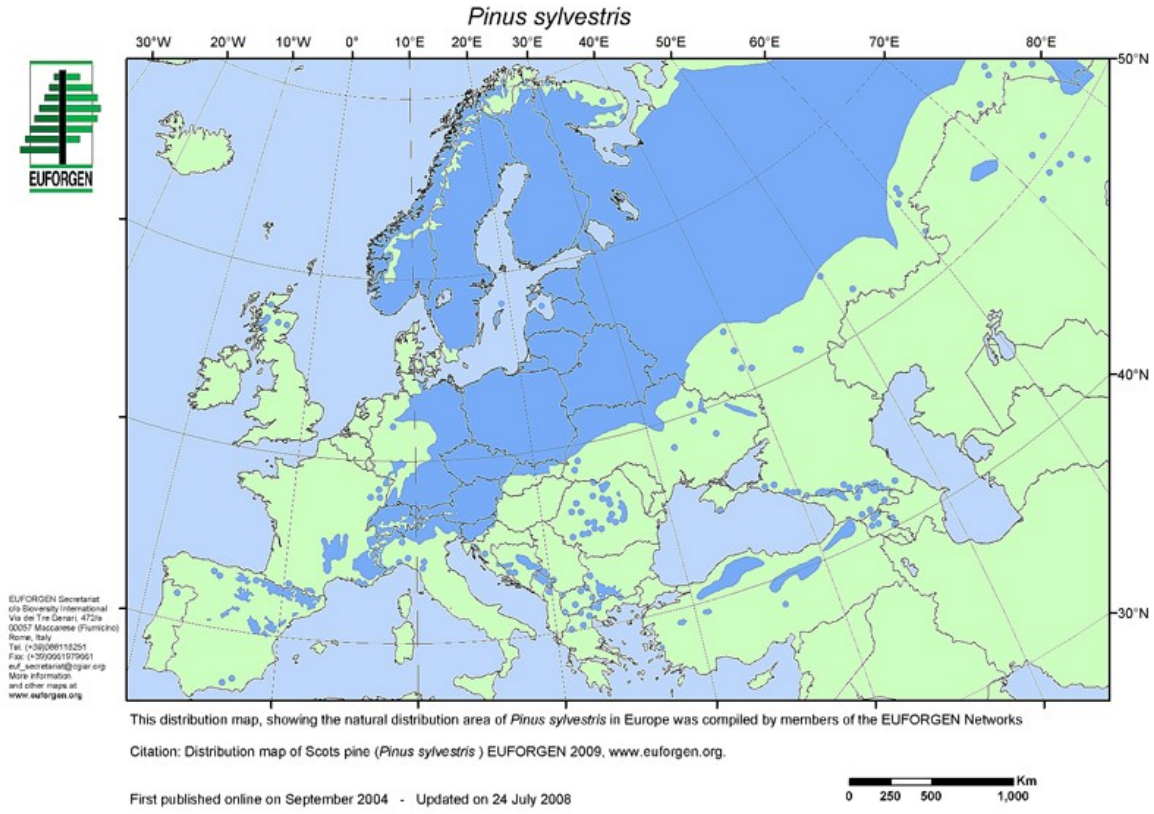
Češeri su jajasti ili jajasto stožasti, smješteni na prema dolje povijenim stapkama, 3-7 cm dugački i 2-3,5 cm široki. Tijekom dozrijevanja mijenjaju boju od zelene, sivkastosmeđe, do smeđe ili žućkastosmeđe. Plodne ljuske su drvenaste, u gornjem dijelu imaju štitić koji je rombičan i plosnat ili izbočen s više ili manje izraženim poprečnim grebenom. Na sredini štitića nalazi se grbica sa sitnim šiljkom. S unutrašnje strane plodne ljuske nose po dvije sjemenke. Pokrovne ljuske su zakržljale. Sjemenke su različito obojene, većinom tamnosive do crnkaste ili su svjetlosmeđe i smeđe do crno mrljave. Dugačke su 4-5 mm, a široke 2-3 mm. Na vrhu su okriljene tankim, sjajnim, bjelkastosmeđim 1,5-2,2 cm duga-

čkim krilcem koji sjemenku obuhvaća poput kliješta i lako se od nje odvaja. Masa 1000 sjemenki je oko 6,5 g. Dozrijevaju od rujna do studenog sljedeće godine. Plodne ljuske se razdvajaju i oslobađaju sjemenke u ožujku i travnju sljedeće godine. Prazni češeri većinom na stablu ostaju do jeseni. Sjemenke su anemohorne (Idžojtić 2013).

Slika 1. Obični bor - *Pinus sylvestris* L.

Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste

Obični bor je najrasprostranjeniji bor. Dolazi u Euroaziji, od Škotske i Skandinavije na sjeveru do Pirinejskog poluotoka, s odijeljenim nalazištima na jugu i u centralnom dijelu Španjolske, zatim u južnoj i srednjoj Europi te na jugu do sjeverne Grčke (Slika 2). U Aziji dolazi do središnje Turske, gdje mu je južna granica rasprostranjenosti, do Kavkaza, zatim do sjeverne Mandžurije i Ohotskog mora. Visinska rasprostranjenost od 220 do 2700 m nadmorske visine, ovisno o geografskoj širini (Vidaković 1993; Idžojtić 1996).



Slika 2. Prirodna rasprostranjenost običnoga bora (*Pinus sylvestris* L.), EUFORGEN 2009. URL: http://www.euforgen.org/species/pinus-sylvestris/

Izraziti je heliofit koji posjeduje široku ekološku valenciju u pogledu topline, vode te fizikalnih i kemijskih svojstava tla. Ekološki optimum postiže u vlažnim i kiselim, suhim i kiselim te suhim i bazičnim tlima. U te biotope on se povlači pred agresivnim vrstama drveća poput obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) ili obične jele (*Abies alba* Mill.) koje zauzimaju bolja staništa. U uvjetima bez konkurencije (šumske kulture običnoga bora) najbolje prinose daje u dubokim prozračnim tlima dobrih fizikalnih i kemijskih svojstava. Često stvara manje „čiste“ sastojine ili je pomiješan s ostalim četinjačama, naročito s crnim borom (*Pinus nigra* Arnold) na zbijenim i skeletnim tlima, redovno vrlo nepovoljnim za listače. Prirodno se pomlađuju samo na širokim progalama ili na rubovima šuma. U sjevernim krajevima, na rahlom i pjeskovitom tlu, pomiješan je i u sastojinama kitnjaka i breze, zatim na suhom nanosu rijeka, na rubu močvara i na cretištima, uvijek u pratnji stepskih šuma ili biljaka crnogoričnih šuma. U Alpama raste u reliktnim zajednicama četinjača. Relativno dobro podnosi dim, tvorničku prašinu i štetne plinove (Potočić 1980).

U Hrvatskoj običnoga bora od prirode ima samo na Maloj Kapeli (nedaleko od Plitvičkih jezera) i nešto malo u dolini rijeke Kupe (Gorski kotar). Najčešće raste u mješovitim sastojinama sa smrekom (*Picea abies* L.), jelom i crnim borom na različitim geološkim podlogama (Herman 1971; Idžojtić 1996). Na području Male Kapele tvori šumsku zajednicu običnoga bora i crnoga kukurijeka (*Helleboro nigri-Pinetum sylvestris* Horvat 1958). Prisutnost običnoga bora u širem području Plitvičkih jezera povezana je s njegovom migracijom prema jugu tijekom ledenog doba (glacijala), gdje je upravo na graničnom području prema Sredozemlju došao u dodir s crnim borom (Vukelić 2012).

Varijabilnost istraživane vrste

S obzirom na to da obični bor raste na velikom području, gdje postoje velike klimatske i stanišne razlike, razumljivo je da ovu vrstu karakterizira velika ekološka amplituda i da ona ima veći broj ekotipova, od kojih su mnoge opisane kao unutarvrsni taksoni (Potočić 1980; Mátyás i sur. 2004). Na osnovi dosadašnjih istraživanja izoenzima (Vidaković 1993) možemo reći da je obični bor visoko polimorfna vrsta u koje je niska međupopulacijska varijabilnost. S druge strane, unutarpopulacijska varijabilnost je visoka i prema podacima za europske populacije iznosi 95-98 %.

Postoje podaci da su kvalitativna svojstva, kao zakrivljenost debla, broj grana u pršljenu, kut insercije grana, rašljavost, fascijacije i dr. pod većom genskom kontrolom nego što su pod utjecajem okoline. Hibridizacija između različitih provenijencija i rasa u nekim slučajevima daje heterotično potomstvo, a uspjeh ovisi i o roditeljskim parovima. Usprkos činjenici da se areal običnog bora preklapa s arealom mnogih drugih vrsta borova, vrlo je malo dokaza o spontanom međuvrsnom križanju ove vrste. Utvrđeni su jedino hibridi običnog bora s japanskim crvenim borom (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), planinskim borom (*Pinus mugo* Terra) i crnim borom (Herman 1971; Potočić 1980; Vidaković 1993).

Dosadašnja istraživanja varijabilnosti običnoga bora pokazala su da u ove vrste postoji velika varijabilnost na razini rasa, premda se neke rase (ekotipovi) nisu mogle jasno definirati i razlikovati od drugih. Jasińska i sur. (2014) navodi dvije podvrste običnoga bora, *P. sylvestris* subsp. *sylvestris* s područja zapadne Europe i *P. sylvestris* subsp. *hamata* (Steven) Fomin s Krima i Anatolije. Tu "istočnu" podvrstu karakteriziraju češerne ljuske s konveksnim, kukastim grbicama te plavozelene iglice s 4 do 8 smolnih kanala. Unutar podrvrste *sylvestris* opisano je nekoliko varijeteta na Pirinejskom poluotoku.

Prema Svobodi (1953) navode se dva osnovna ekotipa, mlađi, nizinski ili sjeverni obični bor (*P. sylvestris septentrionalis* Schott) i stariji, reliktni, gorski bor (*P. sylvestris montana*). Ovi tipovi razlikuju se međusobno po fiziološkim i ekološkim svojstvima, cenozama što ih tvore, svojom poviješću, a većinom i morfološkim svojstvima, osobito habitusom. Nizinski obični bor, na svojem sjevernom arealu tvori prostrane, gotovo suvisle sastojine u golemom, većinom nizinskom području sjeverne i srednje Europe te azijskog dijela Rusije. Gorski obični bor je rasprostranjen u južnom arealu vrste, tj. u brdskom kraju zapadne, srednje i južne Europe, tvoreći samo izolirana nalazišta na ekstremno lošim staništima. Ova nalazišta predstavljaju samo ostatke areala koji je još u ranom postglacijalu bio kontinuiran. Na sadašnja reliktna nalazišta, bio je potisnut od strane kasnije pridošlih vrsta, osobito od obične jele, smreke i bukve. Navedeni osnovni tipovi dijele se na mnogobrojne uže geografske ekotipove koji se osobito u gorskoga običnoga bora, od tipa razlikuju kako morfološkim tako i fiziološkim svojstvima. Međutim, u sistematskom pogledu različiti autori tretiraju ove ekotipove različito (Herman 1971). Dok jedni definiraju neke od njih posebnim vrstama, drugi opisuju ekotipove kao podvrste, a treći pak klimatipovima, tj. klimatskim rasama. Smatra se da najbolje rase običnoga bora možemo naći u istočnom dijelu središnje Europe (Latvija, Bjelorusija, Poljska i Brandenburg), dok kvaliteta rasa opada u svim pravcima od ove središnje regije. Važna karakteristika ovog srednjoeuropskog običnog bora jest posebno velika adaptivnost.

Prema Farjonu (2010) i WFO (2020), tri su varijeteta običnoga bora: var. *sylvestris*, var. *hamata* Steven i var. *mongholica* Litv. Tipični varijetet rasprostranjen je u Europi i Aziji, od sjeverne Španjolske i Škotske na zapadu do ruskog dalekog istoka te od Laponije na sjeveru do Turske na jugu. Mladi izbojci su svjetlosmeđi, hrapavi, s lisnim jastučićima. Ljuske pupova su crvenkastosmeđe. Iglice su 5-7 (-8) cm dugačke. Češeri su varijabilni, do 7 cm dugački. Ovom varijetetu pripadaju i hrvatske populacije običnoga bora. Drugi varijetet, var. *hamata*, rasprostranjen je na Krimu, Kavkazu i u Turskoj. Mladi izbojci su blijedo žuti, kasnije sivi. Iglice su plavkaste, 2-7 cm dugačke, šiljatog vrha. Češeri su manji, 2-5,5 cm dugački. Treći varijetet, var. *mongolica*, rasprostranjen je u istočnom Sibiru, Kini i sjevernoj Mongoliji (vrlo rijetko). Odlikuje se glatkim, sivkastozelenim mladim izbojcima. Ljuske pupova su blijedo smeđe ili blijedo žućkastosmeđe. Iglice su 4-12 cm dugačke.

Primjena istraživane vrste

Drvo običnoga bora male je težine i mekano, osrednje čvrsto te elastično zbog čega se lako cijepa i dobro obrađuje. Uteže se živo. Ogrjevna snaga mu je osrednja, a srž trajna. Upotrebljivo je u građevinarstvu i stolarstvu (za podove, prozore, namještaj i sl.), kao rudničko drvo i celulozno drvo, za pragove, stupove za vodove, fibrinske ploče, drvni ugljen itd. Najvažniji sporedni proizvod je smola koja se dobiva zarezivanjem debla, tj. procesom smolarenja. Destilacijom otpadaka i panjevine proizvodi se terpentin i katran, a iz iglica se dobiva eterično ulje (Herman 1971).

CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je utvrditi unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost običnoga bora na području Male Kapele u Hrvatskoj na osnovi morfologije iglica i češera.

MATERIJAL I METODE

Područje istraživanja

Kapela je planinski masiv u Gorskome kotaru i Lici. Pruža se od Mrkopaljskog i Ravnogorskoga polja na sjeverozapadu do Plitvičkih jezera i Koreničkoga polja na jugoistoku, u duljini oko 100 km. To prostrano planinsko područje zauzima oko 4650 km². Prijevoj Kapela (Vrh Kapele, 887 m) raščlanjuje masiv na višu Veliku Kapelu (Bjelolasica, 1536 m) te nižu i dulju Malu Kapelu (Seliški ili Selički vrh, 1279 m). U građi prevladavaju vapnenci i dolomiti; razvijen je krš (špilje, jame, polja u kršu i dr.). Klima je planinska (kratka ljeta te duge i oštre zime s mnogo snijega), s maksimumom oborina u studenome i prosincu. Unatoč obilju oborina (2000 do 3500 mm godišnje) masiv je bezvodan. Vode otječu u brojne rijeke, većinom podzemnim putem, tj. ponornicama (Kapela 2020).

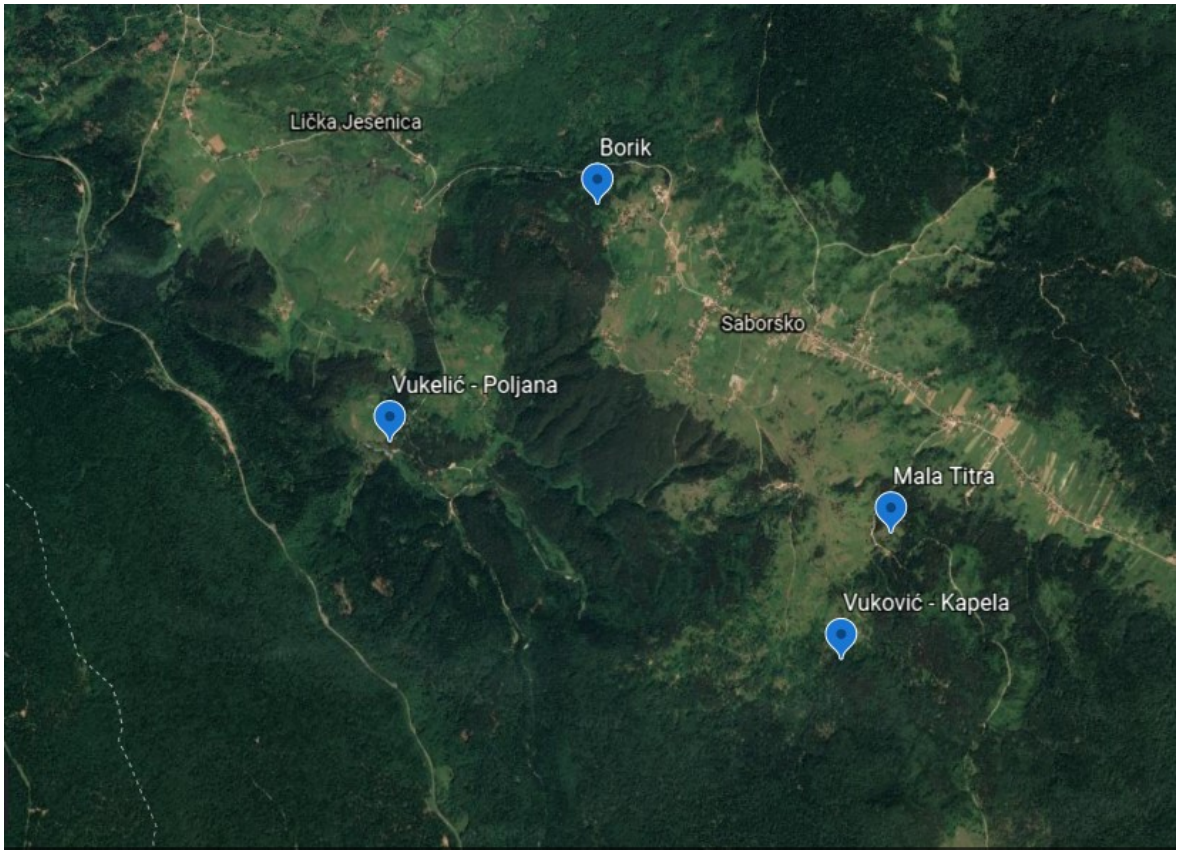
Područje Male Kapele uglavnom pripada krednoj formaciji, koja je zastupana s više facijesa. Među njima se ističu s jedne strane različiti vapnenci, a s druge dolomiti i dolomitni vapnenci. Glavno bilo Kapele od Velikog Javornika (1141 m) do Seliškog vrha (1279 m) izgrađeno je od rudistnih vapnenaca gornje krede, a obrub čini s obje strane dolomit gornje krede, koji zauzima široki pojas sve do ruba Gackog polja, pa preko Vrhovina seže do Plitvičkih jezera. Prema Veljunu nalazi se ponovno pojas rudistnog vapnenca, a isto tako i na sjevernoj strani Kapele gdje ispod zone dolomita seže na pravcu od Saborskog preko Kozjaka na Priboj. U geomorfološkom pogledu razlikuju se neobično vapnenački i dolomitni grebeni i glavice. Vapnenci, koji su uglavnom prekriveni šumom bukve i jele, ističu se oštrim konturama, a dolomiti obrasli borovim i smrekovim šumama imaju oble forme. Najljepše borove šume nalaze se oko Vrhovina, Rudopolja i Babinog Potoka, gdje okružuju polja, što se prostiru s obje strane ceste. One zauzimaju grebene i tople, suncu izložene obronke, dok se u uvalama i na sjevernim padinama razvila šuma smreke. Sličnu sliku nalazimo i na sjevernim padinama Male Kapele oko Saborskog, pa se i tamo na dolomitima javljaju borove šume. Kao ekstrazonalne, reliktne zajednice uklopile su se borove i smrekove šume Male Kapele u područje klimatogene vegetacije bukve i jele i dokazuju kako je dolomitno gorje u fizionomskom, ekološkom i vegetacijskom pogledu različito od vapnenačkog (Horvat 1958).

Istraživanje je provedeno na području Šumarije Saborsko-Plaški, unutar Gospodarske jedinice “Titra – Javornik” koja se prostire u centralnom dijelu masiva Male Kapele te obuhvaća istočne i sjeverne obronke njenog glavnog bila, dok je manjim dijelom uzorak obuhvaćen iz privatnih šuma. Lokaliteti uzetih uzoraka uz priloženu nadmorsku visinu prikupljanja su Borik (560-711 m), Kapela (710-770 m), Vukelić - Poljana (470-525 m) i Mala Titra (705-730 m).

Za gospodarsku jedinicu “Titra – Javornik” karakteristična je perhumidna klima. Relativno mala udaljenost Jadrana, ima za posljedicu maritimnog utjecaja na kontinentalnu klimu ovog područja, ponekad je jači utjecaj toplih i vlažnih zračnih masa iz Sredozemlja ili pak prevladava prodor hladnog kontinentalnog zraka sa sasvim drugim vremenskim i klimatskim karakteristikama. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, ova jedinica pripada umjereno toplom kišnom tipu klime "cfsbx" kojega karakterizira podjednaka raspodjela oborina tokom čitave godine, nema sušnog perioda, a najsušniji dio je u toku ljetnog perioda. Maksimumu oborina u početku toplog djela godine pridružuje se maksimum u kasnoj jeseni. U smislu klasifikacije prema Walteru, ovaj kraj pripada umjereno hladnom klimatu s izrazitim, ali ne dugim hladnim razdobljem godine. Prosječna godišnja temperatura zraka (10,2 °C) opada s porastom nadmorske visine i varira u pojedinim godinama. Najhladniji je siječanj (-0,5–0,3 °C) dok je najtopliji srpanj (19,2–19,9 °C). Apsolutna maksimalna temperatura zraka od 39,5 °C zabilježena je 5. lipnja 1950. godine, dok je apsolutna minimalna od -28,5 °C zabilježena 17. veljače 1956. godine. Ovo područje ima 6 hladnih mjeseci (temperatura niža od 10 °C), a isto toliko umjerenih mjeseci (temperatura zraka 10–20 °C). Nijedan mjesec nije zabilježen sa srednjom temperaturom iznad 20 °C. Također treba uvažavati i moguće temperaturne inverzije, koje su uvjetovane reljefom i nadmorskom visinom. Godišnji hodovi oborina pokazuju karakterističan modificiran mediteranski pluviometrijski režim s maksimalnom količinom padalina u X. i XI. mjesecu. Najviše je oborina u jesen, dok su mjesečna i dnevna kolebanja velika. Tako količina padalina varira u V. mjesecu od 0 do 273 mm. U X. mjesecu od 0 do 455 mm, a ekstremnih godina razlika je 800 mm. Maksimalna dnevna količina od 82,7 mm, zabilježena je 30. lipnja 1959 godine, a prosječni broj dana u godini s oborinama je 158,3 dana. Minimalne i maksimalne srednje vrijednosti godišnjih količina oborina kreću se od 1106 do 2023 mm (razdoblje 1960.–1990. godine). Srednji broj dana sa snijegom na tlu (1 cm) godišnje iznosi 54,2 dana. Osim snijega česta je pojava tuče koja je zabilježena u gotovo svim mjesecima, a godišnji prosjek iznosi 2,1 dan. Vrlo je česta pojava stvaranje leda na krošnjama drveća koje izaziva prelome stabala i lomove grana.

Materijal

U istraživanje uključene su četiri prirodne populacije običnoga bora u Hrvatskoj s područja Male Kapele (Slika 3). Terenska istraživanja provedena su u ožujku 2020. godine. Terenski rad uključivao je fotografiranje te sakupljanje biljnoga materijala, češera i iglica, za morfometrijsku analizu. U svakoj populaciji izabrano je po 10 stabala, a sa svakoga stabla po 30 zdravih i potpuno razvijenih iglica te po 30 češera.



Slika 3. Područje istraživanja.

Morfometrijska analiza listova i češera

Sakupljeni biljni materijal obrađen je na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku.

Listovi (iglice) su skenirani sa skenerom MICROTEK ScanMaker 4800, pomoću računalnog programa WinFOLIA, napravljenog posebno za vršenje preciznih morfoloških mjerenja lista. Podaci koji su nastali u programu WinFOLIA pohranjeni su u standardnim ASCII tekstualnim datotekama, koje se lako otvaraju programima za statistiku ili proračunskim tablicama kao što je Microsoft Office Excel. Na iglicama su mjerene sljedeće morfološke značajke: dužina iglice (NL); širina iglice (NW); i dužina rukavca (NSL).

Digitalnim pomičnim mjerilom određene su sljedeće morfološke značajke češera: dužina češera (CL), najveća širina češera (CW), dužina stapke (SL), visina štitića (AL), širina štitića (AW) i udaljenost od sredine grbice do vrha štitića (DAU). Osim toga, za svaki češer određen je i ukupni broj češernih ljusaka (CSN).

Statistička obrada podataka

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina ($\bar{x}$), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV%). Testirana je i normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test).

Za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti korištena je univarijatna analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori varijabilnosti bili su populacija i jedinka, na način da je faktor "jedinka" ugniježđen unutar faktora "populacija".

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti između istraživanih populacija korištena je *cluster* analiza. Analiza je rađena hijerarhijskom metodom udruživanja objekata pri čemu je izrađeno horizontalno hijerarhijsko stablo. Za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata korištene su Euklidove udaljenosti, a za udruživanje *clustera Complete Linkage* metoda.

Kod statističke obrade podataka korišten je programski paket Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

REZULTATI

Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statističke analize prikazani su u tablici 1 po populacijama (N = 300) te ukupno za sve populacije (N = 1200). Za svaku mjerenu morfološku značajku po populacijama prikazani su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina ($\overline{x}$), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (CV%).

Dužina češera (CL)

Dužina češera za četiri istraživane populacije običnog bora u prosijeku iznosi 42,02 mm (ukupni CV=17,96 %). Najveću dužinu češera nalazimo u populaciji Borik (CL=45,89 mm), a najmanju u populaciji Vukelić Poljana (CL=35,46 mm). Koeficijent varijabilnosti najveći je unutar populacije Kapela, CV=19,11 %, dok je u populaciji Mala Titra najmanji, CV=12,47 %.

Najveća širina češera (CW)

Prosječna najveća širina češera u ukupnom uzorku iznosi 20,87 mm (ukupni CV=14,67 %). Najveću širinu češera nalazimo u populaciji Kapela koja iznosi 22,02 mm, dok je najmanja, kao i u prethodne značajke, u populaciji Vukelić Poljana, CW=18,63 mm. Koeficijent varijabilnosti najveći je unutar populacije Kapela i iznosi 14,69 %, a najmanji u populaciji Mala Titra te iznosi 9,37 %.

Dužina stapke (SL)

Prosječna dužina stapke u ukupnom uzorku iznosi 8,52 mm (ukupni CV=14,17 %). Najveća dužina stapke je u populaciji Borik (9,38 mm), a najkraća stapka je u populaciji Vukelić Poljana (7,75 mm). Koeficijenti varijabilnosti kreću se u rasponu od 10,74 % za populaciju Mala Titra do 13,66 % za populaciju Kapela.

Visina štitića (AL)

Prosječna visina štitića u ukupnom uzorku iznosi 7,41 mm (ukupni CV=15,42 %). Najveću visinu štitića ima populacija Borik koja iznosi 8,44 mm, a najmanju ima populacija Vukelić Poljana sa 6,82 mm. Koeficijent varijabilnosti najveći je unutar populacije Borik (13,85 %), a najmanji je unutar populacije Mala Titra (10,95 %).

Širina štitića (AW)

Prosječna širina štitića ukupnog uzorka iznosi 9,01 mm. Najveću širinu štitića nalazimo u populaciji Borik (9,52 mm), a najmanju, kao i u prethodne značajke u populaciji Vukelić Poljana (8,14 mm). Koeficijenti varijabilnosti kreću se u rasponu od 16,47 % za populaciju Kapela do 22,60 % za populaciju Vukelić Poljana. Ova značajka pokazuje najveću varijabilnost od svih ostalih ispitivanih značajki (CV=19,70 %).

Dužina mjerena od sredine grbice do vrha štitića (DAU).

Prosječna dužina mjerena od sredine grbice do vrha štitića iznosi 4,56 mm (CV=13,00 %). Najveću vrijednost navedene značajke ima populacija Kapela (4,86 mm), a najmanju populacija Vukelić Poljana (4,24 mm) koja ujedno ima i najmanji koeficijent varijabilnosti za značajku DAU (10,21 %). Najveći koeficijent varijabilnosti za dužinu mjerenu od sredine grbice do vrha štitića zabilježen je za populaciju Borik (12,29 %).

Ukupni broj češernih ljusaka (CSN).

Ukupni broj češernih ljusaka za sve četiri populacije običnoga bora u prosijeku iznosi 76,91 (CV=11,52 %). Najveći broj češernih ljusaka utvrđen je u populacije Kapela (CSN=80,43), a najmanji u populacije Vukelić Poljana (CSN=70,84). Koeficijenti varijabilnosti se kreću u rasponu od 9,04 % za populaciju Mala Titra do 11,2 % za populaciju Borik.

Dužina iglice (NL)

Prosječna dužina iglice u ukupnom uzorku iznosi 55,83 mm (CV=17,40 %). Najduže iglice odlikuju populaciju Kapela (NL=61,74 mm), a najkraće populaciju Mala Titra (NL=52,36 mm). Najveća varijabilnost za navedenu značajku zabilježena je unutar populacije Kapela (CV=19,05 %), a najmanja unutar populacije Vukelić Poljana (CV=13,99 %).

Najveća širina iglice (NW)

Najveća širina iglice za sve četiri ispitivane populacije u prosjeku iznosi 1,69 mm. Najšire iglice ima populacija Mala Titra (NW=1,82 mm), dok najuže ima populacija Borik (NW=1,57 mm). Koeficijenti varijabilnosti kreću se u rasponu od 6,31 % za populaciju Vukelić Poljana do 11,26 % za populaciju Borik. Ovo svojstvo (CV=10,65 %) pokazuje najmanju varijabilnost od svih ostalih ispitivanih značajki.

Dužina rukavca (CSN)

Prosječna dužina rukavca u ukupnom uzorku iznosi 3,85 mm (CV=17,87 %). Najduži rukavci prisutni su u populaciji Mala Titra (4,23 mm), a najkraći u populaciji Kapela (3,65 mm). Koeficijent varijabilnosti najveći je unutar populacije Kapela (CV=19,82 %), a najmanji unutar populacije Mala Titra (CV=13,38 %).

Tablica 1. Deskriptivni statistički pokazatelji.

Populacija	Deskriptivni pokazatelj	Značajka									
		CL (mm)	CW (mm)	SL (mm)	AL (mm)	AW (mm)	DAU (mm)	CSN	NL (mm)	NW (mm)	CSN (mm)
Borik	M	45,89	21,41	9,38	8,44	9,52	4,82	76,24	55,10	1,57	3,81
	SD	6,10	3,14	1,23	1,17	1,89	0,59	8,58	8,20	0,18	0,76
	CV (%)	13,29	14,65	13,09	13,85	19,83	12,29	11,25	14,89	11,26	19,81
Kapela	M	43,34	22,02	8,65	7,50	9,25	4,86	80,43	61,74	1,65	3,65
	SD	8,28	3,24	1,18	0,98	1,52	0,54	8,12	11,76	0,16	0,72
	CV (%)	19,11	14,69	13,66	13,05	16,47	11,21	10,09	19,05	9,81	19,82
Mala Titra	M	43,39	21,42	8,30	6,90	9,12	4,33	80,12	52,36	1,82	4,23
	SD	5,41	2,01	0,89	0,75	1,51	0,52	7,24	8,05	0,16	0,57
	CV (%)	12,47	9,37	10,74	10,95	16,52	11,97	9,04	15,38	9,08	13,38
Vukelić Poljana	M	35,46	18,63	7,75	6,82	8,14	4,24	70,84	54,13	1,74	3,68
	SD	5,61	2,51	0,86	0,81	1,84	0,43	7,90	7,57	0,11	0,51
	CV (%)	15,81	13,49	11,14	11,91	22,60	10,11	11,15	13,99	6,31	13,94
Ukupno	M	42,02	20,87	8,52	7,41	9,01	4,56	76,91	55,83	1,69	3,85
	SD	7,55	3,06	1,21	1,14	1,77	0,59	8,86	9,71	0,18	0,69
	CV (%)	17,96	14,67	14,17	15,42	19,70	13,00	11,52	17,40	10,65	17,87

Maksimalne vrijednosti označene su zelenom, a minimalne crvenom bojom.

Analiza varijance

Rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA) prikazani su u tablici 2. Stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju za sva analizirana svojstva. Razlikovanje populacija nije bilo statistički značajno za značajku dužina stapke (SL). Populacije se na razini signifikantnosti 0,01 razlikuju za sljedeće značajke: maksimalna širina iglice (NW), dužina rukavca (CSN), dužina češera (CL), širina češera (CW), dužina štitića (AL), širina štitića (AW), dužina mjerena od grbice do vrha štitića (DAU) i broj češernih ljusaka (CSN). Na razini 0,05 razlikovanje između populacija bilo je statistički značajno za značajku dužina iglice (NL).

Tablica 2. Univarijatna analiza varijance (ANOVA).

Značajka	Sastavnice varijance	df	F	Postotak varijabilnosti	p-vrijednost
NL	Populacija	3	3,46	12,13	0,02622
	Stablo (Populacija)	36	37,08	47,98	0,00000
	Greška			39,89	
NW	Populacija	3	10,71	28,78	0,00003
	Stablo (Populacija)	36	20,65	28,19	0,00000
	Greška			43,03	
NSL	Populacija	3	4,91	11,65	0,00581
	Stablo (Populacija)	36	14,75	27,77	0,00000
	Greška			60,58	
CL	Populacija	3	11,00	30,13	0,00003
	Stablo (Populacija)	36	21,99	28,77	0,00000
	Greška			41,11	
CW	Populacija	3	5,81	19,21	0,00241
	Stablo (Populacija)	36	28,32	38,51	0,00000
	Greška			42,29	
AL	Populacija	3	8,37	26,08	0,00024
	Stablo (Populacija)	36	26,65	34,07	0,00000
	Greška			39,85	
AW	Populacija	3	10,50	35,05	0,00004
	Stablo (Populacija)	36	38,17	35,94	0,00000
	Greška			29,01	
SL	Populacija	3	2,71	7,07	0,05914
	Stablo (Populacija)	36	23,12	39,44	0,00000
	Greška			53,49	
DAU	Populacija	3	6,60	23,21	0,00114
	Stablo (Populacija)	36	34,05	40,25	0,00000
	Greška			36,54	
CSN	Populacija	3	6,04	20,01	0,00193
	Stablo (Populacija)	36	28,57	38,31	0,00000
	Greška			41,68	

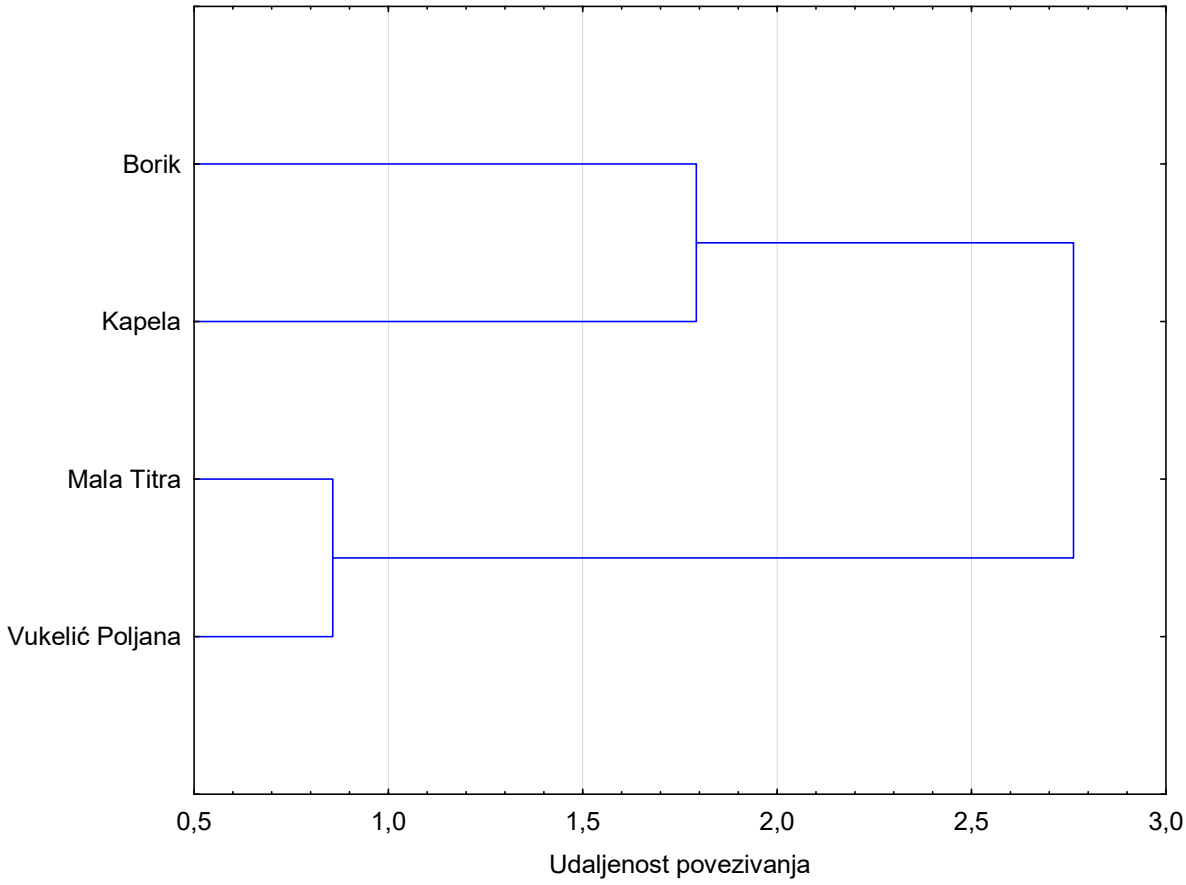
Statistički značajne p-vrijednosti označene su crvenom bojom.

Klasterska analiza

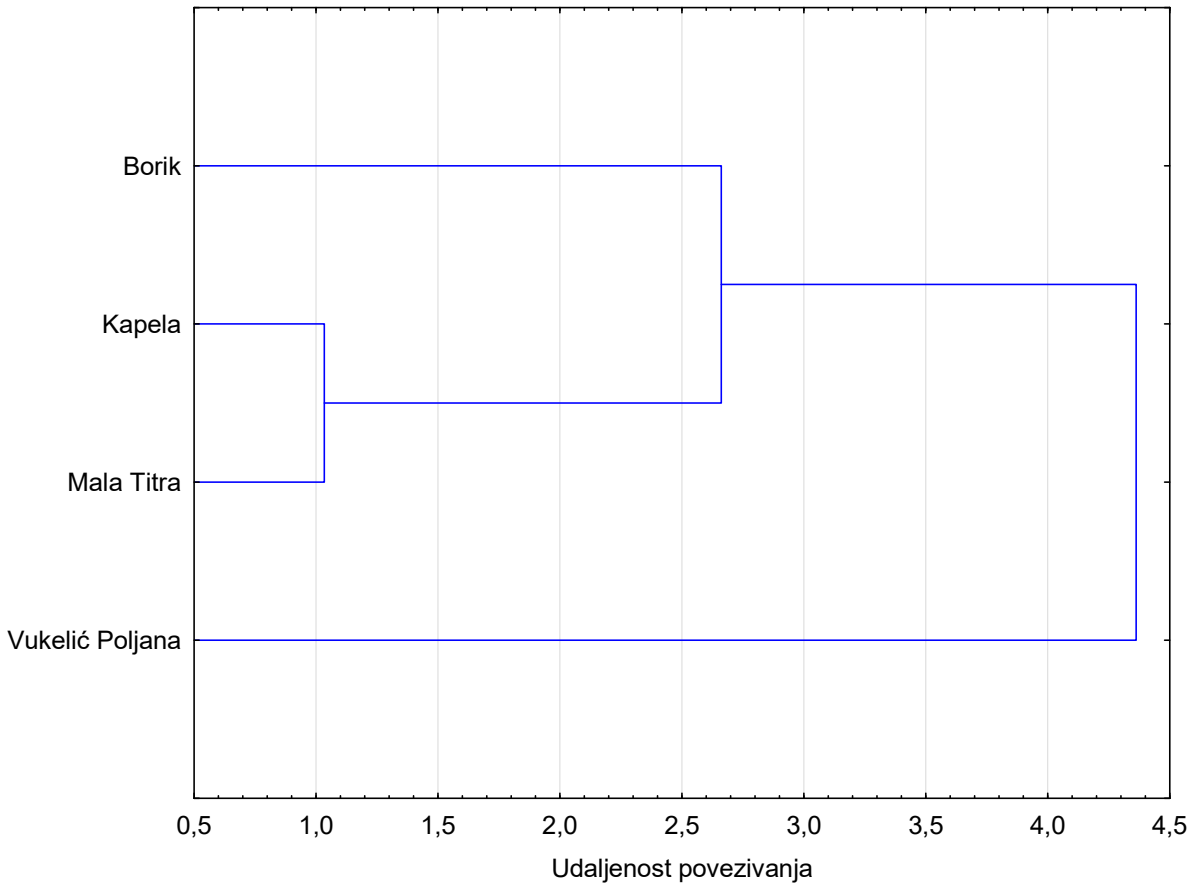
Na slikama 4 i 5 je prikazano horizontalno hijerarhijsko stablo (dendrogram) za četiri analizirane populacije običnoga bora na području Male Kapele.

Iz dendrograma, koji se temelji na morfološkoj varijabilnosti iglica, je vidljivo da se prema morfološkim svojstvima iglica populacije običnoga bora na području Male Kapele mogu podijeliti u dvije skupine. Prvu skupinu sačinjavaju populacije Vukelić Poljana i Mala Titra, a drugu Borik i Kapela.

Iz dendrograma na slici 5, temeljenog na morfološkoj varijabilnosti češera, jasno se nazire odvajanje populacije Vukelić Poljana od ostalih istraživanih populacija. Međusobno najsličnije populacije običnoga bora na osnovi morfologije češera su Kapela i Mala Titra.



Slika 4. Horizontalno hijerarhijsko stablo (dendrogram) za analizirane populacije običnoga bora na osnovi morfološke varijabilnosti iglica.



Slika 5. Horizontalno hijerarhijsko stablo (dendrogram) za analizirane populacije običnoga bora na osnovi morfološke varijabilnosti češera.

ZAKLJUČAK

Budući da obični bor ima izrazito veliko područje rasprostiranja gdje su prisutne velike klimatske i stanišne razlike ovu vrstu odlikuje velika morfološka i genetička varijabilnost (Bobowicz i Radziejewska 1989; Urbaniak i sur. 2003; Mátyás i sur. 2004; Jasińska i sur. 2014; Köbölkuti i sur. 2017; Łabiszak i sur. 2017; Batkhuu i sur. 2020).

Na području Hrvatske od prirode nailazimo isključivo na reliktne populacije običnoga bora na relativno malom području, među koje prvenstveno spadaju populacije s područja Male Kapele.

Provedenim istraživanjem na sjeverozapadnom području Male Kapele, uočena je niska varijabilnost za većinu mjerenih morfoloških značajki iglica i češera. Najvarijabilnije značajke bile su dužina iglice i rukavca i širina češera, a najmanje varijabilne bile su širina iglice i broj češernih ljuski. Prosječne vrijednosti dobivene u ovom istraživanju kretale su se od 5,24 do 6,17 cm za dužinu iglice (NL), od 3,55 do 4,59 cm za dužinu (CL) te od 1,86 do 2,20 cm za najveću širinu češera (CW).

Analiza varijance ukazala je na postojanje statistički značajnih razlika na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini za većinu istraživanih svojstava. Populacija Vukelić Poljana značajno se razlikuje od ostalih populacija na osnovi morfologije češera, a populacija Mala Titra na osnovi morfologije iglica. Za većinu istraživanih značajki utvrđeno je da je unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti. Približno podjednaka ili nešto malo viša varijabilnost između populacija u odnosu na varijabilnost stabala unutar populacija zabilježena je za širinu iglice, dužinu češera i širinu štitića.

Klasterskom analizom dodatno je pojašnjen uzorak variranja i trend diferencijacije populacija, prethodno dobiven metodama deskriptivne statistike. Dosta izraženo odvajanje populacije Vukelić Poljana od ostalih populacija može se objasniti razlikama u staništu. Specifičnost ove populacije su niže nadmorske visine s pojedinačnim stablima običnoga bora na vlažnim livadama i pašnjacima. Osim toga, razlike između istraživanih populacija mogu se objasniti i pionirskim karakterom običnoga bora.

Ovim istraživanjem dobivene su spoznaje o raznolikosti i strukturiranosti populacija običnoga bora na sjeverozapadnom području Male Kapele što je osnova za daljnja istraživanja koja je potrebno provesti kako bi se dobile smjernice za gospodarenje i očuvanje genskih resursa ove vrste u Hrvatskoj.

LITERATURA

Batkhuu, N-O., B. Udval, B-E. Jigjid, S. Jamyansuren, M. Fischer, 2020: Seed and cone morphological variation and seed germination characteristics of Scots pine populations (*Pinus sylvestris* L.) in Mongolia. Mongolian Journal of Biological Sciences, 18 (2): 41-54.

Bobowicz, M. A., A. Radziejewska, 1989: The variability of Scots pine from Piekielna Góra as expressed by morphological and anatomical traits of needles. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 58 (3): 375-384.

Farjon, A., 2010. A handbook of the world's conifers. Vol. I-II. Brill, Leiden.

Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija. Stanbiro, 470 str., Zagreb.

Horvat, I., 1958: Prilog poznavanja borovih i smrekovih šuma male Kapele. Šumarski List 82 (7-9): 225-249.

Idžojtić, M., 1996: Morfološka obilježja i uspijevanje nekih dvoigličavih međuvrsnih hibrida borova na pokusnim plohama Đurđevački peski i u Arboretumu Lisičine, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Idžojtić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Jasińska, A. K., K. Boratyńska, M. Dering, K. I. Sobierajska, T. Ok, A. Romo, A. Boratyński, 2014: Distance between south-European and south-west Asiatic refugail areas involved morphological differentiation: *Pinus sylvestris* case study. Plant Systematic and Evolution, 300: 1487-1502.

Kapela. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. Pristupljeno 2. 7. 2020. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=30284>.

Köbölkuti, Z. A., E. G. Tóth, M. Ladányi, M. Höhn, 2017: Morphological and anatomical differentiation in peripheral *Pinus sylvestris* L. populations from the Carpathian region. Dendrobiology, 77: 105-117.

Łabiszak, B., A. Lewandowska-Wosik, E. Pawlaczyk, L. Urbaniak, 2017: Variability of morphological needle traits of Scots pine (*Pinus sylvetris* L.) among populations from mountain and lowland regions of Poland. Folia Forestalia Polonica, 59 (2): 134-145.

Mátyás, C., L. Ackzelland, C. J. A. Samuel, 2004: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and usefor Scots pine (*Pinus sylvestris*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6 str.

Osnova gospodarenja za gospodarsku jedinicu "Titra - Javornik" 2001. – 2010. godine.

Potočić, Z., 1980: Šumarska enciklopedija (Vol. 1), Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 150 str.

StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.

Svoboda, P., 1953: Forest trees and its' stands. Státní Zemědělskě Nakladatelství, Prag (na Slovačkom).

Šilić, Č., 2005: Atlas dendroflore (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine, Matica hrvatska, Čitluk, 30 str.

Urbaniak, L., L. Karliński, R. Popielarz, 2003: Variation of morphological needle characters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in different habitats. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 72(1): 37-44.

Vidaković, M., 1993: Četinjače – morfologija i varijabilnost, Grafički zavod Hrvatske, Zagrb, 568-591 str.

Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet i Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 248-251 str.

WFO, 2020: World Flora Online, Published on the Internet; http://www.worldfloraonline.org

WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.