

Populacijska varijabilnost poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj prema morfološkim obilježjima listova

Komušanac, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:361714>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-20**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

FILIP KOMUŠANAC

POPULACIJSKA VARIJABILNOST POLJSKOG JASENA
(*Fraxinus angustifolia* Vahl) U HRVATSKOJ PREMA MORFOLOŠKIM
OBILJEŽJIMA LISTOVA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2024.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Predmet:	Dendrologija
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Igor Poljak
Asistent – znanstveni novak:	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Student:	Filip Komušanac
JMBAG:	0068235891
Akad. godina:	2023./2024.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 6. rujna 2024. godine
Sadržaj rada:	Slika: 8 Tablica: 6 Navoda literature: 38 Stranica: 26
Sažetak:	<p>Cilj ovoga rada bio je utvrditi morfološku varijabilnost listova 10 populacija poljskog jasena (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl, Oleaceae) na području Hrvatske: Mirna, Zrmanja, Cetina, Neretva, Samobor, Čakovec, Bjelovar, Kutina, Lužani i Županja.</p> <p>Morfometrijsko istraživanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi 22 morfološka svojstva lista, pri čemu su korištene deskriptivne i multivarijatne statističke metode.</p> <p>Istraživanjem je utvrđena visoka varijabilnost istraživanih morfoloških svojstava.</p> <p>Sva istraživana svojstva, osim kuta koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom postrane liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 25 % dužine liske, imala su koeficijente varijabilnosti više od 20 %. Međupopulacijska varijabilnost manja je odnosu na unutarpopulacijsku varijabilnost. Multivarijatnim statističkim metodama utvrđeno je odvajanje populacije Čakovec od ostalih istraživanih populacija. Navedena populacija odlikovale se je najvećim liskama i najdužim peteljka. Općenito gledano, manji listovi bili su svojstveni populacijama jadranskoga sliva.</p>



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

OB FŠDT 05 07

Revizija: 2

Datum: 29.04.2021.

„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“.

U Zagrebu, 12. kolovoza 2024. godine.

vlastoručni potpis

Filip Komušanac

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Rod <i>Fraxinus</i> Tourn. ex L.	1
1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste.....	2
1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste.....	6
1.4. Primjena istraživane vrste.....	8
1.4. Dosadašnja istraživanja.....	8
2. CILJ RADA	11
3. MATERIJAL I METODE	12
3.1. Materijal.....	12
3.2. Morfometrijska analiza listova	12
3.3. Statistička obrada podataka.....	13
4. REZULTATI.....	14
4.1. Deskriptivna statistika.....	14
4.2. Analiza varijance – ANOVA	17
4.3. Analiza glavnih sastavnica (PCA)	20
4.4. Nezakorijenjeno stablo.....	22
5. RASPRAVA	23
6. ZAKLJUČCI.....	24
7. LITERATURA	25

1. UVOD

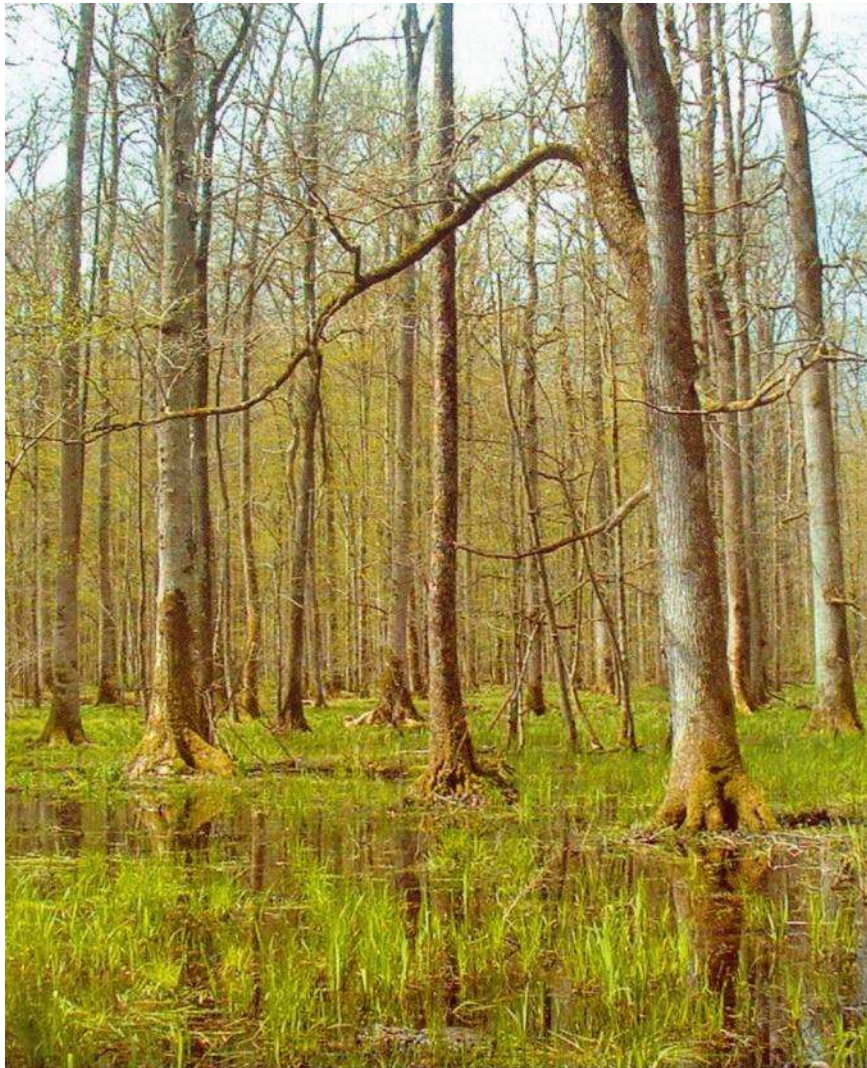
1.1. Rod *Fraxinus* Tourn. ex L.

Rod *Fraxinus* L. kozmopolitski je i monofiletski rod čije su vrste rasprostranjene širom Europe, Azije, sjevera Afrike i Sjeverne Amerike (Wallander i Albert 2000; Wallander 2008; Franjić i Temunović 2022). Vrste ovoga roda rastu u različitim ekološkim uvjetima, uključujući staništa kao što su polupustinje, zatim umjerena područja u koja uključujemo nizinska, brdska, gorska i planinska područja. Vrste ovoga roda rastu i u mediteranskom području, a neka čak i na suptropskim staništima. Rod pripada porodici maslina (Oleaceae), a naziv roda vuče korijene iz Grčke, na čijem jeziku riječ „*phraxis*“ znači ograda, za čiju se proizvodnju prije koristio jasen (Gligić 1953). Prema WFO (2024), rod *Fraxinus* sastoji se od 64 listopadne vrste drveća te nešto rjeđe grmlja. Sve vrste jasena imaju karakteristične velike, crne, sive ili smeđe pupove najčešće raspoređene nasuprotno, po dva zajedno u nodiju, ili ponekad pršljenasto po tri zajedno u nodiju. Listovi većine jasena neparno su perasto sastavljeni. Rijetke su vrste jasena u kojih su listovi jednostavni. Cvjetovi unutar roda *Fraxinus* izrazito su varijabilni: raznospolni, jednodomni ili dvodomni, sitni, u cvatovima. Oprašivanje je pomoću vjetra. Plod u jasena je perutka, odnos okriljeni oraščić. Plodovi se raznose pomoću vjetra, a u nekih vrsta i pomoću vode.

U Hrvatskoj i u Europi su tri autohtona pripadnika ovog roda (Idžojić i Poljak 2022): crni ili krški jasen (*Fraxinus ornus* L.); obični ili bijeli jasen (*Fraxinus excelsior* L.); i poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl).

1.2. Morfologija i biologija istraživane vrste

Poljski jasen je listopadna, andromonecična, anemofilna i brzorastuća vrsta (Idžojić i Poljak 2022) koja u mladosti ima usku krošnju kako bi se što lakše probila do svjetlosti kroz konkurentnu vegetaciju, a kada to uspije krošnja se širi te dobiva ovalno zaobljeni oblik. Ova vrsta drveća postiže visinu od 15-25 (40) m i prsni promjer debla do 1,5 (2) m. Razvija plitki korijenski sustav s ponirućim korijenjem (Prpić 1974) kojeg karakterizira naglašeno bočno korijenje. Kora mlađih jedinki poljskog jasena je glatka i siva, a sa starenjem poprima sivo-smeđu boju. U starijoj dobi kora je isprekidano uzdužno i kraće poprečno izbrazdana (Slika 1).



Slika 1. *Fraxinus angustifolia* Vahl.

(Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj, Vukelić i dr. 2008).

Izbojci su tanki, maslinaste do žuto-sive boje, a na njima su uočljive jajaste lenticеле koje su malo udubljene na području nodija (mjesto na izbojku gdje se nalaze pupovi). Na starijim granama razvija se veliki broj kratkih izbojaka koji su gusto prekriveni pupovima

(Herman 1971; Idžojtić 2005; Idžojtić i Poljak 2022). Pupovi mogu biti unakrsno ili koso nasuprotni, a u rijetkim slučajevima po tri zajedno u jednom pršljenu (Slika 2). Vršni pup je krupniji u odnosu na postrane, njegova širina veća je od njegove visine, a oblik mu nalikuje na stožac i ima zaobljen vrh. Vršni pup je pokriven s dva para nasuprotnih ljustaka. Postrani su pupovi manjih dimenzija, prekriveni su jednim parom ljustaka, polukuglastog do stožastog su oblika i tupog vrha. Izrazito su otklonjeni od izbojka. Nerijetko se dva postrana pupa nađu jedan iznad drugog, a u tom slučaju gornji pup je uvijek veći. Ljuske svih pupova su smeđe, a učestala je pojava da budu podosta tamnije nijanse smeđe boje. Nakon otpadanja lista vidi se ožiljak koji je srcastog oblika, a u donjem dijelu je polukružno zaobljen.



Slika 2. *Fraxinus angustifolia* Vahl – zimski izbojak i pupovi.
(preuzeto: https://en.wikipedia.org/wiki/Fraxinus_angustifolia).

Listovi su neparno-perasto sastavljeni od 7 do 13 (5-15) liski, a dugački su od 15-25 cm (Fukarek 1954, 1960; Idžojtić 2009; Talavera i dr. 2012; Idžojtić i Poljak 2022). Peteljka je gola i 2-5 cm je dugačka. Peteljka i lisna os gledajući s gornje strane imaju udubljenje u obliku žlijeba. Oblik liski može varirati od duguljasto-kopljastih (Slika 3), do kopljastih ili jajasto-kopljastih, no zajedničko im je da imaju klinastu osnovu i razmaknuto, krupno i oštro napiljen rub. Broj zubaca je jednak ili manji u odnosu na broj postranih žila. Liske su odozgo tamnozeleno, gole i sjajne, dok su odozdo svijetlozeleno boje s dlačicama smeđe boje uz glavnu žilu. Vršna je liska dugačka 4-9,5 cm, a široka 1-3 cm s peteljčicom dugačkom do 3,5 mm. Postrane su liske nešto varijabilnije, a njihova se dužina kreće od 1,5 cm do 9 cm, a širina od 1 do 2,5 cm. Postrane su liske većinom sjedeće. U jesen listovi poprimaju zlatnožutu boju koja može varirati do tamnije nijanse crvene boje.



Slika 3. *Fraxinus angustifolia* Vahl – listovi.
(preuzeto: https://en.wikipedia.org/wiki/Fraxinus_angustifolia).

Kao što je već navedeno, poljski jasen je andromonecična vrsta - na istoj biljci nalaze se dvospolni i jedospolni muški cvjetovi (Idžojtić i Poljak 2022). U jednom cvatu nalazi se 10-30 cvjetova. Cvatovi su smješteni postrano na prošlogodišnjim izbojcima, gusti su i tvore grozdove. Cvjetne stapke dužine su 3,3-7,7 mm. Cvatovi pretežito imaju samo dvospolne cvjetove, no neki sadrže u gornjem dijelu dvospolne, a u donjem dijelu mogu se pronaći i muški cvjetovi s ili bez zakržljalog tučka (rudimentarni tučak). Neki cvatovi imaju samo muške cvjetove. Jasen u normalnim uvjetima kreće s cvjetanjem u veljači i ožujku, prije nego krene listanje biljke. Cvjetovi su izrazito maleni, bez razvijenog ocvijeća (ahlamidejski), neuočljivi i radijalno su simetrični (aktinomorfni). Muški su cvjetovi građeni od dva prašnika, a mogu imati i zakržljali tučak, dok dvospolni imaju također dva prašnika i jedan tučak, koji obično dozrijeva prije prašnika (proteroginija). Prašnici imaju kratke prašničke niti (0,3–0,7 mm dugačke); prašnice su krupne (1,3–2,5 mm dugačke), u početku tamnogramizne, kasnije žućkastocrne. Tučak je oblikom nalik boci; plodnica je nadržala, dvogradna, zelenkasta, gola, s po dva sjemena zametka u svakom pretincu; vrat je zelenkasto-grimizan, 1,2–2,9 mm dugačak; njuška je dvodijelna, grimizna, 0,5–1,7 mm dugačka (Idžojtić 2013; Talavera i dr. 2012).

Jasen postaje sposoban za proizvodnju sjemena u starosti između 20 i 30 godina (Matić i Prpić 1983). Plodovi su suličaste do duguljasto-suličaste, smeđe do žućkastosmeđe, gole, sjajne, suhe, 3,5-4,5 cm dugačke i 7-9 mm široke perutke (jednosjemeni oraščić na vrhu okriljen jednim krilcem), skupljene u visećim grozdovima (Slika 4), plodne stapke su do 1 m dugačke (Idžojtić i Poljak 2022). Oraščić je karakteristično izduženo-eliptičan, spljošten, većinom duži od polovice cjelokupne perutke te sadrži uzdužne plitke brazde po svojoj površini. Krilce je duguljastog oblika, a pri vrhu je suženo i može biti šiljasto ili urezano. Plodovi dozrijevaju u rujnu i listopadu iste godine kada su oprašeni, a otpadaju sa stabla tek duboko u zimi. Sjeme jasena širi se vjetrom (anemohorija), a ponekad i vodom (hidrohorija). Što se tiče sjemena, ono je smeđe boje i podsjeća na oblik vretena. Sjemenke su 1,5 cm dugačke i do 5 mm široke s karakterističnim prugama koje se pružaju po dužini sjemenke. Masa 1000 plodova je 60-80 (42-86) g (Talavera i dr. 2012; Idžojtić 2013).



Slika 4. *Fraxinus angustifolia* Vahl – plodovi.
(preuzeto: https://en.wikipedia.org/wiki/Fraxinus_angustifolia).

1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste

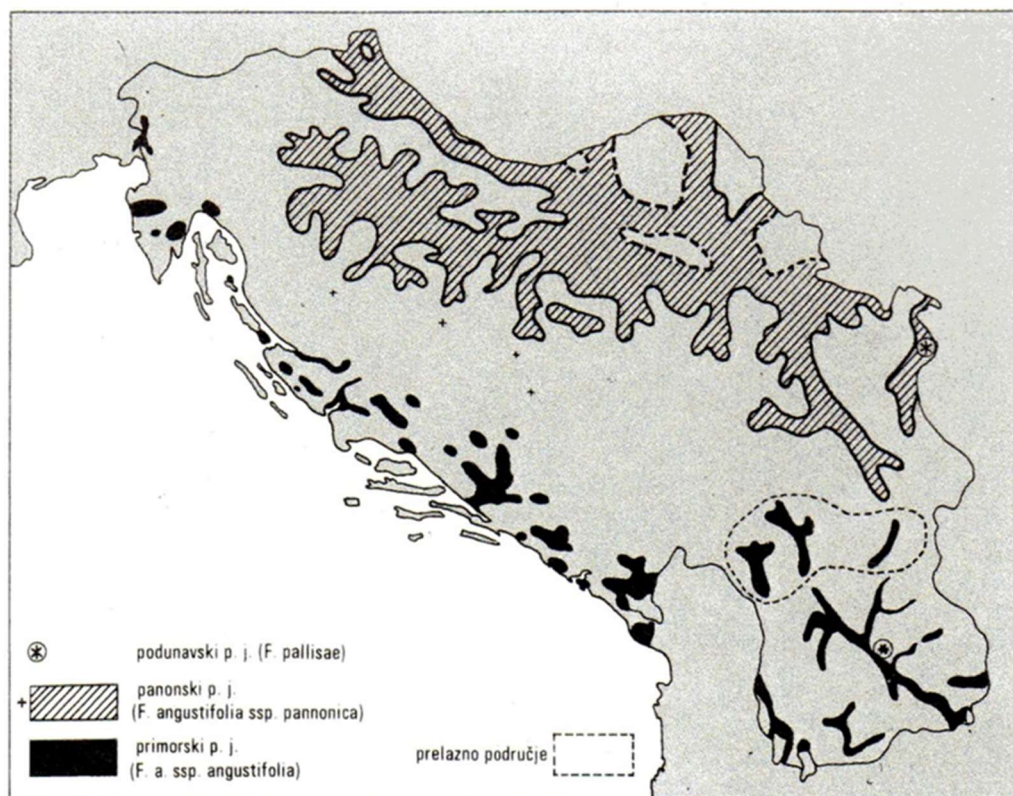
Poljski jasen je prirodno rasprostranjen u južnoj i jugozapadnoj Europi, na sjeveru Afrike te na jugozapadu Azije (Fukarek 1954, 1960; Idžojtić i Poljak 2022) (Slika 5). Rasprostranjen je u Maroku, Alžiru, Tunisu, Portugalu, Španjolskoj, Francuskoj (uključujući Korziku), Češkoj, Slovačkoj, Mađarskoj, Austriji, Italiji (uključujući Siciliju i Sardiniju), Sloveniji, Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori, Srbiji, Makedoniji, Albaniji, Grčkoj, Malti, Cipru, Bugarskoj, Rumunjskoj, Moldaviji, Ukrajini, Turskoj, na Kavkazu i Transkavkaziji, Siriji, Iranu i srednjoj Aziji (Fukarek 1954, 1960; Shishkin i Bobrov 1967; Raddi 2010). Na području srednje Europe, točnije Panonske nizine i Balkanskog poluotoka, raste u poplavnim područjima, uz jezera, velike rijeke i njihove pritoke te u svim područjima gdje je česta poplava i izljev voda. Na području Mediterana nastanjen je u manjim i izoliranim populacijama, a može ga se pronaći i na sušim staništima te na višim nadmorskim visinama.



Slika 5. Areal – *Fraxinus angustifolia* Vahl.

(izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Fraxinus_angustifolia)

Na području Hrvatske, poljski je jasen općenito vezan za područja uz rijeke crnomorskog i jadranskog sliva i njihove pritoke (Slika 6). Fukarek (1954) detaljno opisuje rasprostranjenost poljskog jasena u Istri, Hrvatskom primorju (uključujući otoke Krk, Rab i Pag), kao i u Dalmaciji (područja rijeke Zrmanje, Ravnih kotara, rijeke Krke, Čikole, Cetine, zatim Imotsko polje i područje rijeke Neretve). Osim toga, poljski jasen prirodno je rasprostranjen i u kopnenom i panonskom dijelu Hrvatske u našim nizinskim šuma, uz rijeke: Dunav, Drava, Mura, Morava i Sava. Općenito gledano, u tim područjima poljski jasen je vrsta poplavnih terena, a najčešće tamo raste s hrastom lužnjakom i nizinskim brijestom (Fukarek 1954).



Slika 6. Areal poljskog jasena u Hrvatskoj (Fukarek 1983).

Poljski jasen je brzorastuća heliofilna vrsta koja se pojavljuje u umjerenim klimama s godišnjim padalinama između 400 i 800 mm. Poljskom jasenu najviše odgovaraju vlažna staništa s povremenim poplavnim stadijima, no može rasti i na ocjeditim nagibima, no tamo mu puno jače konkuriraju vrste kojima to odgovara. Poljski jasen preferira tla s dobrom aeracijom te pH između 5 i 8,3. Također, poljski je jasen osjetljiv na mrazove koji mu unište cvijet i sjeme u proljeće, što ograničava njegovo širenje na hladnija područja. U središnjoj Europi, Panonskoj nizini i Balkanu poljski jasen raste u nizinama u priobalnim i poplavnim područjima uz velike rijeke gdje su se nastanile velike i stalne populacije. U mediteranskoj regiji njegova je rasprostranjenost raspršena i tvore je manje i izoliranije populacije uz vlažnija područja, no mogu se pronaći i na sušim područjima većih nadmorskih visina. Rijetko i nekarakteristično za poljski jasen jest da tvori čiste sastojine u najoptimalnijim uvjetima kao pionir, već je za njega karakteristično da je u sastojini dominantna ili sekundarna vrsta uz hrast lužnjak, brijestove, javore, vrbe, topole i lipe s kojima tvori stabilan ekosustav.

4.4. Primjena istraživane vrste

Drvo poljskog jasena ima slične karakteristike kao drvo običnog jasena, no što se tiče jačine i elastičnosti drveta, obični je jasen ipak superioran. Plantaže poljskog jasena za građevno drvo su rijetke jer se obično uzgaja s drugim vrstama. U usporedbi s običnim, poljski jasen ima sveukupno veću kvalitetu drveta koja se može uzgojiti na slabije vlažnim staništima gdje poljski jasen raste sporije. Na području sjeverne Turske, poljski se jasen uzgaja kao kultura kratke ophodnje u blago močvarnim područjima, gdje mu je kvaliteta drveta sličnija topolama i koristi se za celulozu, šperploču i furnir. Lišće poljskog jasena koristi se i kao stočna hrana. Poljski jasen također je poznat kao ukrasna vrsta uz prometnice u gradovima. Kao i u crnog jasena, floemska tekućina poljskog jasena može se koristiti kao blagi laksativ i diuretik kada se osuši, a u novije vrijeme počeo se koristiti u kozmetici i farmaciji.

1.4. Dosadašnja istraživanja

Budući da je poljski jasen izrazito varijabilna vrsta prema morfološkim obilježjima opisan je i veliki broj različitih taksona, od kojih su neki u prošlosti imali i status vrste, a danas se vode kao sinonimi za poljski jasen (WFO 2024). Navedene svojte morfološki su se razlikovale prema veličini, obliku i dlakavosti listova i liski, broju liski, prema teksturi kore, kao i obliku i veličini plodova.

U Hrvatskoj je poljski jasen prvi istraživao Fukarek (1954, 1955, 1957), a u svojim radovima opisuje osam podvrsta, varijeteta i formi poljskoga jasena: var. *angustifolia*, var. *australis* Gay, var. *oxycarpa* Willdenow, var. *pannonica* var. nova, var. *obliqua* Tausch, subsp. *pallisae* Wilmott, var. *oligophylla* Boissier te f. *rotundifolia* Miller. Osim taksonomije, istražuje i rasprostranjenost te ekologiju poljskoga jasena na području Hrvatske, odnosno bivše Jugoslavije. Osim toga, opisuje i areal vrste te definira granice prirodne rasprostranjenosti u Europi i Aziji s obzirom na četiri tada poznate podvrste. Za područje Hrvatske i susjedne zemlje, areala poljskog jasena dijeli na dvije podvrste (Fukarek 1983). Prvu podvrstu koju naziva sredozemni poljski jasen, definira kao tipsku, subsp. *angustifolia*, te za nju navodi da raste u sredozemnom dijelu Hrvatske (Čepičko polje, područje oko Rijeke, na otoku Rabu i Pagu, zatim rijeke Mirna, Krka, Cetina, Jadro, Zrmanja i Neretva te u Ravnim kotarima. Drugu podvrstu, koja je tipična za kopneni i nizinski dio uz rijeke Dunav, Mura, Tisa, Morava, Sava i donji tokovi savskih pritoka te pritoke rijeke Drave opisuje kao panonski poljski jasen, subsp. *pannonica* (Fuk.) Soo et Simon. Fukarek (1960) za Panoniju ističe i novi varijetet *pannonica*, za koji ističe da ima izrazito uske i kopljaste liske koje su pri osnovi klinasto sužene, a pri vrhu produžene u uski šiljak koji je redovito i nepravilno napiljen.

Prva sustavna istraživanja genetičke raznolikosti poljskog jasena na području Europe provedena su pomoću kloroplastne DNA. Istraživanja su provedena u sklopu europskog projekta Fraxigen (2005). U navedenom istraživanju analizirane su 34 populacije, od kojih je i jedna populacija, Lipovljani, s područja Hrvatske. U navedenom istraživanju za poljski jasen je zabilježeno ukupno osam kloroplastnih haplotipova. Istovremeno, Heuertz i dr. (2006) proučavaju filogeografiju tri autohtona europska jasena. Rezultati istraživanja jasno su pokazali da je varijabilnost kloroplastnih haplotipova poljskog jasena niska (13 haplotipova u 70 istraženih populacija). Također, utvrđeno je da poljski jasen ima većinu haplotipova

srodnih običnome jasenu, zbog čega se može zaključiti da je u prošlosti došlo do izmjene gena i stvaranje hibrida između te dvije vrste. Osim toga, Heuertz i dr. (2006) ističu da su populacije poljskoga jasena jasno geografski strukturirane, te da su se glacijalni refugiji za ovu vrstu nalazili na području Iberijskog, Apeninskog i Balkanskog poluotoka, Uključujući i područje Dinarida u Hrvatskoj.

Suvremenija i detaljnija istraživanja varijabilnosti europskih populacija poljskog jasena uporabom DNK biljega proveo Temunović i dr. (2012, 2013). Ispitano je 38 populacija širom Europe te je utvrđeno da populacije poljskog jasena imaju značajnu genetsku raznolikost, a manje intenzivnu diferencijaciju populacija. Nadalje, analiziranjem strukture populacija poljskog jasena u Europi utvrđeno je da je velika većina populacija s Balkanskog poluotoka (uključivši Panonske i populacije istočne obale Jadrana) čine sličan i blizak genski skup, što negira Fukarekovu tvrdnju o rasprostranjenosti dvije podvrste poljskog jasena iz 1983. Populacije sa zapada Sredozemlja (Portugal, Španjolska i Francuska), juga Italije (Sardinija i Kalabrija), s obale Crnoga mora, te iznenađujuće, hrvatska populacija lokaliteta oko Čakovca, također su se odvojili u poseban genetski skup (Temunović i dr. 2013).

Detaljna istraživanja autohtonih populacija poljskog jasena na području cijele Hrvatske dokazala su značajne razlike u genskoj strukturi između populacija kontinentalnog i jadranskog područja (Temunović i dr. 2012). Uzimajući u obzir da kontinentalne i jadranske populacije nisu intenzivno genski odvojene, nema potrebe za opisivanjem podvrste „panonski poljski jasen“. Kao rješenje odlučeno je da će hrvatske populacije predstavljati kao dva različita ekotipa. Poseban slučaj čini već navedena populacija iz Čakovca, koja je genski vrlo različita od ostalih autohtonih populacija Hrvatske.

Taksonomska situacija poljskog jasena još nije zaključena, no rezultati nedavnih istraživanja pretežito idu u prilog raspodjeli poljskog jasena na području Europe na tri podvrste: (1) subsp. *angustifolia* – zapadni Mediteran, (2) subsp. *oxycarpa* (Bieb. ex Willd.) Franco et Rocha Afonso (= *F. oxycarpa* Bieb. ex Willd.) – istočni dio srednje Europe i južna Europa (istočno od sjeveroistočne Španjolske), (3) subsp. *syriaca* (Boiss.) Yalt. – Turska, istočno do Irana (FRAXIGEN 2005; Wallander 2008; Jarni i dr. 2011; Caudullo i Huston Durrant 2016). Prema WCSP (2018) je osim prethodno navedenih u zapadnom i jugozapadnom Iranu rasprostranjena četvrta podvrsta, *F. angustifolia* subsp. *persica* (Boiss.) Azadi. Prema navedenoj podijeli na četiri podvrste te dosadašnjim istraživanjima genetičke raznolikosti i strukturiranosti populacija poljskoga jasena na području Hrvatske možemo zaključiti da se na području Hrvatske nalazi podvrsta subsp. *oxycarpa*. U prilog tomu idu i rezultati morfometrijskih istraživanja značajki lista (Jarni i dr. 2011) na području Slovenije gdje je isto kao i u Hrvatskoj, prisutna isključivo podvrsta *oxycarpa*.

Istraživanje koje provode Jarni i dr. (2011) obuhvatilo je uzorke poljskoga jasena iz pet prirodnih populacija na području Slovenije: Črni log, Orlovšček, Kostanjevica, Dragonja i Lijak. Glavni kriteriji skupljanja uzoraka u tom istraživanju bili su gusti sklop i kvalitetna stabla poljskog jasena. Varijabilnost poljskog jasena utvrđena je morfometrijskom analizom listova, a za svaku populaciju skupljali su se uzorci s 14 stabala koja su međusobno bila udaljena minimalno 30 m. Sa svakoga stabala je sakupljeno oko desetak izbojaka sa osuđane strane krošnje i oko desetak izbojaka s dijela krošnje u zasjeni. Također, sa stabala koja su fruktificirala, sakupljeno je po 50 uzoraka plodova. U laboratoriju je sa svakog izbojka skinuto po tri ili četiri potpuno razvijena lista sa sredine izbojka. Nakon detaljnog

odabira uzoraka, lišće i plodovi su herbarizirani, te potom skenirani i izmjereni. Ukupno je analizirano 4930 listova i 2099 plodova. Listovi i plodovi su obrađeni tradicionalnim morfometrijskim metodama koje obuhvaćaju izmjeru velikog broja različitih parametra na svakom listu i plodu. Također, lišće je bilo analizirano na prisutnost dlačica na liskama. Ukupno je analizirano osam svojstava na plodovima te 32 na listovima. Istraživanjem su testirane razlike između populacija, zatim stabala unutar populacija te između listova s različitih dijelova krošnje. Rezultati su pokazali da se stabla unutar populacija statistički značajno razlikuju te da unutarpopulacijska varijabilnost zauzima najveće učešće u ukupnoj varijanci. Lišće sjene u većini slučajeva bilo je veće i šire u odnosu na ono lišće koje je bilo izloženo direktnom suncu kako bi se stvorila što veća asimilacijska površina. To lišće je oblikom i veličinom bilo slično lišću običnoga jasena. U konačnici autori zaključuju da su fenotipske razlike između subpanonskih i submediteranskih populacija male i zanemarive te da se na osnovi morfometrijske analize plodova i listova na području Slovenije nalazi samo jedna podvrsta poljskoga jasena – subsp. *oxycarpa*.

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je ispitati varijabilnost populacija poljskog jasena u Hrvatskoj na materijalu iz 10 prirodnih populacija. Istraživanje populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi 22 morfoloških svojstava listova, pri čijoj su analizi korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode.

Na temelju postavljenog cilja provedene su sljedeće aktivnosti:

1. Prikupljena je literatura o relevantnim istraživanjima
2. Prikupljeni su podaci o istraživanoj vrsti i području istraživanja
3. Izvršene su analize uzoraka u laboratoriju
4. Statistički su obrađeni i analizirani dobiveni rezultati te su interpretirani u skladu s ciljevima istraživanja
5. Izvedeni su zaključci na temelju dobivenih rezultata

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Materijal

U istraživanje je uključeno 10 populacija poljskog jasena iz Hrvatske (Tablica 1). Terenska istraživanja provedena su tijekom 2021. godine. Na svakom lokalitetu sakupljeno je po 20 listova s kratkih, osunčanih izbojaka sa po 10 stabala. Sakupljeni materijal je herbariziran i pohranjen u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu.

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija.

Oznaka populacije	Populacija	Geografska širina (°)	Geografska dužina (°)	Nadmorska visina (m)
P01	Mirna	45,393835	13,904987	27
P02	Zrmanja	44,199283	15,690574	8
P03	Cetina	43,686371	16,715247	292
P04	Neretva	43,039788	17,558811	154
P05	Samobor	45,809747	15,764885	131
P06	Čakovec	46,342987	16,810037	144
P07	Bjelovar	45,935811	16,874556	139
P08	Lonjsko polje	45,412055	16,697713	92
P09	Lužani	45,171696	17,681310	94
P10	Županja	45,055835	18,676359	82

3.2. Morfometrijska analiza listova

Nakon što su listovi herbarizirani, skenirani su sa skenerom MICROTEK ScanMaker 4800, pomoću računalnog programa WinFOLIA (WinFolia TM 2001), dizajniranog posebno za vršenje preciznih morfoloških mjerenja listova. 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 svakom listu pomoću opcije Interactive Measurement izmjerena je dužina rahisa i peteljke. Zatim su na svakoj vršnoj lisci te na po jednoj postranoj lisci iz sredine lista, pomoću opcije Leaf Morphology, mjerene sljedeće morfološke značajke: površina liske (LA); opseg liske (P); koeficijent oblika liske (FC); dužina liske (LL); maksimalna širina liske (MLW); dužina liske, mjerena od osnove liske do mjesta njezine najveće širine (PMLW); širina liske na 50 % dužine liske (LW1); širina liske na 90 % dužine liske (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 10 % dužine liske (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 25 % dužine liske (LA2). Vršna liska označena je oznakom TL, a postrana liska oznakom LL.

3.3. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu korištene su standardne formule deskriptivne i multivarijatnih statističkih metoda (Sokal i Rohlf 1989; McGarigal i dr. 2000). Kod statističke obrade podataka korišten je programski paket Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M) i koeficijent varijacije (CV%). Testirana je i normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test). Analiza varijance je korištena kako bi se utvrdile razlike između populacija i unutar populacija. Faktor stablo bio je fiksiran unutar faktora populacija.

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti između istraživanih jedinki i populacija korištene su multivarijatne statističke metode. Prije navedenih analiza ispitan je međusoban odnos između istraživanih svojstava Pearsonovim koeficijentom korelacije. U konačnici u multivarijatnim statističkim analizama korišteno je 13 morfometrijskih svojstava lista između kojih su koeficijenti korelacije bili manji od 0,85: LL-LA; LL-FC; LL-PMLW; LL-LW1; LL-LW2; LL-LA1; TL-LA; TL-FC; TL-LW2; TL-LA1; TL-LA2; R; i PL. Prva multivarijatna analiza koja je provedena bila je analiza glavnih sastavnica (*principal component analysis*; PCA). Broj glavnih sastavnica određen je na temelju svojstvenih vrijednosti (*eigenvalues*) glavnih sastavnica, korištenjem Kaiserovog kriterija koji zadržava sastavnice u kojih su svojstvene vrijednosti veće od 1 i Catellovog dijagrama (Cattell 1966), kao i kumulativnog postotka objašnjene varijance. U konačnici je izrađen dijagram u kojem je u koordinatnom sustavu točkama prikazan položaj analiziranih jedinki temeljem njihove pripadnosti pojedinim populacijama, a vektorima su prikazane morfološke značajke. Analiza glavnih sastavnica provedena je pomoću skripti "MorphoTools" u R-u, programskom okruženju za analizu podataka i grafički prikaz, verzija 3.2.2 (R Core Team 2016), slijedeći priručnik Koutecký (2015). Nakon toga, između svih parova populacija izračunate su Euklidske udaljenost te je izrađeno nezakorijenjeno stablo. Stablo nastalo metodom udruživanja susjeda (*neighbour-joining tree*; Saitou i Nei 1987) izrađeno je u softveru T-REX (Makarenkov 2001; Boc i dr. 2012).

4. REZULTATI

4.1. Deskriptivna statistika

Unutar tablica 2 i 3 navedeni su rezultati deskriptivne statističke analize za mjerene morfološke značajke lista 10 populacija poljskoga jasena. Prosječna dužina lista, koja uključuje dužinu rahisa i peteljke te dužinu vršne liske, u prosjeku za sve populacije zajedno iznosi 21,1 cm. Dužina peteljke za sve populacije zajedno u prosjeku iznosi 5,65 cm, a dužina rahisa 8,23 cm. Prosječna dužina i širina postrane liske iznosi 6,19 cm i 1,84 cm, a prosječna dužina i širina vršne liske 6,70 cm i 1,91 cm. Kada promatramo varijable koje opisuju oblik lisne plojke i njezine osnove, onda je jasno vidljivo da su u prosjeku veće vrijednosti za navedene varijable svojstvene postranim liskama.

Najvarijabilnija značajka u prosjeku bila je TL-LA1, odnosno varijabla koja opisuje oblik osnove vršne liske. Nadalje, i za postrane i za vršne liske, utvrđeno je da su površina liske i vrh liske izrazito varijabilne značajke s koeficijentima varijabilnosti iznad 40 %. Sve značajke, osim LL-LA2, imale su koeficijente varijabilnosti iznad 20 %.

Populacija P06 (Čakovec) istaknula se je kao populacija koja u prosjeku ima najveće postrane i vršne liske, kao i najduže peteljke. Nadalje, većina mediteranskih populacija u prosjeku je imale manje liske u odnosu na one iz kontinentalnih populacija.

Populacija P02 u prosjeku je imala najveću vrijednost za značajku LL-FC, a populacija P04 najmanju. Isto tako, populacija P04 imala je i najizduženije vršne liske, dok je najviša vrijednost koeficijenta oblika za vršne liske bila svojstvena populaciji P03. Najzaobljenija osnove liske karakterizirala je populaciju P03, a najšiljastija populaciju P04.

Tablica 2. Aritmetičke sredine. Analizirana morfološka obilježja: površina liske (LA); opseg liske (P); koeficijent oblika liske (FC); dužina liske (LL); maksimalna širina liske (MLW); dužina liske, mjerena od osnove liske do mjesta njezine najveće širine (PMLW); širina liske na 50 % dužine liske (LW1); širina liske na 90 % dužine liske (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 10 % dužine liske (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 25 % dužine liske (LA2); dužina rahisa (RL); i dužina peteljke (PL). Crvenom bojom označene su maksimalne vrijednosti, a zelenom bojom označene su minimalne vrijednosti. Populacije: P01-Mirna; P02-Zrmanja; P03-Cetina; P04-Neretva; P05-Samobor; P06-Čakovec; P07-Bjelovar; P08-Kutina; P09-Lužani; P10-Županja.

Svojstvo	Populacija										Ukupno
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	
LL-LA	6.09	4.24	6.35	7.84	7.15	10.11	9.72	7.60	7.86	7.97	7.45
LL-P	13.89	10.57	12.76	17.75	15.91	18.44	17.46	16.98	17.53	14.55	15.45
LL-FC	0.39	0.47	0.49	0.31	0.35	0.37	0.41	0.32	0.32	0.46	0.39
LL-LL	5.65	4.21	5.23	7.01	6.37	7.31	7.25	6.70	6.95	5.71	6.19
LL-MLW	1.67	1.48	1.86	1.72	1.77	2.20	2.08	1.72	1.80	2.11	1.84
LL-PMLW	2.03	1.76	1.96	2.61	2.30	2.90	2.87	2.51	2.58	2.26	2.36
LL-LW1	1.50	1.39	1.72	1.56	1.60	2.02	1.91	1.54	1.61	1.97	1.69
LL-LW2	0.37	0.42	0.39	0.41	0.38	0.48	0.50	0.39	0.38	0.54	0.43
LL-LA1	34.23	37.08	39.24	28.70	34.10	28.92	29.31	29.71	28.69	34.16	32.64
LL-LA2	27.39	29.83	31.73	22.88	25.92	26.74	25.30	23.75	24.07	31.68	27.13
TL-LA	6.83	5.22	5.38	6.46	6.49	11.14	7.23	6.46	8.52	8.14	7.18
TL-P	16.30	13.37	12.99	17.22	17.24	21.05	17.21	17.19	19.59	16.48	16.79
TL-FC	0.32	0.35	0.39	0.26	0.28	0.31	0.31	0.27	0.28	0.37	0.32
TL-LL	6.63	5.36	5.27	6.83	6.88	8.31	6.99	6.78	7.78	6.48	6.70
TL-MLW	1.85	1.65	1.86	1.65	1.79	2.44	1.89	1.66	2.00	2.25	1.91
TL-PMLW	3.35	2.87	2.52	3.48	3.36	4.32	3.64	3.25	3.89	3.47	3.40
TL-LW1	1.77	1.56	1.77	1.56	1.69	2.29	1.78	1.57	1.89	2.14	1.81
TL-LW2	0.48	0.54	0.39	0.50	0.41	0.66	0.56	0.44	0.53	0.65	0.52
TL-LA1	15.10	15.25	21.20	13.20	14.56	13.77	13.25	14.64	14.94	15.91	7.64
TL-LA2	6.96	8.12	10.94	6.63	6.69	5.92	6.80	9.26	6.80	7.74	15.27
R	6.97	4.79	9.40	9.00	8.52	8.84	7.57	7.56	9.41	10.64	8.23
PL	4.94	4.77	4.29	6.23	5.81	7.08	5.96	5.23	6.78	5.85	5.65

Tablica 3. Koeficijenti varijacije (%). Analizirana morfološka obilježja: površina liske (LA); opseg liske (P); koeficijent oblika liske (FC); dužina liske (LL); maksimalna širina liske (MLW); dužina liske, mjerena od osnove liske do mjesta njezine najveće širine (PMLW); širina liske na 50 % dužine liske (LW1); širina liske na 90 % dužine liske (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 10 % dužine liske (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 25 % dužine liske (LA2); dužina rahisa (RL); i dužina peteljke (PL). Crvenom bojom označene su maksimalne vrijednosti, a zelenom bojom označene su minimalne vrijednosti. Populacije: P01-Mirna; P02-Zrmanja; P03-Cetina; P04-Neretva; P05-Samobor; P06-Čakovec; P07-Bjelovar; P08-Kutina; P09-Lužani; P10-Županja.

Svojstvo	Populacije										Ukupno
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	
LL-LA	34.58	48.17	35.33	36.96	29.74	38.11	36.97	58.81	28.47	38.55	45.77
LL-P	19.71	23.83	18.51	22.54	16.86	22.60	20.51	32.23	15.97	18.66	27.23
LL-FC	17.92	20.77	30.24	15.86	22.56	19.04	37.76	19.12	15.57	15.39	28.51
LL-LL	18.12	22.30	17.56	21.35	15.86	22.13	19.74	27.53	13.91	17.87	25.71
LL-MLW	17.83	27.73	21.26	17.75	21.91	23.14	19.99	29.47	15.58	23.88	25.40
LL-PMLW	20.75	32.89	23.40	27.13	23.69	27.80	23.17	30.63	23.21	23.74	30.40
LL-LW1	18.37	29.39	22.67	19.15	26.41	24.80	20.81	29.19	18.06	24.28	26.87
LL-LW2	40.27	40.85	39.30	32.03	33.78	39.93	37.40	40.14	37.51	38.62	40.88
LL-LA1	22.00	20.35	17.12	16.56	17.69	29.12	24.18	17.62	17.48	28.57	24.34
LL-LA2	11.70	18.72	13.09	12.35	20.15	16.30	15.03	15.63	9.35	15.97	19.06
TL-LA	35.96	55.43	40.77	43.01	32.66	47.20	31.03	55.20	30.01	41.51	49.08
TL-P	21.84	28.64	19.96	23.92	18.82	27.17	18.46	31.02	16.15	22.06	27.38
TL-FC	16.44	19.29	19.35	12.76	24.38	18.27	16.46	21.23	20.14	22.44	23.85
TL-LL	20.11	26.76	19.90	22.42	18.84	26.59	18.85	28.19	15.44	20.86	26.10
TL-MLW	17.86	30.97	25.37	24.15	23.17	26.74	18.63	27.37	18.68	22.91	27.46
TL-PMLW	21.08	28.41	25.78	22.70	22.84	26.21	22.98	30.14	18.21	22.41	28.18
TL-LW1	18.41	30.60	26.37	24.48	24.66	26.58	19.11	27.82	19.60	23.58	27.81
TL-LW2	39.47	48.98	50.30	41.29	46.25	43.49	42.29	45.73	37.26	47.98	48.32
TL-LA1	29.53	24.76	29.45	19.84	26.58	34.51	33.57	27.50	26.88	38.56	67.88
TL-LA2	57.02	51.45	72.37	44.68	61.66	50.42	54.38	74.29	50.43	78.64	33.40
R	30.66	38.24	38.51	40.65	36.27	33.42	39.59	36.20	30.27	30.83	40.52
PL	15.09	25.01	26.04	23.41	28.61	30.71	25.64	26.53	31.36	29.74	31.36

4.2. Analiza varijance – ANOVA

Rezultati analize varijance za mjerene značajke lista prikazani su u tablicama 3 i 4. Analizom je utvrđeno da se populacije i stabla poljskoga jasena značajno razlikuju po svim istraživanim svojstvima listova.

Za sedam od 10 (TL-LA, TL-P, TL-FC, TL-LL, TL-MLW, TL-PMLW, TL-LW1) morfoloških svojstava vršnih liska je utvrđeno da najveći udio ukupne varijance otpada na varijabilnost stabala unutra populacija. Za značajke TL-LW2, TL-LA1 i TL-LA2 pokazalo se da je više od 50 % od ukupne varijance uvjetovano varijabilnošću između listova unutar stabla (komponenta ostatak).

Kada uzmemo u obzir postrane liske onda je za šest od 10 (LL-LA, LL-P, LL-MLW, LL-LW1, LL-LA1 LL-LA2) istraživanih svojstva utvrđeno da najveće učešće u ukupnoj varijabilnosti otpada na varijabilnost stabala unutar populacija. Kao iznimka javljaju se varijable LL-FC, LL-PMLW i LL-LW2 za koje je utvrđeno da najveće učešće u ukupnoj varijabilnosti otpada na komponentu ostatka odnosno varijabilnost lisaka unutar istoga stabla te značajka LL-LL za koju je utvrđeno da najveće učešće u ukupnoj varijanci otpada na međupopulacijsku varijabilnost.

Kada promatramo varijable koje se odnose na dimenzije samoga lista, odnosno na dužinu rahisa i peteljke, onda je jasno vidljivo da je najmanja varijabilnost svojstvena međupopulacijskoj varijabilnosti, a najveća za varijabilnost listova unutar samoga stabla (komponenta ostatka).

Tablica 4. Rezultati hijerarhijske analize varijance morfoloških obilježja listova. U tablici su prikazani rezultati za vršne liske (TL) te za dužinu rahisa i peteljke. Morfološka obilježja: površina liske (LA); opseg liske (P); koeficijent oblika liske (FC); dužina liske (LL); maksimalna širina liske (MLW); dužina liske, mjerena od osnove liske do mjesta njezine najveće širine (PMLW); širina liske na 50 % dužine liske (LW1); širina liske na 90 % dužine liske (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 10 % dužine liske (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 25 % dužine liske (LA2); dužina rahisa (RL); i dužina peteljke (PL).

Značajke	Sastavnice varijance	df	F	P	% Varijabilnost
TL-LA	Između populacija	9	4,5	0,000069	18,8
	Unutar populacija	84	32,6	0,000000	49,7
	Ostatak				31,5
TL-P	Između populacija	9	5,5	0,000006	22,5
	Unutar populacija	84	30,5	0,000000	46,2
	Ostatak				31,3
TL-FC	Između populacija	9	8,6	0,000000	30,0
	Unutar populacija	84	21,6	0,000000	35,6
	Ostatak				34,4
TL-LL	Između populacija	9	5,6	0,000005	22,8
	Unutar populacija	84	31,0	0,000000	46,3
	Ostatak				30,9
TL-MLW	Između populacija	9	4,7	0,000045	19,5
	Unutar populacija	84	31,6	0,000000	48,7
	Ostatak				31,9
TL-PMLW	Između populacija	9	5,7	0,000003	22,0
	Unutar populacija	84	25,6	0,000000	43,0
	Ostatak				35,0
TL-LW1	Između populacija	9	4,5	0,000075	18,5
	Unutar populacija	84	30,7	0,000000	48,7
	Ostatak				32,8
TL-LW2	Između populacija	9	4,1	0,000228	10,1
	Unutar populacija	84	10,6	0,000000	29,0
	Ostatak				60,8
TL-LA1	Između populacija	9	4,5	0,000076	15,5
	Unutar populacija	84	19,1	0,000000	40,1
	Ostatak				44,3
TL-LA2	Između populacija	9	2,6	0,011170	5,3
	Unutar populacija	84	9,5	0,000000	28,3
	Ostatak				66,4
RL	Između populacija	9	5,5	0,000006	19,4
	Unutar populacija	84	20,6	0,000000	39,9
	Ostatak				40,7
PL	Između populacija	9	6,4	0,000001	20,7
	Unutar populacija	84	16,3	0,000000	34,3
	Ostatak				44,9

Tablica 5. Rezultati hijerarhijske analize varijance morfoloških obilježja listova. U tablici su prikazani rezultati za postrane liske (LL). Morfološka obilježja: površina liske (LA); opseg liske (P); koeficijent oblika liske (FC); dužina liske (LL); maksimalna širina liske (MLW); dužina liske, mjerena od osnove liske do mjesta njezine najveće širine (PMLW); širina liske na 50 % dužine liske (LW1); širina liske na 90 % dužine liske (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 10 % dužine liske (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom liske i točkom na rubu liske, koja se nalazi na 25 % dužine liske (LA2).

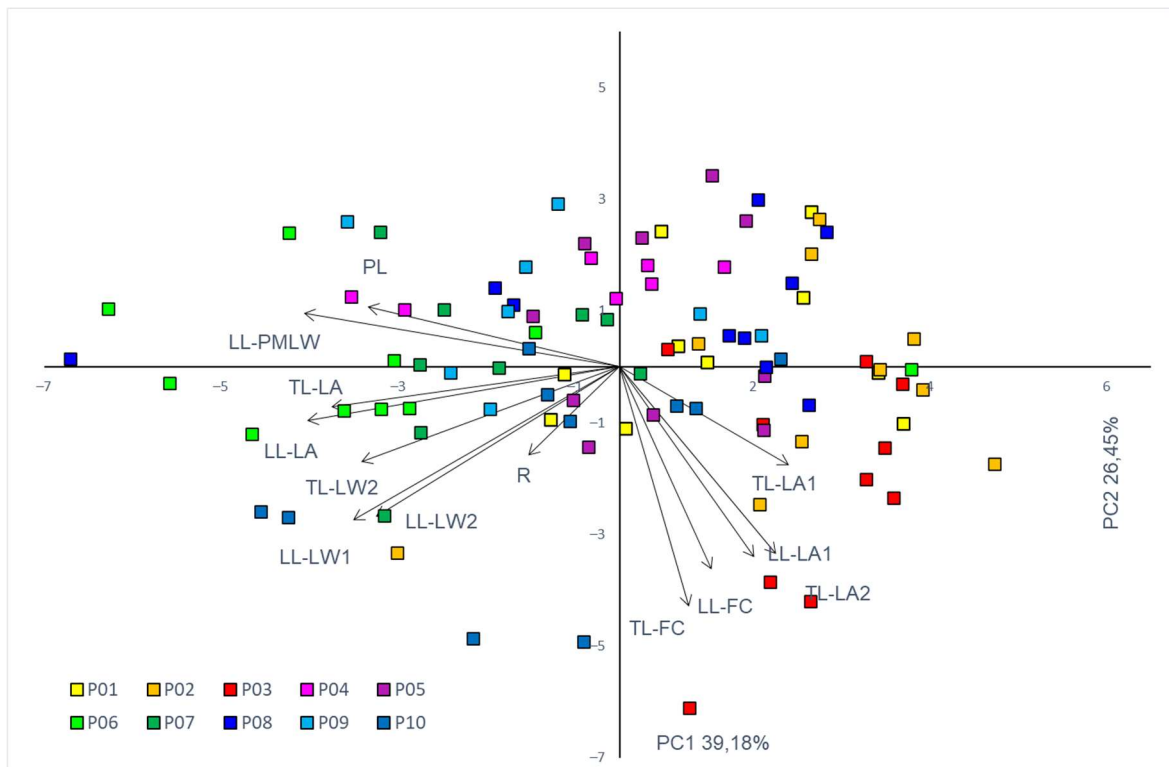
Značajke	Sastavnice varijance	df	F	P	% Varijabilnost
LL-LA	Između populacija	9	5,6	0,000005	20,5
	Unutar populacija	84	22,5	0,000000	41,1
	Ostatak				38,4
LL-P	Između populacija	9	9,2	0,000000	32,2
	Unutar populacija	84	23,3	0,000000	35,8
	Ostatak				32,1
LL-FC	Između populacija	9	4,9	0,000027	5,3
	Unutar populacija	84	2,8	0,000000	8,0
	Ostatak				86,7
LL-LL	Između populacija	9	10,3	0,000000	35,5
	Unutar populacija	84	24,7	0,000000	35,0
	Ostatak				29,5
LL-MLW	Između populacija	9	5,1	0,000019	18,6
	Unutar populacija	84	22,5	0,000000	42,2
	Ostatak				39,2
LL-PMLW	Između populacija	9	8,2	0,000000	24,6
	Unutar populacija	84	14,4	0,000000	30,3
	Ostatak				45,1
LL-LW1	Između populacija	9	4,9	0,000026	17,9
	Unutar populacija	84	21,9	0,000000	41,9
	Ostatak				40,2
LL-LW2	Između populacija	9	3,4	0,001336	8,3
	Unutar populacija	84	10,7	0,000000	30,0
	Ostatak				61,7
TL-LA1	Između populacija	9	4,3	0,000131	17,7
	Unutar populacija	84	30,2	0,000000	48,8
	Ostatak				33,5
LL-LA2	Između populacija	9	8,0	0,000000	32,1
	Unutar populacija	84	31,5	0,000000	41,0
	Ostatak				26,9

4.3. Analiza glavnih sastavnica (PCA)

Analizom glavnih sastavnica ustanovljeno je da prve četiri sastavnice objašnjavaju 83,28 % ukupne varijabilnosti. Također, prve četiri sastavnice imale su svojstvene vrijednosti veće od jedan, dok je najveća razlika utvrđena između druge i treće svojstvene vrijednosti. U Tablici 6 su prikazane korelacije između prve četiri glavne sastavnice i svih 13 istraživanih značajki lista poljskoga jasena. Na slici 7 je prikazan dijagram u kojem je u koordinatnom sustavu točkama prikazan položaj analiziranih jedinki i populacija, a vektorima izabranih 13 morfoloških značajki lista. Iz navedene tablice i slike vidljivo je da je prva glavna sastavnica objasnila 39,18 %, a druga glavna sastavnica 26,45 % ukupne varijabilnosti. Prva glavna sastavnica bila je u visokoj negativnoj korelaciji sa sedam (LL-PMLW, LL-LA, TL-LA, LL-LW1, TL-LW2, PL i LL-LW2), a druga s četiri istraživane značajke (TL-FC, LL-FC, TL-LA2 i LL-LA1). Treća glavna sastavnica bila je u srednje visokoj pozitivnoj korelaciji s TT-LA1, a četvrta s dužinom rahisa (RL). Na slici 7 nazire se trend odvajanja stabla iz populacije P06 – Čakovec.

Tablica 6. Pearsonov koeficijent korelacija između 13 morfoloških značajki listova i prve četiri glavne sastavnice.

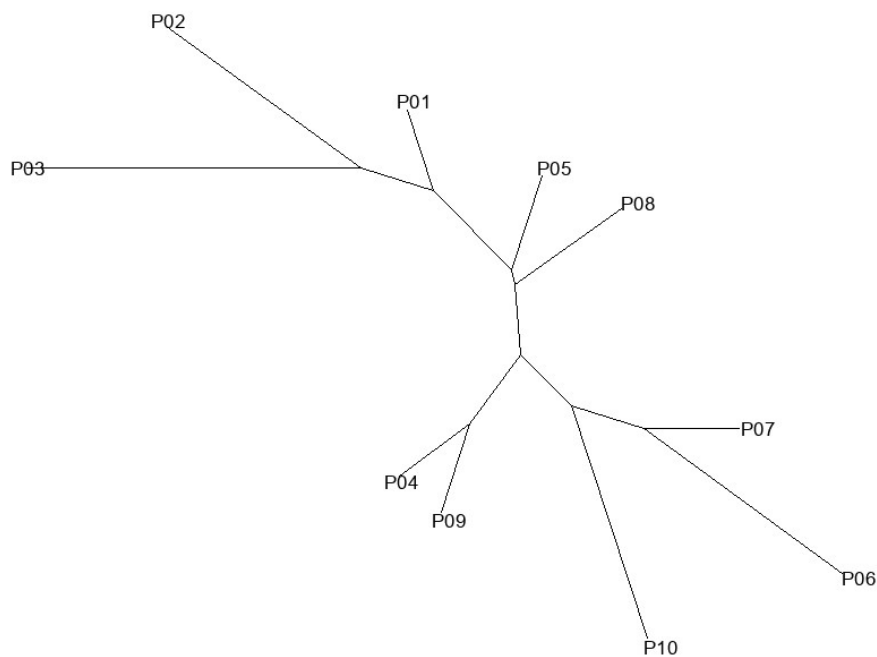
Značajka	PC-glavna sastavnica			
	PC1	PC2	PC3	PC4
LL-LA	-0,885	-0,200	0,262	0,068
LL-FC	0,259	-0,747	-0,395	0,083
LL-PMLW	-0,894	0,197	0,212	0,020
LL-LW1	-0,755	-0,565	-0,007	0,172
LL-LW2	-0,691	-0,552	-0,239	-0,048
LL-LA1	0,443	-0,689	-0,047	-0,046
TL-LA	-0,818	-0,149	0,229	-0,340
TL-FC	0,196	-0,884	-0,184	-0,041
TL-LW2	-0,733	-0,350	-0,220	-0,405
TL-LA1	0,480	-0,362	0,660	-0,192
TL-LA2	0,381	-0,701	0,525	-0,102
R	-0,258	-0,326	0,188	0,838
PL	-0,715	0,222	0,045	0,064
Svojstvena vrijednost	5,09	3,44	1,21	1,08
% Varijabilnosti	39,18	26,45	9,33	8,32
Kumulativna varijabilnost	39,18	65,64	74,96	83,28



Slika 7. Grafički prikaz analize glavnih sastavnica (PCA), na temelju 13 morfoloških značajki listova poljskoga jasena iz 10 prirodnih populacija u Hrvatskoj. Oznake populacija: P01-Mirna; P02-Zrmanja; P03-Cetina; P04-Neretva; P05-Samobor; P06-Čakovec; P07-Bjelovar; P08-Kutina; P09-Lužani; P10-Županja.

4.4. Nezakorijenjeno stablo

Na temelju matrice morfoloških udaljenosti po Euklidu između 10 populacija poljskog jasena izrađeno je nezakorijenjeno stablo *neighbor-joining* metodom po Saitou i Nei (1987). Stablo je prikazano na Slici 8. Na dobivenom nezakorijenjenom stablu vidljivo je razdvajanje populacija poljskog jasena u dvije skupine. Unutar prve skupine svrstale su se populacije P03, P02, P01, P05 i P08, a unutar druge skupine populacije P04, P09, P10, P06, i P07. U većini slučajeva može su učiti trend grupiranja populacija po eko-geografskom principu.



Slika 8. Nezakorijenjeno stablo nastalo na temelju podataka o morfološkoj varijabilnosti listova 10 populacija poljskoga jasena analiziranih u ovome istraživanju. Oznake populacija: P01-Mirna; P02-Zrmanja; P03-Cetina; P04-Neretva; P05-Samobor; P06-Čakovec; P07-Bjelovar; P08-Kutina; P09-Lužani; P10-Županja.

5. RASPRAVA

Rezultati morfometrijske analize listova ukazuju na to da su najvarijabilnija svojstva u istraživanim populacijama poljskog jasena u Hrvatskoj: kut koji zatvaraju glavna žila i točka na rubu vršne liske koja se nalazi na 10 % njezine dužine te površina i ušiljenost vrha postrane i vršne liske. Navedene varijable imale su u prosjeku koeficijente varijabilnosti više od 40 %. Općenito gledano poljski jasen je kroz povijest (Fukarek 1954, 1955, 1957), opisivao kao izrazito varijabilna vrsta što potvrđuju i rezultati ovog istraživanja. Naime, sve značajke, osim LL-LA2, imale su koeficijente varijabilnosti iznad 20 %.

Analizom varijance (ANOVA) utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika u vrijednostima aritmetičkih sredina kompariranih svojstava na unutarpopulacijskom i međupopulacijskom nivou za sva istraživana svojstva. Temeljem izračunatih komponenti varijance, evidentno je da je unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti. Raspodjelom ukupne varijabilnosti utvrđeno je da najveći udio varijabilnosti otpada na unutarpopulacijsku varijabilnost. Sličan obrazac raspodjele ukupne varijabilnosti dobivaju i Jarni i dr. (2011) prilikom istraživanja morfološke varijabilnosti listova poljskog jasena na području Slovenije.

Vrijednosti dobivene izmjerom listova u ovom istraživanju sveukupno su se kretale za dužinu lista od 10 do 17 cm, ako uzmemo u obzir dužinu rahisa i vršne liske. Idžojtić (2009) opisujući listove poljskog jasena navodi raspon vrijednosti od 15 do 25 cm za dužinu lista, te od 2 do 5 cm za dužinu peteljke. Prosječno najmanje vrijednosti za dužinu peteljke u ovom istraživanju na gornjoj su granici raspona koji navodi Idžojtić (2009). Prosječna dužina peteljke po populacijama kretala se je u rasponu od 4 do 7 cm. Što se tiče dužine i širine lisaka, u svojim botaničkim opisima autori (Idžojtić 2009; Caudullo i Houston Durrant 2016; Idžojtić i Poljak 2022) ne navode dimenzije posebno za vršne i postrane liske. Prosječna dužina i širina postrane liske u ovom istraživanju iznosi 6,2 cm i 1,8 cm, a prosječna dužina i širina vršne liske 6,7 cm i 1,9 cm. Prosječne vrijednosti dobivene u ovom istraživanju nalaze se u rasponu koji navode Idžojtić (2009), Caudullo i Houston Durrant (2016) te Idžojtić i Poljak (2022). Prema morfologiji listova i plodova (Jarni i dr. 2011) te po genskoj strukturiranosti populacija poljskoga jasena na području Hrvatske (Temunović i dr. 2012, 2013) možemo zaključiti da je prisutna samo jedna podvrsta subsp. *oxycarpa*.

Temunović i dr. (2012) utvrđuju da su populacije poljskog jasena u Hrvatskoj geografski strukturirane te da je u kontinentalnoj regiji prisutna visoka genetička raznolikost i niska diferencijacija populacija u odnosu na signifikantno nižu genetičku raznolikost i povećanu divergenciju populacija u mediteranskoj regiji. Također, navedeni autori ističu da je genetička udaljenost između populacija najjače korelirana s ekološkom udaljenošću. U ovom istraživanju su dobiveni slični rezultati. Utvrđene su razlike u aritmetičkim sredinama između kontinentalnih i mediteranskih populacija poljskoga jasena. Populacijama iz mediteranskog područja u većini slučajeva bile su svojstvena manje liske u odnosu na one koje su porijeklom iz kontinentalnih populacija. Također, isto kao i u istraživanjima koja provode Temunović i dr. (2012, 2013) utvrđeno je da se najviše u odnosu na sve ostale populacije razlikuje populacija P06 iz Čakovca. Zanimljivo je da populacija Čakovec, genetički gledano, čini zasebni genski skup u cijeloj Europi.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju analiziranih morfoloških svojstava listova iz 10 prirodnih populacija poljskoga jasena u Hrvatskoj, proizlaze sljedeći zaključci:

1. Morfološkom analizom listova utvrđeno je da postoje statistički značajke razlike između i unutar istraživanih populacija.
2. Za istraživana morfološka svojstva listova utvrđena je izrazito velika varijabilnost. Sve varijable osim LL-LA2 imale su koeficijente varijabilnosti više o 20 %.
3. Dimenzije listova i lisaka poljskoga jasena većim dijelom poklapaju se s dimenzijama koje su navedene u botaničkoj literaturi.
4. Populacija P06 (Čakovec) istaknula se je kao populacija koja se najviše razlikuje u odnosu na ostale istraživane populacije. Navedena populacija u prosjeku ima najveće postrane i vršne liske, kao i najduže peteljke.
5. Većina mediteranskih populacija poljskoga jasena u prosjeku je imala manje liske u odnosu na liske iz kontinentalnih populacija.
6. Kao najmanje varijabilna populacija u odnosu na sve ostale populacije izdvaja se populacija P09, a kao najvarijabilnija populacija P08.
7. Istraživanjem je utvrđena geografska strukturiranost populacija.

7. LITERATURA

- Boc, A., Boubacar Diallo, A., Makarenkov, V., 2012: T-REX: a web server for inferring, validating and visualizing phylogenetic trees and networks. *Nucleic Acids Research* 40: 573-579.
- Cattell, R. B., 1966: The scree test for the number of factors. *Multivariate behavioral research*, 1(2): 245–276.
- Caudullo, G., Huston Durrant, T., 2016: *Fraxinus angustifolia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. U: San-Miguel-Ayanz, J., D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, A. Mauri (Ed.): European atlas of forest tree species, Publication office of the European Union, Luxembourg, 97 str.
- Franjić, J., Temunović, M., 2022: Taksonomski status poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl, Oleaceae). U: Anić, I. (Ed.): Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- FRAXIGEN, 2005: Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. Oxford forestry institute, University of Oxford.
- Fukarek, P., 1954: Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl). *Šumarski list*, 78(9–10): 433–453.
- Fukarek, P., 1955: Dodatak članku Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl). *Šumarski list*, 79(1–2): 16–21.
- Fukarek, P., 1957: Novi podaci o poljskom jasenu (*Fraxinus angustifolia* Vahl). *Šumarski list*, 81(1–2): 30–35.
- Fukarek, P., 1960: Poljski jasen i njegova morfološka varijabilnost. *Fraxinus angustifolia* Vahl (= *Fr. oxycarpa* Willd.). *Glasnik za šumske pokuse*, 14: 133–258.
- Fukarek, P., 1983: Poljski jasen. U: Z. Potočić (Ed.): *Šumarska enciklopedija*, Svezak II., Jugoslavenski leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb.
- Gligić, V., 1953: Etimološki botanički rečnik. Veselin Masleša, Sarajevo, 256 str.
- Herman, J., 1971: *Šumarska dendrologija*, Zagreb, Stanbiro, 470 str.
- Heuertz, M., Carnevale, S., Fineschi, S., Sebastiani, F., Hausman, J.F., Paule, L., Vendramin, G.G., 2006: Chloroplast DNA phylogeography of European ashes, *Fraxinus* sp. (Oleaceae): roles of hybridization and life history traits. *Molecular Ecology*, 15(8):2131-2140.
- Idžojtić M., Poljak I., 2022: Morfološka i biološka obilježja i prirodna rasprostranjenost poljskog jasena. U: Anić, I. (Ed.): *Poljski jasen u Hrvatskoj*. Akademija šumarskih znanosti Zagreb, 33–45 str.
- Idžojtić, M., 2005: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 256 str.
- Idžojtić, M., 2009: Dendrologija – list. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 904 str.
- Idžojtić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 671 str.
- Jarni, K., Westergren, M., Krajger, H., Brus, R., 2011: Morphological variability of *Fraxinus angustifolia* Vahl in the north-western Balkans. *Acta societatis botanicorum Poloniae*, 80(3): 245–252.
- Koutecký, P., 2015: MorphoTools: A set of R functions for morphometric analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 301: 1115-1121.

- Makarenkov, V., 2001: T-REX: reconstructing and visualizing phylogenetic trees and reticulation networks. *Bioinformatics*, 17(7): 664-668.
- Matić, S., Prpić, B., 1983: Pošumljavanje. Savez inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske, Zagreb, 79 str.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*, Springer Verlag, New York, 283 str.
- Prpić, B., 1974: Korijenov sistem poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u različitim tipovima posavskih nizinskih šuma. *Glasnik za šumske pokuse*, 17: 253–333.
- R Core Team, 2016: *A Language and Environment for Statistical Computing*; R Foundation for Statistical Computing: Vienna. <http://www.R-project.org/> (Pristupljeno 15. 5. 2024.)
- Raddi, S., 2010: *Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804. Schmalblättrige Esche. U: A, Roloff, H. Weisgerber, U. M. Lang, B. Stimm (Ed.): *Enzyklopädie der Holzgewächse: handbuch und atlas der dendrologie*, Wiley–VCH, pp. 1994-2018.
- Saitou, N., Nei, M., 1987: The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4(4): 406-425.
- Shishkin, B. K., Bobrov, E. G., 1967: *Flora of the USSR, Volume XVIII, Metachlamydeae*. Smithsonian institution USA and the National science foundation, Washington DC, 600 str.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1989: *Biometry*, Freeman and CO, San Francisco.
- StatSoft, Inc. 2001: *STATISTICA (data analysis software system)*, version 8.0.
- Talavera, S., Andrés, C., Arista, M., Fernández Piedra, M. P., Gallego, M. J., Ortiz, P. L., Romero Zarco, C., Salgueiro, F. J., Silvestre, S., Quintanar, A., 2012: *Flora Iberica. Plantas vasculares de la península Ibérica e islas Baleares, Vol. XI, Gentianaceae – Boraginaceae*, Real jardín botánico, CSIC, Madrid.
- Temunović, M., 2013: Utjecaj ekoloških čimbenika na genetičku varijabilnost poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl, Oleaceae). *Doktorska disertacija*, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb.
- Temunović, M., Franjić, J., Šatović, Z., Grgurev, M., Frascaria-Lacoste, N., Fernández-Manjarrés, J.F., 2012: Environmental heterogeneity explains the genetic structure of Continental and Mediterranean populations of *Fraxinus angustifolia* Vahl. *PLoS One* 7(8): e42764.
- Vukelić, J., Mikac, S., Baričević, D., Bakšić, D., Rosavec, R., 2008: Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj. Nacionalna ekološka mreža, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 263 str.
- Wallander, E., 2008: Systematics of *Fraxinus* (Oleaceae) and evolution of dioecy. *Plant systematics and evolution*, 273: 25–49.
- Wallander, E., Albert V.A., 2000: Phylogeny and classification of Oleaceae based on rps16 and trnL-F sequence data. *American Journal of Botany*, 87(12): 1827-1841.
- WCSP, 2018: *World checklist of selected plant families*. Facilitated by the Royal botanic gardens, kew published on the internet; <http://wcsp.science.kew.org/> (Pristupljeno 14. 5. 2024.)
- WFO 2024: *World Flora Online*. <https://www.worldfloraonline.org/> (Pristupljeno 21. 5. 2024.)
- WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.