

Morfološka varijabilnost listova bademaste vrbe (*Salix triandra* L.) u Hrvatskoj

Stipetić, Rudolf

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:108:291490>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-25**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO**

RUDOLF STIPETIĆ

**MORFOLOŠKA VARIJABILNOST LISTOVA
BADEMASTE VRBE (*Salix triandra* L.) U HRVATSKOJ**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2021.)

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.
Student:	Rudolf Stipetić
JMBAG:	0068234233
Akad. godina:	2020./2021.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 17. rujna 2021. godine
Sadržaj rada:	Slika: 6 Tablica: 6 Navoda literature: 34 Stranica: 21
Sažetak:	<p>Cilj ovoga rada bio je utvrditi morfološku varijabilnost listova 10 populacija bademaste vrbe (<i>Salix triandra</i> L., Salicaceae) na području Hrvatske. Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost utvrđena je na temelju devet morfoloških karakteristika listova, pri čemu su u analizi podataka korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode. Rezultati istraživanja upućuju na visok stupanj varijabilnosti morfoloških svojstava listova. Prosječan koeficijent varijacije kretao se od 12,78 % za kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) do 38,80 % za površinu plojke (LA). Neparometrijskom analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih populacija, kao i između grmova unutar populacija, za sva istraživana svojstva lista. Međusobno najslabije populacije bile su Dobra mlin i Gomirje, odnosno Sabljaci i Perić most te Lonjsko polje i Mirna. Prosječno najveći listovi zabilježeni su u populacije Županja, a prosječno najmanji u populacije Vitunj. Odvajanje navedenih populacija od ostalih uvjetovano je specifičnim ekološkim uvjetima njihova pridolaska.</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, 17. rujna 2021. godine.

vlastoručni potpis

Rudolf Stipetić

PREDGOVOR

Temu koju sam odabrao i analizirao nosi naziv „Morfološka varijabilnost listova bademaste vrbe (*Salix triandra* L.) u Hrvatskoj“. Razlog zašto sam odabrao ovu temu krije se u tome što je bademasta vrba rijetka drvenasta vrsta koja je zastupljena u okolini mog rodnog grada.

Zahvaljujem se svim profesorima Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije, koji su mi predavali tijekom preddiplomskog studija. Posebno se zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Igoru Poljaku na izboru teme i velikoj pomoći prilikom realiziranja rada. Zahvaljujem se svojoj obitelji, kolegama i svima koji su doprinijeli izradi ovog rada.

Veliko hvala svima.

Rudolf Stipetić

U Zagrebu, 17. rujna 2021. godine.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Rod <i>Salix</i> L.	1
1.2. Morfologija i biologija bademaste vrbe.....	2
1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke bademaste vrbe	4
Rasprostranjenost.....	4
Ekologija.....	4
1.4. Taksonomija, diferencijacija i hibridizacija.....	5
1.5. Dosadašnja istraživanja.....	6
2. CILJ RADA	8
3. MATERIJAL I METODE	9
3.1. Materijal.....	9
3.2. Morfometrijska analiza listova	9
3.3. Statistička obrada podataka.....	10
4. REZULTATI.....	11
4.1. Deskriptivna statistika.....	11
4.2. Kruskal-Wallis analiza varijance	11
4.3. Klasterska analiza	14
4.4. Diskriminantna analiza	14
5. RASPRAVA	17
6. ZAKLJUČCI.....	19
7. LITERATURA	20

1. UVOD

1.1. Rod *Salix* L.

Porodica Salicaceae (vrbe, vrbovke) jedna je od rijetkih porodica koja obuhvaća drvenaste i zeljaste vrste. Rod *Salix* L. (vrbe) broji oko 400 različitih vrsta široko rasprostranjenih u hladnijem i umjerenom pojasu sjeverne polutke (Herman 1971; Žufa 1987; Nikolić 2013).

Vrbe su higrofilne i heliofilne biljke. Otporne su na niske temperature i toleriraju oskudne stanišne uvjete. Naseljavaju prozračna, rahla i svježja tla, s povoljnim fizikalnim sastavom. Zahvaljujući tim karakteristikama i obilnom rađanju sjemena koje ima sposobnost širenja na velike udaljenosti, vrbe lako naseljavaju nova staništa, a naročito ona uz vodene površine. Vrbe, zajedno s topolama i johama, ubrajamo u pionirske vrste koje pripremaju staništa za dolazak drugih vrsta (Herman 1971; Žufa 1987).

Listovi su u vrba naizmjenično raspoređeni, jednostavni, s kratkom peteljkom ili sjedeći i s obzirom na oblik raznoliki: linearni, duguljasti, kopljasti, jajasti, eliptični ili obrnuto jajasti, više ili manje šiljasti, dlakavi ili goli (Herman 1971; Žufa 1987; Nikolić 2013). Osim naizmjenično raspoređenih listova, neke vrste vrba, kao što su *S. purpurea* L. i *S. integra* Thunb., imaju naizmjenično i nasuprotno raspoređeno lišće. Boja listova je rijetko ista s obje strane. Donja strana lista je obično svjetlije boje, često bijelo ili sivkasto dlakava. Pupove pokriva samo jedna ljuska koja nalikuje na kapuljaču. U dugih ovogodišnjih izbojaka nema vršnoga pupa. Izbojci su viseći ili uspravni, dugački, vitki, razgranati, žilavi i elastični, ponekad lomljivi (Herman 1971; Žufa 1987; Nikolić 2013).

Kora stabla je glatka ili duboko ispucala, a ponekad se ljušti i otpada u tankim pločicama. Korijenje je izuzetno bogato, čupavo, ali raste plitko. Ono je u većine vrsta razgranato samo u širinu, ali ne i u dubinu. Glavni korijen brzo zakržlja i onda ga zamjeni brojno postrano korijenje (Herman 1971; Žufa 1987).

Vrbe imaju jednospolne cvjetove na dvodomnim biljkama i izrazito su jednostavne građe. Neke vrste cvjetaju prije listanja, druge za vrijeme listanja, a neke neposredno nakon listanja. Veći broj cvjetova sakupljen je u cvatovima, odnosno resama, koje često nazivamo i macama. Rese su smještene na kratkoj stapci ili sjede. Andrecej se sastoji od 2 – 12 prašnika i njihov broj je karakterističan za pojedine vrste. Uglavnom su po dva prašnika zajedno, rjeđe tri ili više, a djelomično jedan prašnik je zabilježen samo u vrste *S. sitchensis* Sanson ex Bong. (Herman 1971; Žufa 1987; Idžojtić 2013; Nikolić 2013).

Vrbe se oprašuju pomoću kukaca - entomofilija. Osim entomofilije, može doći i do anemofilije - oprašivanje vjetrom (Nikolić 2013). Plod u vrba je dvodijelni tobolac koji sadrži mnoštvo sjemenki (Žufa 1987; Nikolić 2013). Plodonošenje je obilno i redovno svake godine. Sjeme je mnogobrojno i vrlo sitno, prilagođeno anemohoriji i hidrohoriji. S donje strane sjemena nalaze se dlačice (kunadra) koje pomažu u boljeg rasprostiranja vjetrom i vodom. Obično sazrijeva u svibnju i lipnju iste godine. Sjeme nema endosperm, testa je tanka, a dehidracija brza pa gubi klijavost već nakon nekoliko dana.

1.2. Morfologija i biologija bademaste vrbe

Salix triandra L. (*S. amygdalina* L., *S. hoppeana* Willd.), (bademasta vrba) raste u obliku velikog grma, rijetko manjeg stabla. Podrijetlom je iz Euroazije, poznata je po ljuskavoj kori koja se ljušti u mlađoj dobi. Tri prašnika, naglašeni lisni zalisci i dugo razdoblje cvjetanja karakteriziraju ovu nekada uobičajenu i često korištenu vrstu. Poznata je po velikoj toleranciji na poplave stoga raste na obalama plovnih putova i na poplavnim ravninama (Bartha 2011).

Bademasta vrba je uspravan 1,5 – 4 m visok grm, rijetko nisko stablo visine do 8 m i promjera do 20 cm. To je prijelazna vrsta između drveća i grmlja iz roda *Salix*. Pojedinačni grmovi tvorit će okruglu ili ovalnu krošnju. Deblo se u gornjim dijelovima krošnje grana u jednako jake grane. Grane su krive s uspravnim rijetko izbočenim, postranim granama i izbojcima. Kut koji zatvara grana prema deblu je oštar. Mladi izbojci skloni su izrazitom razvoju postranih grančica (Rechinger 1957; Chmelař i Meusel 1986; Bartha 2011).

Mlada kora je cimetasto-smeđa ili crvenkasta. Bademasta vrba ima upadljivu, ljuskavu koru debla i starijih grana koje imaju promjer > 5 cm. Sadržaj tanina u kori iznosi oko 16 % (Hegnauer 1973; Chmelař i Meusel 1986). Iako je drvo vrba općenito mekano i lagano, bademasta vrba ima drvo veće gustoće. Srčika je svijetlocrvena, a postupno postaje bijela prema bjeljici.

Grane su tanke, nešto sjajne i glatke, zelenkastosmeđe do tamnosmeđe, ponekad crvene s osunčane strane. Izbojci nisu prekriveni dlačicama samo su vrlo mladi ponekad blago dlakavi. Na poprečnom presjeku su zvjezdasti, a srčika im je oštrokutno zvjezdasta. Ožiljci otpalih listova na izbojcima imaju tipičan oblik za rod *Salix* s tri traga provodnih snopića. Pupovi i izbojci su manje-više iste boje. Važan element za određivanje vrste je baza izbojka s dva pupa. Vršni pup je nerazvijen, a prisutni su samo postrani pupovi. Cvjetni i lisni pupovi sličnog su oblika i veličine. Pupovi bliže osnovi izbojaka manji su u odnosu na one pri vrhu. Na donjem dijelu dužih izbojaka prisutni su i "spavajući" pupovi. Pupovi su prekriveni jednom ljuskom, priljubljeni su uz izbojak ili blago strše. Dugački su 5 – 6 mm, široki 1 – 1,5 mm, debljine približno 1,5 mm. Ljuske pupova su čvrste bez dlačica, tamnosmeđe boje i bez sjaja (Rechinger 1957; Chmelař i Meusel 1978; Hörandl 1992, 1996, Bartha 2011).

Listovi su spiralno raspoređeni, eliptičnog do uskog linearnog oblika. Rubovi srednjega dijela lista često teku paralelno, a konvergirati počinju od gornje trećine ili četvrtine dužine lista. List je dugačak 3 – 10 (15) cm, obostrano bez dlačica, s gornje strane tamnozeleno boje, a s donje svjetlije zelene (blago sjajne) do plavo-bijele boje (voštane). Središnja i bočna žila strše i jasno su vidljive s obje strane lista. Na donjoj strani plojke nalazi se jednoslojna hipoderma. Osnova lista je šiljasta ili tupa, a rub lista je neupadljiv, fino nazubljen, s manje-više udaljenim i jedva izbočenim žlijezdama. Žlijezde su manje-više utonule između nazubljenja na rubu lista. Listovi su šiljastog ili tupog vrha. Peteljka je u obliku slova U (u obliku kanala) s ispupčenom stranom okrenutom prema dolje. Dužine je 5 – 15 mm, bez dlačica ili rijetko prekrivena mutnim dlačicama. Na osnovi peteljke nalazi se 1 (2) par žlijezda. Palistići (stipule) su jasno razvijene, okrenute prema van, dugačke 2 – 10 mm, bubrežaste ili srcaste, šiljaste s nazubljenim rubovima. Najrazvijeniji su palistići na vrhu ovogodišnjih izbojaka (Bartha 2011).

Listovi na vršnim izbojcima su znatno veći s razvijenijim palistićima. Uspoređujući prvi, drugi i posljednji list na izbojcima očita je značajna razlika u veličini. Prvi listovi ovalnog oblika (primarni listovi) imaju za razliku od lišća ostalih vrsta vrba, nazubljeni rub lista i dlakavi su s donje strane. Rast i grananje ljetnih izbojaka vrlo je zamjetan.



Slika 1. *Salix triandra* – plavo-bijelo lišće.



Slika 2. *Salix triandra* – svijetlozeleno lišće.

Muške i ženske rese nalaze se postrano na granama. Rese se pojavljuju neposredno prije ili istovremeno s lišćem. Muške rese su uspravne ili blago zakrivljene, uglavnom usko cilindrične, dugačke 4 – 8 cm, 6 – 10 puta duže od širine. Kada se nalaze bliže vrhu izbojka rese su gotovo sjedeće, inače se nalaze na stapkama. Stapka rese dugačka je 0,5 – 1 cm s malim linearnim listovima koji su cijeli ili s djelomično žljezdastim i nazubljenim rubovima bez dlaka ili s tankim dlačicama nalik na svilu. Brakteje su jajaste, kožaste, žućkastozelene boje s gornje strane bez dlaka. Bademasta vrba je poliandrozna vrsta koja razvija tri prašnika. Češće se u nižim cvjetovima cvata reducira broj na dva prašnika. Prašnici su gusto raspoređeni, a prašnička nit je otprilike dva puta duža od brakteje. Prašnici su kuglasti i žuti. Nektarij je sprijeda uzak i linearan, a dužina mu iznosi otprilike $\frac{1}{4}$ dužine brakteje. Nektariji na stražnjoj strani prašnika nešto su duži, široko jajasti, po rubovima ulegli ili blago prorijeđeni i mesnati. Pelud je sitna, izdužena, s mrežastom površinom (Bartha 2011).

Ženske rese su uspravne, tanke, stožaste, cilindrične, nježne, dugačke 2 – 3 (5) cm, 4 – 10 puta duže od širine, pri dnu izbojaka uglavnom na stapkama, inače sjedeće. Stapke ženskih resa su dugačke 0,5 – 1 (1,5) cm. Cvatna os prekrivena je kratkim bijelim dlačicama. Brakteje su dugačke kao i u muških resa ili nešto duže od cvjetnih stapki i ne otpadaju sve dok plod ne sazrije. Plodnica je konusnog oblika, tupa i bez dlaka, smještena na relativnoj dugačkoj stapci bez dlačica. Dužina stapke iznosi $\frac{1}{2}$ do $\frac{1}{4}$ dužine plodnice. Vrat tučka je vrlo kratak, gotovo odsutan, dugačak najviše 2 mm ili skriven između debele, prema van izbočene njuške tučka. Njuška tučka je podijeljena na vodoravno ispružene režnjeve. U ženskih resa razvijen je samo stražnji nektarij. Nektarij je širok, s gornje strane spljošten, mesnat, razvija se manje-više oko stapke cvijeta i dugačak je $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ dužine cvijeta (Rechinger 1957; Hörandl i dr. 2002). Cvjetanje traje od ožujka do lipnja. Drugo cvjetanje gotovo je uvijek prisutno krajem ljeta.

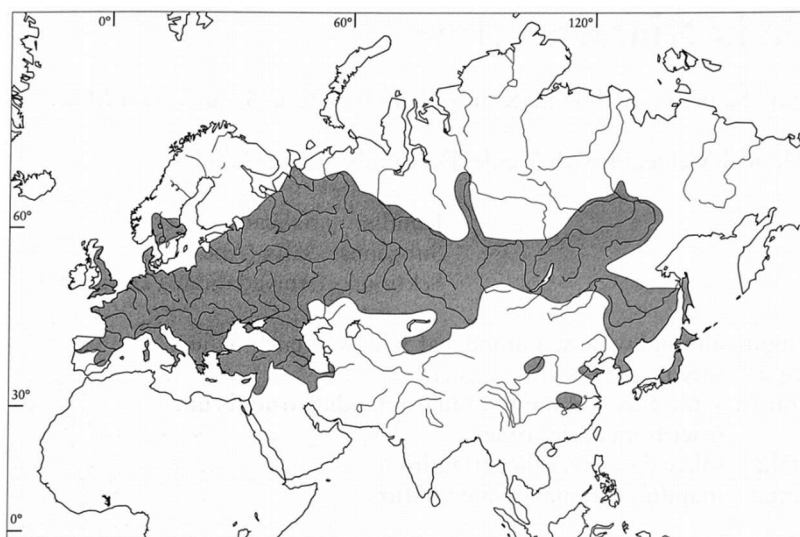
Plod je svijetlosmeđi dvodijelni tobolac, koji se pri sazrijevanju razdvaja i oslobađa brojne sjemenke. Sjemenke su male, elipsoidne, zelene boje kada su svježije. S donje strane sjemena nalaze se dlačice koje pomažu prilikom boljeg rasprostiranja vjetrom i vodom. Vrsta

se svake godine razmnožava velikim količinama sjemena. Nakon poplava, slomljena ili iščupana stabla razvit će niz novih izbojaka iz panja. Za uzgoj se pretežito koriste reznice. Tijekom ukorjenjivanja korijenje se razvija cijelom dužinom reznice (Bartha 2011).

1.3. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke bademaste vrbe

Rasprostranjenost

Bademasta vrba euroazijski je florni element. Prirodnu rasprostranjenost teško je odrediti jer je vrsta na nekim mjestima unesena, a na drugim uništena pašom. Vrsta je uobičajena u većem dijelu Europe, od 37 do 66 ° sjeverne geografske širine. Vrlo rijetko raste u Skandinaviji, ali je još uvijek vrlo česta u većem dijelu Mediterana. Nema je u Škotskoj, Sjevernoj Irskoj, sjevernoj Skandinaviji i u hladnijim dijelovima sjeveroistočne Europe. U Aziji bademasta vrba raste u jugozapadnom, sjevernom i sjeveroistočnom dijelu kontinenta, u sjevernom i istočnom dijelu Male Azije, na Kavkazu, sjevernom Iranu, Turkestanu (Kazahstan), kroz umjerenu zonu Sibira istočno do Kine, Mandžurije i Japana. Točni granice areala unutar srednje Azije i Sibira nisu utvrđene. Prema pojedinim izvorima, bademastu vrbu se može naći i u sjeverozapadnoj Africi (Jalas i Suominen 1976; Chmelar i Meusel 1986). Bademasta vrba prvenstveno je vrsta ravničarskog i brežuljkastog vegetacijskog pojasa. U prirodnom staništu raste uglavnom u nizinama, rijetko u dolinama. U južnim Alpama pojedinačni grmovi pronađeni su i na nadmorskim visinama od 1550 (Ritten, Italija) pa sve do 1820 m (kanton Valais, Švicarska) (Rechinger 1957).



Slika 3. *Salix triandra* – prirodna rasprostranjenost (Jalas i Suominen 1976)

Ekologija

Bademasta vrba tipična je pionirska vrsta, kojoj je potrebna izravna sunčeva svjetlost, iako podnosi više sjene u usporedbi s bijelom (*S. alba* L.) i krhkom (*S. fragilis* L.) vrbom. Donekle je otporna na kasne mrazove. U smislu pH vrijednosti i uvjeta vode je tolerantna

vrsta koja je sposobna dobro se prilagoditi. Raste uglavnom na vlažnim, povremeno poplavljenim, umjereno suhim do naizmjenično vlažnim i suhim tlima u vodi na obalama rijeka, vodotoka, potoka i jezera, u zoni srednjeg vodostaja. Dobro podnosi stajaću vodu. Bademasta vrba prvenstveno raste na tlima bogatim hranjivim tvarima po mogućnosti krečnjačkim, umjereno kiselim do bazičnim tlima koja sadrže pijesak ili šljunak (mlađa i starija aluvijalna tla), kao i na glinenim i tresetnim tlima (Glenz i sur. 2006).



Slika 4. *Salix triandra* – prirodno stanište (Gomirje (Ribnjak) zemljopisna širina: 45,3414071 °, zemljopisna dužina: 15,1116587 °, nadmorska visina 352 m).

Salix triandra među prvim naseljava tlo, uglavnom sa košaračkom vrbom (*S. viminalis* L.) i vrbom rakitom (*S. purpurea* L.) u vegetaciji poplavnog šipražja. Karakteristična je vrsta zajednice bademaste vrbe (*Salicetum triandrae* Malciut 1929) sveze *Salicion albe* Soó 1930 poplavnih šuma vrba i topola. Raštrkane pojedinačne biljke mogu se naći i s drugim vrbama u brojnim pionirskim zajednicama na obalama rijeka i potoka, uglavnom u obalnim i poplavnim zajednicama mekih listača. Bademasta vrba može podnijeti temperature i do -35 °C. Godišnje količine oborina u području prirodne rasprostranjenosti ove vrbe variraju u rasponu između 400 i 1000 mm.

1.4. Taksonomija, diferencijacija i hibridizacija

Taksonomija ove vrste nije do kraja razjašnjena, no evidentne su morfološke razlike između pojedinih biljaka bademaste vrbe u Europi (Bartha 2011). Najuočljivija je razlika u boji listova. Naime, određene jedinice imaju odozdo svijetlozeleno, dok druge imaju plavkastobijelo lišće. S obzirom na to opisane su dvije podvrste bademaste vrbe: subsp. *triandra* i subsp. *discolor* (Wimm. et Grab.) Arcang. Prema nekim autorima (Görz 1992; Skvortsov 1968; Hörandl i dr. 2002) ove dvije skupine biljaka različito obojenih listova

imaju različito područje rasprostranjenosti, s velikim površinama na kojima spontano raste samo jedan od oblika.

Subsp. *triandra* ima peteljku dužine 1/8 do 1/12 dužine lista. Plojka je s donje strane svijetlozelena, glatka i blago sjajna, 3 – 7 puta duža od širine. Žlijezde na plojki uglavnom su upadljive. Cvatovi se nalaze na 1 – 2 (3) mm dugačkim stapkama. Raste uglavnom u područjima pod utjecajem mediteranske ili oceanske klime, uobičajeno u nizinama sjeverozapadne Europe te rijetko u Alpama. Može se naći na blatnjavim obalama i vlažnim područjima srednje Europe.

Subsp. *discolor* ima peteljku dužine 1/5 do 1/6 dužine lista. Plojka je s donje strane, zbog voštane prevlake, plavkasto-bijele boje, 2 – 7 puta duža od širine. Cvatovi se nalaze na 0,5 – 1 (1,5) mm dugačkim stapkama. Raste ponajviše u kontinentalnim područjima južne i istočne Europe, u dolinama Alpa i u dolini rijeke Rajne. Raste na pješćanim i šljunčanim riječnim obalama, u područjima s nižom vlagom zraka.

U Aziji su zabilježene još dvije podvrste, subsp. *bornmuelleri* (Hauskn.) A.K. Skvortsov (*S. bornmuelleri* Hauskn.) na području Male Azije i na Kavkazu te subsp. *nipponica* (Franch. et Sav.) A.K. Skvortsov (*S. nipponica* Franch. et Sav.) u istočnoj Aziji (Bartha 2011).

Poznato je da se vrbe vrlo lako međusobno križaju, što često otežava ionako kompleksnu determinaciju pojedinih vrsta. U literaturi je opisan velik broj križanaca bademaste vrbe, ali i trostrukih križanaca, nastalih križanjem triju različitih vrsta: *S. alba* × *S. triandra* = *S. × undulata* J. Forbes (*S. × lanceolata* Ser., *S. × erythroclados* Simonk.); *S. aurita* L. × *S. triandra* = *S. × krausei* Andersson (*S. × litigiosa* A.Camus et E.G.Camus); *S. dasyclados* Wimm. × *S. triandra* = *S. salischii* Seemen (*S. × schaburovii* I.V. Beljaeva); *S. fragilis* × *S. triandra* = *S. × alopecuroides* Tausch (*S. × speciosa* Hook. et Arn., *S. × subtriandra* Neilr., *S. × kovatsii* A.Kern.); *S. petandra* L. × *S. triandra* = *S. × schumanniana* Seemen; *S. purpurea* × *S. triandra* = *S. leiophylla* A.Camus et E.G.Camus; *S. alba* × *S. fragilis* × *S. triandra* = *S. × erythroclados* Simonk.

1.5. Dosadašnja istraživanja

Istraživanja na bademastoj vrbi su rijetka i često su dio većih istraživanja u koja su uključene i druge vrsta vrba.

Trybush i dr. (2008) ispituju genetičke odnose između 154 genotipa 50 različitih vrsta vrba. U istraživanju je korišteno devet kombinacija AFLP biljega, pomoću kojih su navedeni autori odredili odnose između blisko srodnih taksona te diferencijaciju između većine vrsta, sekcija i podrodova. Dendrogram dobiven u ovome istraživanju dijeli taksone u tri jasno definirana klastera. Zanimljivo, prva dva klastera sadržavala su vrste iz podrodova *Vetrix* i *Salix*, dok je treći klaster sadržavao samo vrstu *S. triandra*. Odvajanje bademaste vrbe potvrđeno je i analizom molekularne varijance (AMOVA). Autori ističu da navedeni rezultati dovode u pitanje trenutnu klasifikaciju vrste *S. triandra* u podrod *Salix*, budući da je ona jasno odvojena od navedenog poroda. Iako je morfološkom procjenom potvrđena prisutnost dviju podvrsta unutar vrste *S. triandra* (subsp. *triandra* i subsp. *discolor*), one nisu bile jasno vidljive iz rezultata AFLP-a. Ranije studije također potvrđuju poseban status ove

vrste. Naime, veličina ITS 1 regije u bademaste vrbe iznosi 223 bp, dok je u drugih vrsta ona 222 bp (Leskinen i Alstrom-Rapaport 1999).

Tomaszewski (2004) istražuje strukturu voštane prevlake na lišću četiri vrste vrba u Europi, među kojima je i *S. triandra*. Istraživanje je pokazalo da su neobične konične strukture nazvane konikoidi prisutne s donje strane listova triju vrsta. U vrsta *S. fragilis* i *S. triandra* one su slične veličine, dok su u vrste *S. alba* one značajno veće. S druge strane, u vrste *S. pentandra* one nisu pronađene, već je zabilježena samo amorfnu voštana prevlaka. Iako su se *S. fragilis* i *S. triandra* pokazale veoma sličnima što se tiče strukture konikoida, u *S. fragilis* one su znatno labavije i često se kidaju na manje dijelove. Osim toga, u krhke vrbe nisu zabilježene "krhotine", koje su karakteristične za bademastu vrbu. Osim toga, u ovom je istraživanju otkriveno da dobro razvijene voštane strukture mogu biti formirane i na najstarijem lišću, no one su tamo neujednačene i često tvore "otoke" na listu, u čijoj sredini su jasno vidljivi konikoidi koji prema rubovima postepeno prelaze u amorfnu voštanu prevlaku koja se nalazi između otoka. U najmlađih listova zabilježena je potpuna i djelomična odsutnost konikoida.

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je ispitati varijabilnost populacija bademaste vrbe (*Salix triandra*) u Hrvatskoj na materijalu iz 10 prirodnih populacija. Istraživanje populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi devet morfoloških svojstava listova, pri čijoj su analizi korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Materijal

U istraživanje je uključeno 10 populacija bademaste vrbe iz Hrvatske (tablica 1). Terenska istraživanja provedena su u lipnju 2020. godine. Terenski rad je obuhvaćao sakupljanje uzoraka listova za morfometrijsku analizu. Na svakom lokalitetu sakupljeno je po 40 listova s kratkih, osunčanih izbojaka sa svih pronađenih jedinki bademaste vrbe. 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 dužina (°)	Geografska širina (°)	Nadmorska visina (m)
P01	Mirna	13,890530	45,377166	19,0
P02	Gomirje	15,1116587	45,3414071	351,9
P03	Perić most	15,1769467	45,3118079	344,8
P04	Vitunj	15,1570822	45,2898021	339,4
P05	Dobra mlin	15,197019	45,2689907	323,9
P06	Zagorska Mrežnica	15,2200621	45,2188147	321,0
P07	Sabljaci	15,2307777	45,2353744	315,5
P08	Zagorska Mrežnica izvor	15,225504	45,1969935	328,8
P09	Lonjsko polje	16,698124	45,461564	110,0
P10	Županja	18,683891	45,089126	82,0

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 mjerene su sljedeće morfološke značajke: površina plojke (LA); koeficijent oblika (FC); dužina plojke (LL); maksimalna širina plojke (MLW); dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW); širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2); i dužina peteljke (PL).

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), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije ($CV\%$). Testirana je i normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test). S obzirom na to da mjerene varijable nisu imale homogene varijance i normalne distribucije za daljnja testiranja statističke značajnosti između mjerenih varijabli korištena je neparametrijska Kruskal-Wallis analiza varijance. Razlike su utvrđene između populacija i između grmova unutar populacija.

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti između istraživanih populacija korištena je *cluster* analiza (Poljak i dr. 2018). 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 UPGMA metoda.

Kako bi se utvrdilo koje značajke nabolje razlikuju istraživane populacije korištena je diskriminantna analiza. Nezavisne varijable koje su korištene za razlikovanje grupa, u model su unesene sukcesivno, odnosno postupnom metodom prema naprijed (*forward stepwise method*). Drugim riječima, varijable su unošene jedna po jedna i to na način da prvenstvo ima varijabla s najvećim signifikantnim doprinosom razlikovanju grupa. U konačnici u model je uključeno šest varijabla koje su najbolje razlikovale istraživane skupine grmova bademaste vrbe. Diskriminacijske funkcije dobivene su pomoću kanoničke analize. Za svaku signifikantnu funkciju potom su određeni standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabli i to za svaku varijablu posebno. Pomoću navedenih koeficijenata određuje se veličina i smjer doprinosa svake pojedine varijable svakoj od izračunatih diskriminacijskih funkcija. Što je veći standardizirani koeficijent po svojoj apsolutnoj vrijednosti to je i veći doprinos određene varijable razlikovanju grupa koje je definirano određenom diskriminacijskom funkcijom. I na kraju, kako bi se odredilo između kojih je grupa definirano razlikovanje dobivenim funkcijama, određene su sredine funkcija.

Kako bi se omogućila klasifikacija novih uzoraka u jednu od analiziranih grupa izračunate su klasifikacijske funkcije za svaku od tih grupa. Uzorak se uvrštava u onu grupu za koju je klasifikacijski rezultat najveći. Nakon toga, izrađuje se klasifikacijska matrica pomoću koje se može vidjeti u koje bi grupe bili raspoređeni postojeći podatci pomoću dotičnih klasifikacijskih funkcija. Ukoliko se postojeći podatci sa zadovoljavajućom vjerojatnošću točno klasificiraju u grupe, utoliko je pretpostavka da će novi podatci s jednakom vjerojatnošću biti klasificirani u jednu od grupa.

4. REZULTATI

4.1. Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statističke analize prikazani su u tablici 2 po populacijama te ukupno za sve populacije zajedno. Za svaku mjerenu morfološku značajku prikazani su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV). Maksimalne vrijednosti označene su crvenom, a minimalne zelenom bojom.

Ukupna prosječna dužina plojke (LL) iznosi 4,37 cm, prosječna maksimalna širina plojke (MLW) 1,19 cm, a dužina peteljke (PL) 0,76 cm. Prosječan koeficijent varijacije kretao se od 12,78 % za kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) do 38,80 % za površinu plojke (LA). Nakon površine plojke, sljedeća najvarijabilnija značajka je dužina peteljke (PL), s koeficijentom varijabilnosti od 32,98 %, iza koje slijedi širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2) s 30,69 %. Malu varijabilnost osim već spomenute LA1 značajke imaju i značajke LA2 (kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke) i FC (koeficijent oblika).

Populaciju Vitunj karakteriziraju najmanje prosječne vrijednosti za pet od devet mjenjenih morfoloških značajki lista: LA, LL, MLW, PMLW i LW2, što upućuje na to da ova populacija u prosjeku ima najmanje lišće. Osim toga, istu populaciju odlikuje i najmanji koeficijent varijabilnosti za četiri značajke (LA, MLW, PMLW i LW2), što ju čini najmanje varijabilnom populacijom. S druge strane, najvarijabilnijom populacijom pokazala se istarska populacija Mirna, koja ima najviše koeficijente varijabilnosti za sedam od devet istraživanih morfoloških svojstava (LA, FC, LL, MLW, LA1, LA2 i PL). Prosječno najveće, najduže i najšire listove, kao i najdužu peteljku imala je populacija Županja.

4.2. Kruskal-Wallis analiza varijance

Neparametrijskom analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih populacija, kao i između grmova unutar populacija, za sva istraživana svojstva lista. S obzirom na to da su rezultati provedene analize pokazali da se populacije međusobno signifikantno razlikuju za većinu istraživanih značajki, provedeno je i testiranje za sve parove populacija kako bi se utvrdilo koje se točno populacije međusobno signifikantno razlikuju za pojedina mjerena svojstva. Rezultati provedene analize prikazani su u tablici 3. Utvrđeno je da se populacije Gomirje i Dobra mlin razlikuju samo za dvije značajke, što je i u skladu s rezultatima klusterske analize koji su prikazani u sljedećem potpoglavlju. Populacije koje se od ostalih razlikuju po najviše morfoloških značajki su Mirna, Vitunj i Županja.

Tablica 2. Deskriptivni statistički pokazatelji. Oznake populacija: P01 – Mirna; P02 – Gomirje; P03 – Perić most; P04 – Vitunj; P05 – Dobra mlin; P06 – Zagorska Mrežnica; P07 – Sabljaci; P08 – Zagorska Mrežnica izvor; P09 – Lonjsko polje; P10 – Županja.

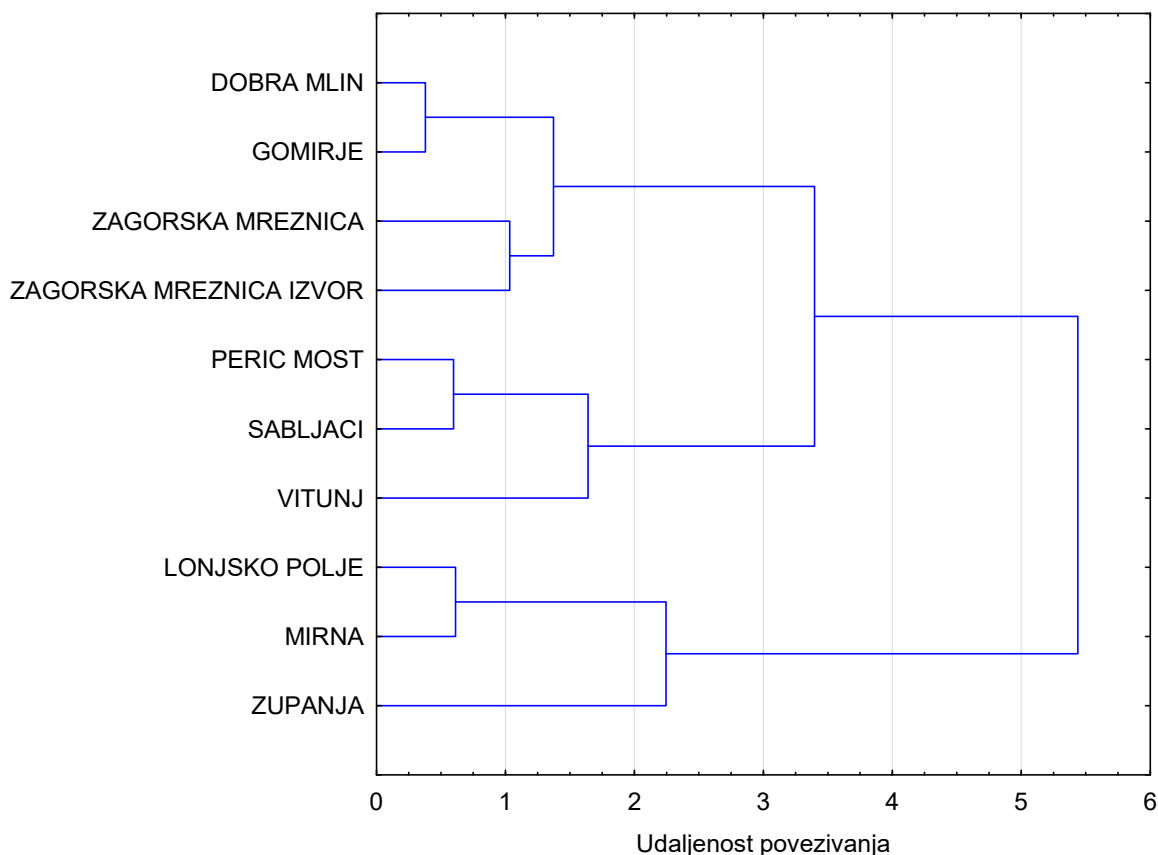
Populacija	Deskriptivni pokazatelj	Značajke								
		LA (cm2)	FC	LL (cm)	MLW (cm)	PMLW (cm)	LW2 (cm)	LA1 (°)	LA2 (°)	PL (cm)
P01	M	5,47	0,37	5,75	1,33	2,78	0,46	28,95	20,17	0,92
	SD	2,47	0,08	1,41	0,29	0,83	0,13	5,85	4,19	0,30
	CV (%)	45,15	21,20	24,56	21,87	30,05	28,03	20,21	20,78	32,94
P02	M	4,00	0,39	4,85	1,18	2,02	0,34	34,88	22,79	0,76
	SD	0,95	0,07	0,71	0,18	0,37	0,11	3,42	3,45	0,16
	CV (%)	23,71	19,04	14,74	14,98	18,51	32,79	9,81	15,15	21,47
P03	M	3,84	0,37	4,91	1,11	2,09	0,33	32,49	21,05	0,56
	SD	1,03	0,06	0,79	0,17	0,42	0,10	3,61	2,65	0,13
	CV (%)	26,94	16,78	16,13	15,23	19,86	31,17	11,12	12,56	23,68
P04	M	2,60	0,39	3,90	0,95	1,78	0,31	32,58	20,99	0,38
	SD	0,56	0,04	0,52	0,11	0,27	0,06	3,08	2,04	0,09
	CV (%)	21,48	11,04	13,28	11,85	15,38	17,95	9,46	9,70	23,08
P05	M	3,75	0,40	4,60	1,15	2,06	0,34	34,80	22,67	0,72
	SD	0,91	0,05	0,51	0,18	0,35	0,11	3,13	2,40	0,11
	CV (%)	24,15	13,13	11,11	16,02	16,80	31,12	9,00	10,60	15,91
P06	M	4,47	0,40	5,00	1,26	2,08	0,38	35,51	23,29	0,93
	SD	1,32	0,05	0,76	0,22	0,41	0,11	3,55	2,44	0,21
	CV (%)	29,41	12,84	15,23	17,71	19,60	27,87	10,00	10,49	22,95
P07	M	3,48	0,36	4,69	1,03	2,02	0,32	32,39	20,73	0,83
	SD	0,88	0,04	0,62	0,17	0,40	0,07	3,00	2,67	0,20
	CV (%)	25,35	11,45	13,20	16,57	19,84	20,75	9,27	12,87	23,37
P08	M	3,95	0,41	4,63	1,18	1,86	0,38	37,01	24,01	0,64
	SD	0,91	0,04	0,54	0,16	0,41	0,10	2,88	1,96	0,12
	CV (%)	23,13	8,99	11,75	13,46	21,91	25,41	7,78	8,15	18,25
P09	M	5,08	0,34	5,78	1,20	2,33	0,36	32,56	20,10	0,84
	SD	1,63	0,03	0,90	0,19	0,72	0,11	3,55	2,10	0,23
	CV (%)	32,14	9,42	15,58	16,05	31,06	31,31	10,90	10,45	26,81
P10	M	6,95	0,33	6,93	1,44	2,55	0,41	33,65	20,40	1,05
	SD	1,51	0,06	0,85	0,23	0,56	0,12	5,25	3,58	0,22
	CV (%)	21,71	19,55	12,25	16,13	21,87	28,60	15,59	17,56	20,93
Ukupno	M	4,37	0,38	5,10	1,19	2,14	0,36	33,83	21,85	0,76
	SD	1,69	0,06	1,11	0,23	0,56	0,11	4,33	3,17	0,25
	CV (%)	38,80	16,52	21,71	19,43	25,92	30,69	12,78	14,50	32,98

Tablica 3. Rezultati Kruskal-Wallis analize varijance. Oznake populacija: P01 – Mirna; P02 – Gomirje; P03 – Perić most; P04 – Vitunj; P05 – Dobra mlin; P06 – Zagorska Mrežnica; P07 – Sabljaci; P08 – Zagorska Mrežnica izvor; P09 – Lonjsko polje; P10 – Županja.

	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
P02	LA, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1, LA2, PL								
P03	LA, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1, PL	LA1, LA2, PL							
P04	LA, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1, PL	LA, LL, MLW, PMLW, LA1, LA2, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, PL						
P05	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1, LA2, PL	FC, LL	FC, LL, LA1, LA2, PL	LA, LL, MLW, PMLW, LA1, LA2, PL					
P06	LA, FC, LL, PMLW, LW2, LA1, LA2	FC, LW2, PL	LA, FC, MLW, LW2, LA1, LA2, PL	LA, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1, LA2, PL	LA, LL, MLW, LW2, PL				
P07	LA, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1	LA, FC, MLW, LA1, LA2	MLW, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, PL	FC, MLW, LA1, LA2, PL	LA, FC, MLW, LW2, LA1, LA2, PL			
P08	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1, LA2, PL	FC, PMLW, LW2, LA1, LA2, PL	FC, MLW, PMLW, LW2, LA1, LA2, PL	LA, FC, LL, MLW, LW2, LA1, LA2, PL	FC, PMLW, LW2, LA1, LA2, PL	LL, PMLW, LA1, PL	LA, FC, MLW, LW2, LA1, LA2, PL		
P09	FC, MLW, PMLW, LW2, LA1	LA, FC, LL, PMLW, LA1, LA2	LA, FC, LL, MLW, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LW2, PL	LA, FC, LL, LA1, LA2, PL	FC, LL, LA1, LA2	LA, LL, MLW, PMLW	LA, FC, LL, PMLW, LA1, LA2, PL	
P10	LA, FC, LL, MLW, LA1, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LW2, LA2, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LW2, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LW2, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LW2, LA2, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LA1, LA2, PL	LA, LL, MLW, PMLW, LW2, LA1, PL	LA, FC, LL, MLW, PMLW, LA1, LA2, PL	LA, LL, MLW, PMLW, LW2, PL

4.3. Klusterska analiza

Rezultati klusterske analize prikazani su na slici 5. Na dendrogramu su uočljive tri skupine populacija. Prvu skupinu čine populacije Dobra mlin, Gomirje, Zagorska Mrežnica i Zagorska Mrežnica izvor, drugu Perić most, Sabljaci i Vitunj, dok treću skupinu čine populacije Lonjsko polje, Mirna i Županja. Međusobno najbližnije populacije su Dobra mlin i Gomirje, zatim Perić most i Sabljaci te Lonjsko polje i Mirna.



Slika 5. Horizontalno hijerarhijsko stablo 10 populacija bademaste vrbe u Hrvatskoj, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.

4.4. Diskriminantna analiza

Rezultati diskriminantne analize pokazuju da je razlikovanje između istraživanih populacija signifikantno. Kanoničkom analizom za 10 populacija i šest morfoloških značajka dobiveno je šest diskriminacijskih funkcija. Iz sredina kanoničkih varijabla (tablica 4) vidljivo je da prva diskriminacijska funkcija najbolje razlikuje populaciju Županja od svih ostalih istraživanih populacija. Iz tablice 5 vidljivo je da tom razlikovanju u najvećoj mjeri pridonose varijable: koeficijent oblika (FC), dužina lista (LL) i kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2). Iz iste tablice, koja sadrži i svojstvene vrijednosti te kumulativni udio objašnjene varijabilnosti za svaku diskriminacijsku funkciju, vidljivo je da prva diskriminacijska funkcija sadrži 72,10 % objašnjene varijabilnosti. Druga diskriminacijska

funkcija, zajedno s prvom objašnjava 87,27 % varijabilnosti i najbolje razlikuje populaciju Vitunj (slika 6), poglavito prema površini lista (LA) i kutu koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2). Nadalje, treća diskriminacijska funkcija, zajedno s prve dvije, objašnjava 96,60 % od ukupne varijabilnosti i izdvaja populaciju Mirna. Doprinos svake sljedeće funkcije je znatno manji sa svojstvenim vrijednostima nižim od 1.

Tablica 4. Sredine kanonskih varijabla po populacijama. Oznake populacija: P01 – Mirna; P02 – Gomirje; P03 – Perić most; P04 – Vitunj; P05 – Dobra mlin; P06 – Zagorska Mrežnica; P07 – Sabljaci; P08 – Zagorska Mrežnica izvor; P09 – Lonjsko polje; P10 – Županja.

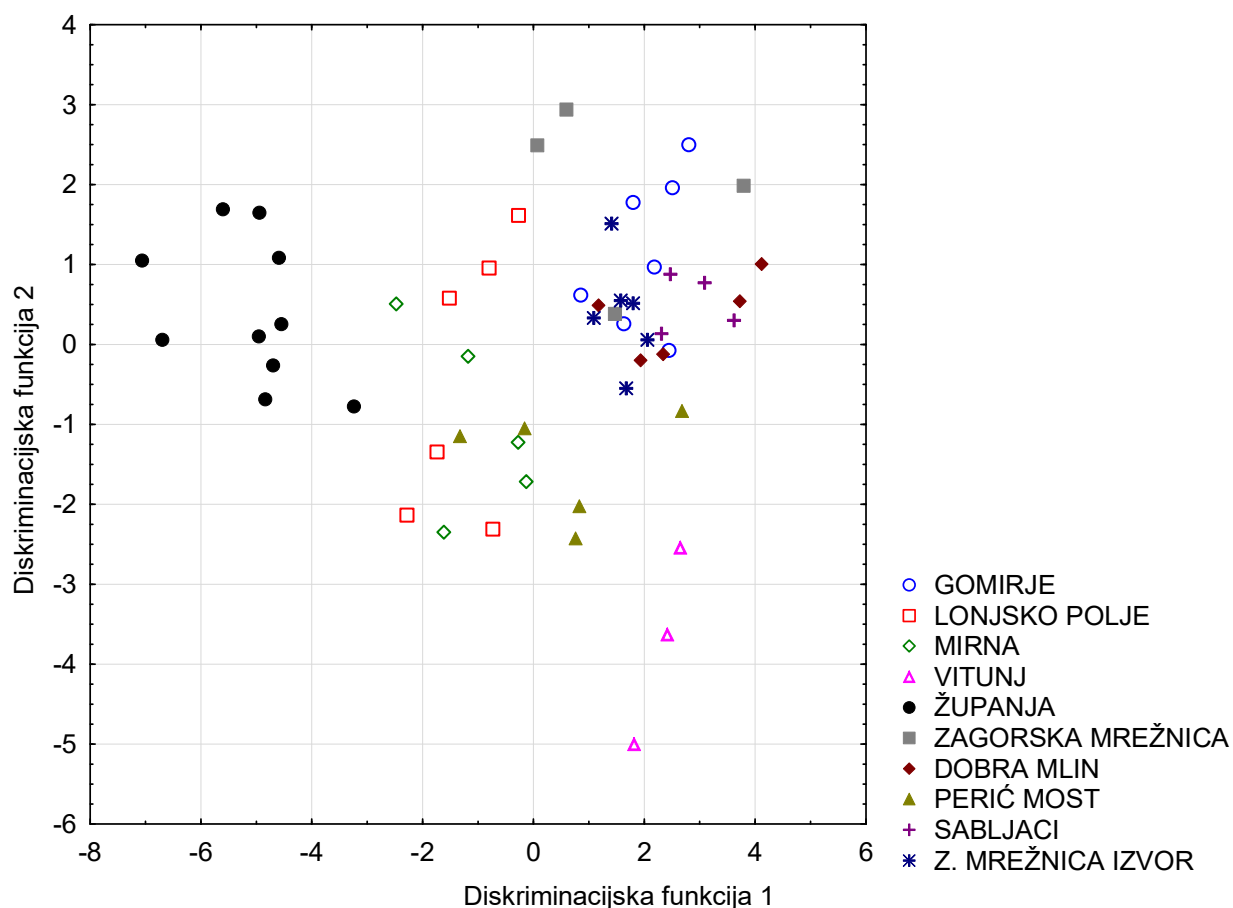
Populacija	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6
P01	-1,13485	-0,98605	2,57772	-0,68351	-0,07197	-0,00256
P02	2,03148	1,14441	-0,42115	-0,29932	-0,18387	0,00005
P03	0,55775	-1,49572	-1,08436	-0,34912	-0,40370	0,16442
P04	2,29354	-3,72291	-0,36142	0,47419	0,72021	-0,02375
P05	2,65832	0,34575	0,27115	-0,12850	-0,08825	-0,11546
P06	1,48193	1,94966	0,70055	0,11832	0,58390	0,15965
P07	2,87331	0,52226	0,80704	1,26800	-0,22804	0,01080
P08	1,59972	0,40321	-1,06470	-0,49863	0,26250	-0,07746
P09	-1,22349	-0,43947	-0,14437	0,40210	-0,39354	-0,04444
P10	-5,11854	0,41678	-0,35662	0,15122	0,13088	-0,01116

Tablica 5. Standardizirani koeficijenti kanonskih varijabla po morfološkim značajkama.

Značajka	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6
LA	0,13362	-2,55700	1,83672	1,65505	0,42851	-2,57470
FC	-3,95724	-0,77444	-0,02252	-1,51201	3,02574	2,97794
LL	-3,13149	1,83527	-2,52772	-1,89884	0,46664	2,95700
PMPW	1,91565	0,42328	0,76978	-0,64849	-1,47016	-0,69441
LA2	3,57723	3,21553	-1,32218	-0,61348	-2,82835	-1,44652
PL	0,40329	1,00726	0,72737	0,40592	0,30574	0,20703
Svojevstvena vrijednost	9,24746	1,94578	1,19711	0,30017	0,12796	0,00789
Kumulativna proporcija (%)	72,10	87,27	96,60	98,94	99,94	100,00

Na slici 6 prikazane su projekcije kanonskih varijabla za prve dvije diskriminacijske funkcije. Na grafu se jasno nazire odvajanje populacije Županja duž prve osi od svih ostalih istraživanih populacije te populacije Vitunj duž druge osi. Ostale istraživane populacije s ogulinskoga područja te iz Lonskoga polja i rijeke Mirne čine kontinuirani oblak podataka.

Sve jedinke (grmovi) klasificirani su u grupe kojoj najvjerojatnije pripadaju (tablica 6). Na temelju izmjerenih morfoloških karakteristika listova, uzorci iz populacije Mirna točno su klasificirani u 100 % slučajeva, kao i oni iz populacije Vitunj. Najmanje precizno klasificirani uzorci su oni iz populacija Zagorska Mrežnica i Sabljaci, koji su točno klasificirani u tek 50 % slučajeva. Ukupna točnost klasifikacije iznosi 71,43 %.



Slika 6. Vizualni prikaz kanoničkih vrijednosti za 10 istraživanih populacija bademaste vrbe.

Tablica 6. Klasifikacijska matrica s preciznošću klasifikacije. Oznake populacija: P01 – Mirna; P02 – Gomirje; P03 – Perić most; P04 – Vitunj; P05 – Dobra mlin; P06 – Zagorska Mrežnica; P07 – Sabljaci; P08 – Zagorska Mrežnica izvor; P09 – Lonjsko polje; P10 – Županja.

Populacija	Postotak klasifikacije	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
P01	100	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P02	71,43	-	5	-	-	-	-	1	1	-	-
P03	60	-	-	3	-	1	-	-	-	1	-
P04	100	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
P05	80	-	-	-	-	4	-	-	1	-	-
P06	50	-	1	-	-	-	2	1	-	-	-
P07	50	-	1	-	-	1	-	2	-	-	-
P08	66,67	-	2	-	-	-	-	-	4	-	-
P09	83,33	1	-	-	-	-	-	-	-	5	-
P10	90	1	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Ukupno	71,43	-	5	-	-	-	-	1	1	-	-

5. RASPRAVA

Prosječne vrijednosti morfoloških karakteristika listova bademaste vrbe dobivene u ovom istraživanju u skladu s ranije zabilježenim vrijednostima u botaničkoj i dendrološkoj literaturi (Herman 1971; Bartha 2011). Prosječan koeficijent varijacije kretao se od 12,78 % za kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) do 38,80 % za površinu plojke (LA). Općenito varijablama koje karakteriziraju veličinu lista bili su svojstveni viši koeficijenti varijabilnosti u odnosu na varijable koje opisuju oblika lista. Slični rezultati zabilježeni su i za druge vrste drveća: crnu i bijelu johu (Poljak i dr. 2014, 2018) te nizinski i gorski brijest (Zebec i dr. 2010; 2014, 2015).

Na području Europe za bademastu vrbu opisane su dvije podvrste: subsp. *triandra* i subsp. *discolor* (Bartha 2011). Tipičnu podvrstu karakterizira svijetlozelena donja strana lisne plojke, a podvrstu *discolor* plavkastobijela. U ovom istraživanju utvrđeno je da se obje podvrste mogu pronaći na području Hrvatske. Na četiri lokaliteta utvrđene su jedinke subsp. *discolor* i subsp. *triandra* (P02 - Gomirje, P03 - Perić most, P05 - Dobra mlin, P07 - Sabljaci). Na lokalitetima P01 (Mirna) i P10 (Županja) utvrđene su samo jedinke koje odgovaraju opisu podvrste *discolor*, a na lokalitetima P04 (Vitunj), P06 (Zagorska Mrežnica), P09 (Lonjsko polje) jedinke koje odgovaraju opisu podvrste *triandra*. Na lokalitetu Zagorska Mrežnica Izvor (P08) listovi su bili intermedijarni u odnosu na ostale istraživane lokalitete.

Trybush i dr. (2008) ističu da morfološki jasno odvojene podvrste bademaste vrbe nije bilo moguće razlikovati na osnovi rezultata genetičkih istraživanja u kojima su korišteni AFLP biljezi. Osim toga, pomoću navedenih biljega nije bilo moguće razlikovati muške i ženske biljke, niti odrediti njihovo geografsko porijeklo. Zanimljivo, iako bademasta vrba dijeli morfološke sličnosti s ostalim u nas autohtonim uskolisnim vrbama, istraživanje Trybush i dr. (2008) pokazalo je da je bademasta vrba genetički odvojena od podroda *Salix*, kojemu pripadaju naše ostale vrste, što je dovelo u pitanje tadašnju klasifikaciju ove vrste. Skvortsov (1999) definira podrod *Salix* kao prirodnu, monofiletičku grupu s najprimitivnijim morfološkim karakteristikama, koja je jasno odvojena od ostala dva podroda i čije sekcije bez sumnje ne mogu pripadati nijednom drugom podrodu. On bademastu vrbu svrstava u sekciju *Amygdalinae* (ranije *Triandrae*), koja se nalazi između primitivnih sekcija *Humboldtianae* i *Urbanianae*. U svome radu Skvortsov (1999) naglašava činjenicu da je sekcija *Amygdalinae* jedina u rodu *Salix* u koje se kora ljušti u obliku nepravilnih krpa iza kojih ostaje glatko deblo. Unatoč navedenim karakteristikama, taksonomski položaj i srodstvo s ostalim vrstama iz podroda *Salix* nikada nije dovedeno u pitanje. I ostala istraživanja idu u prilog specifičnosti ove vrste (Thiebault 1998; Leskinen i Alstrom-Rapaport 1999; Meier i dr. 1992). Naime, veličina ITS 1 regije je u bademaste vrbe 223 bp, dok je u ostalih vrsta vrba 222 bp (Leskinen i Alstrom-Rapaport 1999). Nadalje, bademasta je vrba osim toga i jedini domaćin specifične vrste hrđe, *Melampsora amygdalinae* Kleb, koja razvija svih pet sporulacijskih stadija na bademastoj vrbi (Pei i dr. 1999), za razliku od drugih vrsta hrđa iz istog roda koje za potpuni razvoj trebaju nekoliko različitih vrsta vrba. Prema nekim autorima (Meier i dr. 1992), bademasta vrba ima i malu količinu glikozida i iznimno malu količinu tanina, inače vrlo čestih spojeva u vrba. S druge strane, u bademastoj vrbi pronađena je najveća koncentracija salidroside, vrlo rijetkog glikozida među europskim vrbama (Thieme 1971), koji se smatra odgovornim za veliku otpornost bademaste vrbe prema insektima.

Rezultati provedenog istraživanja upućuju na značajne razlike između populacija i grmova unutar populacija na temelju morfoloških karakteristika listova. Istraživanjem nije utvrđena jasna geografska strukturiranost populacija. Kao najudaljenija populacija pokazala se populacija Županja. Specifičnost ove najistočnije populacije je što grmovi bademaste vrbe na tom području rastu uz obalu rijeke Save na nerazvijenim tlima bez izraženih horizonata koji su posljedica stalnog premještanja materijala. Osim toga, navedena populacija izložena je i periodičnim poplavama te se dio godine nalazi pod vodom. Iako je bilo za očekivati da će se istarska populacija bademaste vrbe najviše razlikovati u odnosu na ostale istraživane populacije to nije bio slučaj. Za drvenaste vrste koje pronalazimo u submediteranskom i kontinentalnom području Hrvatske za očekivati je da se razlikuju po morfološkim karakteristikama (Škvorc 2003; Zebec 2010; Poljak 2014). Submediteranske populacije karakteriziraju listovi s manjim plojkama u odnosu na kontinentalne populacije. Jedinke bademaste vrbe populacije Mirna bile su grupirane zajedno s jedinkama iz kontinentalne populacije Lonjsko polje. To se može objasniti sa specifičnim smještajem ove populacije. Naime, grmovi bademaste vrbe uključeni u ovo istraživanje sakupljeni su u kanalu koji je zaštićen drugom drvenastom vegetacijom koja ublažava klimatske ekstreme na tom području. Nadalje, multivarijantnim statističkim metodama utvrđeno je da se populacije s ogulinskoga područja s dvije rijeke, Dobra i Zagorska Mrežnica, grupiraju zajedno. Među navedenim populacijama izdvaja se populacija Vitunj koja je smještena na vlažnoj livadi uz rijeku Vitunjčicu koja je pritoka rijeke Dobre. Za razliku od ostalih populacija u kojih grmovi vrba rastu direktno u vodi ili u njezinoj neposrednoj blizini na obali, grmovi ove populacije udaljeni su od same vodene površine, što je u konačnici rezultiralo i najmanjim lisnim plojkama ove populacije.

Kako bi se dobili kritičniji zaključci o varijabilnosti bademaste vrbe, istraživanja je potrebno proširiti na cjelokupno područje prirodne rasprostranjenosti ove vrste te na molekularno-biološke metode.

6. ZAKLJUČCI

Završni rad obuhvatio je 10 prirodnih populacija bademaste vrbe na području Hrvatske. Kruskal-Wallis analizom varijance potvrđene su statistički značajne razlike na unutarpopulacijskom i međupopulacijskom nivou.

Najvarijabilnijim morfološkim značajkama listova pokazale su se površina plojke (LA), širina plojke na 90 % njezine dužine (LW2) i dužina peteljke (PL), dok je najmanje varijabilan kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1).

Prosječno najveće, najduže i najšire listove, kao i najdužu peteljku imala je populacija Županja.

Istarska populacija Mirna (P01) isticala se je s najvećom varijabilnosti te s najvećim izmjerenim vrijednostima za dužinu plojke, mjerenu od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW) i širinu plojke na 90 % dužine plojke (LW2). Navedenu populaciju karakterizirao je i najmanji kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1).

Prosječno najmanje lišće imala je populacija Vitunj (P04). Najmanje vrijednosti zabilježene su za sljedeće značajke: površina plojke (LA), dužina plojke (LL), maksimalna širine plojke (MLW), dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW) i širina plojke mjerena na 90 % dužine plojke (LW2). Unutar te populacije zabilježena je i najmanja varijabilnost listova.

Rezultati provedene klusterske analize temeljeni na morfometrijskoj analizi listova upućuju na postojanje tri skupine populacija. Prvu skupinu čine populacije Dobra mlin, Gomirje, Zagorska Mrežnica i Zagorska Mrežnica izvor, drugu Perić most, Sabljaci i Vitunj, dok treću skupinu čine populacije Lonjsko polje, Mirna i Županja. Međusobno najbližije populacije su Dobra mlin i Gomirje, a veliku sličnost među sobom pokazuju i populacije Perić most i Sabljaci te Lonjsko polje i Mirna.

Istraživanjem je utvrđena raznolikost i strukturiranost populacija bademaste vrbe uz rijeke Savu, Dobru i Mirnu. Ovaj rad može poslužiti kao osnova za daljnja morfometrijska i molekularno-biološka istraživanja ove vrste u Hrvatskoj, ali i u ostatku njenog areala.

7. LITERATURA

- Bartha, D., 2011: *Salix triandra* L. U: Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Band III/3/58, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Njemačka.
- Chmelař, J., Meusel, W., 1986: Die weiden Europas, 3. Aufl., Die neue Brehm-Bücherei, Wittenberg-Lutherstadt, Njemačka.
- Glenz, C., Schlaepfer, R., Iorgulescu, I., Kienast, F., 2006: Flooding tolerance of Central European tree and shrub species, *Forest Ecology and Management*, 235: 1–13.
- Görz, R., 1992: Über norddeutsche Weiden, *Feddes Repertorium spec. Nov. Beihefte*, 13: 1–127.
- Hegnauer, R., 1973: *Chemotaxonomie der Pflanzen*, Birkhäuser Verlag, Basel, Stuttgart, Njemačka.
- Herman, J., 1971: *Šumarska dendrologija*, Zagreb, Hrvatska, Stanbiro, 470 str.
- Hörandl, E., 1992: Die Gattung *Salix* in Österreich (mit Berücksichtigung angrenzender Gebiete), *Abhandlungen der Zoologisch-Botanisch Gesellschaft in Österreich*, Band 27.
- Hörandl, E., 1996: Beitrag zur Knospemorphologie der österreichischen Weiden (*Salix* L.), *Annalen des Naturhistorisches Museum Wien*, 98B: 383–397.
- Hörandl, E., Florineth, F., Hadacek, F., 2002: Weiden in Österreich und angrenzenden Gebieten, *Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie, Universität für Bodenkultur Wien*, Austria.
- Idžojić, M., 2013: *Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme*. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, 671 str., Zagreb.
- Jalas, J., Suominen, J., 1976: *Atlas Florae Europaeae. Vol. 3. Salicaceae to Balanophoraceae. The committee for mapping the flora of Europe*, Helsinki, Finska.
- Leskinen, E., Alstrom-Rapaport, C., 1999: Molecular phylogeny of Salicaceae and closely related Flacourtiaceae: evidence from 5.8S, ITS 1 and ITS 2 of the rDNA, *Plant Systematics and Evolution*, 215: 209–227. <https://doi.org/10.1007/BF00984656>.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*, Springer Verlag, 283 str., New York.
- Meier, B., Shao, Y., Julkunen-Tiito, R. Bettschart, A., Sticher, O., 1992: A chemotaxonomic survey of phenolic compounds in Swiss willow species. *Proceedings of Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences* 98: 229–232. <https://doi.org/10.1017/S0269727000007612>
- Nikolić, T., 2013: *Sistematska botanika – Raznolikost i evolucija biljnog svijeta*. Alfa, Zagreb.
- Pei, M.H., Hunter, T., Royle, D.J., 1999: Host–pathogen relationship between *Salix* and *Melampsora* sheds light on the parentage of some biomass willows. *New Phytologist*, 141: 155–160. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00318.x>
- Poljak, I., 2014: *Morfološka i genetska raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj*. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Poljak, I., Idžojić, M., Šapić, I., Vukelić, J., Zebec, M., 2014: Varijabilnost populacija bijele (*Alnus incana* (L.) Moench) i crne joha (*A. glutinosa* (L.) Gaertn.) na području Mure i Drave prema morfološkim obilježjima listova, *Šumarski list*, 138 (1–2): 7–17.

- Poljak, I., Idžojtić, M., Šapić, I., Korijan, P., Vukelić, J., 2018: Diversity and structure of Croatian continental and Alpine-Dinaric populations of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench subsp. *incana*): Isolation by distance and environment explains phenotypic divergence, *Šumarski list*, 142 (1–2): 19–32.
- Rechinger, K.H., 1957: *Salix*. U: G. Hegi (Ed.): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Carl Hanser, München, Njemačka.
- Skvortsov, A.K., 1968: *Ivy SSR. (DIE Weiden der UdSSR)*, Nauka, Moskva.
- Skvortsov, A.K., 1999: *Willows of Russia and adjacent countries: taxonomical and geographical revision. Report series vol. 39.* Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Joensuu, Finska.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1989: *Biometry*, Freeman and CO, San Francisco.
- StatSoft, Inc. 2001: *STATISTICA (data analysis software system)*, version 8.0.
- Škvorc, Ž., 2003: *Morfološka i genetička varijabilnost hrasta medunca (Quercus pubescens Willd.) i duba (Q. virgiliana Ten./Ten.) u Hrvatskoj*, Magistarski rad, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Thiebault, J., 1998: Nuclear DNA amount in pure species and hybrid willows (*Salix*): a flow cytometric investigation, *Canadian Journal of Botany*, 76: 157–165. <https://doi.org/10.1139/b97-153>
- Thieme, H., 1971: Occurrence and distribution of phenol glycosides in the family Salicaceae. *Herba Polonica*, 17: 248–257.
- Tomaszewski, D., 2004: The wax layer and its morphological variability in four European *Salix* species, *Flora*, 199: 320–326. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00159>
- Trybush, S., Jahodová, Š., Macalpine, W., Karp A., 2008: A genetic study of a *Salix* germplasm resource reveals new insights into relationships among subgenera, Sections and species, *Bioenergy Research*, 1: 67–79 <https://doi.org/10.1007/s12155-008-9007-9>
- WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- Zebeć, M., 2010: *Morfologija i varijabilnost nizinskog brijesta (Ulmus minor Mill. sensu latissimo) u Hrvatskoj*. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Zebeć, M., Idžojtić, M., Poljak, I., Mihaldinec, I., 2010: *Varijabilnost nizinskog brijesta (Ulmus minor Mill. sensu latissimo) na području hrvatske Podravine prema morfološkim svojstvima listova*, *Šumarski list*, 134 (11–12): 569–580.
- Zebeć, M., Idžojtić, M., Poljak, I., 2014: *Morfološka varijabilnost nizinskog brijesta (Ulmus minor Mill. sensu latissimo) na području kontinentalne Hrvatske*, *Šumarski list*, 138 (11–12): 563–572.
- Zebeć, M., Idžojtić, M., Poljak, I., Modrić, I., 2015: *Raznolikost gorskog brijesta (Ulmus glabra Huds.) na području gorsko-kotlinske Hrvatske prema morfološkim obilježjima listova*, *Šumarski list*, 139 (9–10): 429–439.
- Žufa, L., 1987: *Vrbe*. U: *Šumarska enciklopedija III.*, Jugoslavenski Leksikografski Zavod »Miroslav Krleža«, 596. str., Zagreb.