

Populacijska varijabilnost obične tise (*Taxus baccata* L.) u Hrvatskoj prema morfološkim obilježjima listova

Nikl, Patricija

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:951907>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

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



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

PATRICIJA NIKL

**POPULACIJSKA VARIJABILNOST OBIČNE TISE
(TAXUS BACCATA L.) U HRVATSKOJ PREMA
MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA LISTOVA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2019.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

**POPULACIJSKA VARIJABILNOST OBIČNE TISE
(TAXUS BACCATA L.) U HRVATSKOJ PREMA
MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA LISTOVA**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Hortikulturna dendrologija

Ispitno povjerenstvo: 1. doc. dr. sc. Igor Poljak

2. prof. dr. sc. Marilena Idžojtić

3. prof. dr. sc. Joso Vukelić

Student: Patricija Nikl

JMBAG: 0068215073

Broj indeksa: 839/17

Datum odobrenja teme: 25. 04. 2019.


Datum predaje rada: 17. rujna. 2019. godine

Datum obrane rada: 20. rujna. 2019. godine

Zagreb, rujna, 2019.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Populacijska varijabilnost obične tise (<i>Taxus baccata</i> L.) u Hrvatskoj prema morfološkim obilježjima listova
Title	Population Variability of Yew (<i>Taxus baccata</i> L.) in Croatia According to the Leaf Morphology
Autor	Patricija Nikl
Adresa autora	Jaruščica 1F, 10000 Zagreb
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Doc. dr. sc. Igor Poljak
Godina objave	2019.
Obujam	broj stranica: 50 broj slika: 20 broj tablica: 8 broj priloga: 9 broj navoda literature: 59
Ključne riječi	obična tisa, morfološka varijabilnost, morfometrijska analiza
Key words	Yew, morphological variability, morphometric analysis
Sažetak	<p>Glavni ciljevi rada bili su utvrditi morfološku raznolikost i strukturiranost populacija obične tise u Hrvatskoj te istražiti na koji način ekološki i geografski čimbenici utječu na varijabilnost populacija. Materijal za morfometrijsku analizu sakupljen je iz sedam prirodnih populacija - tri iz dinarske i četiri iz kontinentalne regije. Morfometrijsko istraživanje unutar- i među-populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi osam morfoloških svojstava iglica, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode. Istraživanjem je utvrđena visoka varijabilnost istraživanih morfoloških značajki. Koeficijent varijabilnosti na razini svih populacija kretao se od 16,57 % za širinu iglice mjerenu na 90 % njezine dužine do 41,01 % za dužinu iglice, mjerenu od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine. Provedenom hijerarhijskom analizom varijance potvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih regija, populacija unutar regija i stabla unutar populacija. Rezultati istraživanja mogu direktno doprinijeti očuvanju genskih resursa ove osjetljive i zaštićene vrste.</p>

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

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

vlastoručni potpis

Patricija Nikl

U Zagrebu, 17. rujna 2019. godine

SADRŽAJ

DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	I
IZJAVA O IZVORNOSTI RADA.....	II
SADRŽAJ	III
KAZALO SLIKA.....	IV
KAZALO TABLICA	VI
KAZALO PRILOGA	VI
PREDGOVOR	VII
UVOD	1
Podrazred: <i>Pinidae</i> (<i>Coniferae</i>) - četinjače	1
Porodica <i>Taxaceae</i>	1
Rod <i>Taxus</i> L.....	2
Morfologija i biologija istraživane vrste	3
Prirodna rasprostranjenost i ekologija istraživane vrste	5
Primjena istraživane vrste.....	7
Tisa u narodnim vjerovanjima.....	9
Ugroženost obične tise.....	9
Varijabilnost istraživane vrste	10
CILJ RADA.....	12
MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	13
Materijal.....	13
Statistička obrada podataka	14
Deskriptivna statistika.....	14
Korelacijska analiza	16
Hijerarhijska analiza varijance.....	16
Multivarijatne statističke metode	17
REZULTATI.....	19
Deskriptivna statistika	19
Korelacijska analiza.....	29
Hijerarhijska analiza varijance	31
Multivarijatne statističke metode.....	32
ZAKLJUČAK	36
LITERATURA.....	38
PRILOZI.....	42

KAZALO SLIKA

Slika 1. <i>Taxus baccata</i> – habitus (Patricija Nikl).....	4
Slika 2. <i>Taxus baccata</i> – kora (Patricija Nikl).....	4
Slika 3. <i>Taxus baccata</i> – kora (Patricija Nikl).....	4
Slika 4. <i>Taxus baccata</i> – iglice (Patricija Nikl).....	4
Slika 5. Prikaz prirodne rasprostranjenosti obične tise (EUFORGEN 2016).....	5
Slika 6. Osnovni statistički parametri za površinu plojke (LA) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	21
Slika 7. Osnovni statistički parametri za dužinu plojke (LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	21
Slika 8. Osnovni statistički parametri za maksimalnu širinu plojke (MLW) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	22
Slika 9. Osnovni statistički parametri za udaljenost od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	22
Slika 10. Osnovni statistički parametri za širinu plojke mjerenu na 50 % dužine plojke (PW1) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	23
Slika 11. Osnovni statistički parametri za širinu plojke mjerenu na 90 % dužine plojke (PW2) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	23
Slika 12. Osnovni statistički parametri za kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	24
Slika 13. Osnovni statistički parametri za kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina ± standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina ± 2×standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	24
Slika 14. Osnovni statistički parametri za omjer maksimalne širine plojke i dužine plojke (MLW/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: —	

aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	25
Slika 15. Osnovni statistički parametri za omjer udaljenosti od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine i dužine plojke (PMLW/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	25
Slika 16. Osnovni statistički parametri za omjer širine plojke na 50 % dužine plojke i dužine plojke (LW1/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	26
Slika 17. Osnovni statistički parametri za omjer širine plojke na 90 % dužine plojke i dužine plojke (LW2/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, <i>box</i> – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, <i>whiskers</i> - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – <i>outliers</i>	26
Slika 18. Geografski raspored dvije skupine populacija obične tise u Hrvatskoj na temelju K-means klusterske metode (udjeli porijekla svake populacije u svakom od definiranih klastera određeni su bojom: klaster A /dinarska regija/ – zelena boja, klaster B /kontinentalna regija/ – plava boja). Akronimi populacija: P01 – Senj, P02 – Učka, P03 – Klek, P04 – Bistra, P05 – Horvatove stube, P06 – Tisova peć, P07 – Strahinščica.	32
Slika 19. Horizontalno hijerarhijsko stablo sedam populacija obične tise u Hrvatskoj, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.....	33
Slika 20. Projekcija kanonskih vrijednosti istraživanih populacija u prostoru.	35

KAZALO TABLICA

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija.	13
Tablica 2. Deskriptivni statistički pokazatelji za mjerene značajke lista - morfološka diferencijacija između kontinentalne i dinarske regije.....	27
Tablica 3. Deskriptivni statistički pokazatelji za mjerene značajke lista - morfološka diferencijacija između muških i ženskih biljaka.	28
Tablica 4. Korelacije između morfoloških značajki.....	30
Tablica 5. Korelacije između geografskih, okolišnih i morfoloških značajki.....	30
Tablica 6. Hijerarhijska analiza varijance.	31
Tablica 7. Sredine kanonskih varijabli.	34
Tablica 8. Standardizirani koeficijenti kanonskih varijabli.....	34

KAZALO PRILOGA

Prilog 1. Bio-klimatske varijable.	42
Prilog 2. Spearmanov koeficijent korelacije – bioklimatske varijable.....	43
Prilog 3. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Senj.	44
Prilog 4. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Učka.	45
Prilog 5. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Klek.	46
Prilog 6. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Bistra.....	47
Prilog 7. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Horvatove stube.	48
Prilog 8. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Tisova peć.....	49
Prilog 9. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Strahinščica.....	50

PREDGOVOR

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Željela bih se zahvaliti svom mentoru doc. dr. sc. Igoru Poljaku na povjerenju, razumijevanju, nesebičnoj i stručnoj pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada. Hvala na strpljenju i vremenu kojeg ste izdvajali za moje upite.

Nadalje, zahvaljujem se svojim profesorima, a posebno onima koji su mi svojim znanjem i prijateljskim pristupom približili ljepote šumarske struke.

Zahvaljujem se svim kolegama i prijateljima, a osobito mojih prijateljicama koje su mi svojom podrškom olakšale studentske brige.

Posebnu zahvalu dugujem svojoj obitelji, pogotovo svom suprugu i djeci koji su me poticali da ne odustanem i vjerovali u mene i onda kada ja nisam. Hvala vam na pomoći, ljubavi, brizi i strpljenju koje ste mi pružili u trenucima kada mi je to bilo najpotrebnije.

Bez svih vas ovo danas ne bi bilo moguće.

Patricija Nikl

U Zagrebu, 17. rujna 2019. godine

UVOD

Podrazred: *Pinidae (Coniferae)* - četinjače

Četinjače su danas najbrojnija živaća skupina golosjemenjača, koja se odlikuje mnogim prilagodbama na kserofitske uvjete, tako da su ove biljke na mnogim staništima dobro izdržale konkurenciju s kritosjemenjačama (Pavletić 1983). Obuhvaćaju oko 625-700 vrsta i do 900 taksona koji uključuju različite podvrste i varijetete (Debreczy i Rácz 2011). U usporedbi s približno 400.000 vrsta cvjetnica, četinjače su puno značajnije za svjetski krajolik i ekologiju nego što bi se moglo naslutiti s obzirom na njihov relativno mali broj vrsta. Svojestvenog izgleda, osobito u usporedbi s listačama, četinjače su većinom vazdazelena jako razgranjena stabla ili grmovi s igličastim ili ljuskavim listovima (Vidaković 1982, 1993). Često imaju važnu ulogu u izgradnji šumske vegetacije, pa su od gospodarskoga značaja zbog kvalitetnoga drva i dobivanja smole.

Cvjetovi u četinjača su jednospolni, jednodomni ili dvodomni, jako reducirani; samo jedna sjemena ljuska s dva sjemena zametka, često srasla s jednom tzv. pokrovnom ljuskom; ovi cvjetovi grupirani su u češerasti cvat iz kojeg se razvija češer sa sjemenkama. Muški cvjetovi sastoje se od brojnih prašnika u zavojitom rasporedu na dugoj osi (Vidaković 1982, 1993; Pavletić 1983; Debreczy i Rácz 2011).

Dolaze većinom u umjerenim i hladnim područjima sjeverne hemisfere tvoreći prostrane šume. Osim toga, mnoge četinjače, a osobito borovi, čempresi, cedrovi, jele i smreke, ukrašavaju brojne javne i privatne površine. Bez obzira na to rastu li na nekim područjima od prirode ili služe kao ukrasne vrste velikih dizajniranih prostora ili malih vrtova, četinjače koje su gotovo sve vazdazelene, isto tako stvaraju lijep kontrast zimskom krajoliku. Ovo je osobito izraženo u umjerenim područjima gdje prevladava listopadno drveće (Vidaković 1982, 1993; Pavletić 1983; Debreczy i Rácz 2011).

Porodica *Taxaceae*

Porodica *Taxaceae* uključuje vazdazeleno, dvodomno, rijetko jednodomno drveće ili grmlje (Vidaković 1982, 1993; Debreczy i Rácz 2011). Listovi su igličasti. Cvjetovi pojedinačni, osim u roda *Austrotaxus* Compton gdje muški cvjetovi tvore cvatove nalik klasu. Ženski cvjetovi na postranim izbojcima, sastavljeni su od jednoga sjemenoga zametka okruženoga ljuskastim listićima. Sjemenke ovijene mesnatim i sočnim ovojem. Porodica

uključuje pet rodova koji su većinom zastupljeni na sjevernoj polutki: *Amentotaxus* Pil. – poznate su četiri vrste iz Kine; *Torreya* Arn. – poznato je šest vrsta iz istočne Azije i južnog dijela Sjeverne Amerike; *Austrotaxus* – poznata je jedna vrsta iz Nove Kaledonije; *Pseudotaxus* W.C. Cheng – jedna vrsta iz Kine; i *Taxus* L.

Rod *Taxus* L.

Rod *Taxus* obuhvaća 7-9 vrsta vazdazelenoga drveća i grmlja iz porodice *Taxaceae*. Krošnja u mladim stabla stožastoga je oblika, a u starijoj dobi nepravilna do široko zaobljena. Kora crvenkastosmeđa ili sivkastosmeđa, ljušti se u tankim ljuskama. Grane nisu u pršljenu. Listovi su igličasti, zavojito raspoređeni na uspravnim izbojcima. Igljice su pri osnovi sužene u obliku male peteljke, pri vrhu šiljaste, spljoštene, s gornje strane tamnozeleno, s donje strane imaju dvije svijetlozelene pruge (Vidaković 1982, 1993). Muški cvjetovi u pazušcima iglica na kratkoj stapci koja je isprepletana ljuskama. Sastoje se od 6-14 prašničkih listova, koji tvore oblik glavice i žute su boje. Ženski cvjetovi nalaze se na prošlogodišnjem izbojku koji visi prema dolje sa svojom cvjetnom stapkom (Nikolić 2013). Cvjetna stapka isprepletana je ljuskama na čijem se vrhu nalazi sjemeni zametak. Sjemeni ljuska je tvrda, sjeme je spljošteno dvobridno do četverobridno, jajoliko, obavijeno u mesnatom i zvonastom ovoju. Sjeme je otrovno (Vidaković 1982, 1993; Debreczy i Rácz 2011).

Vrste iz roda *Taxus* prirodno su rasprostranjene po sjevernoj polutki, osobito po Europi, Aziji i sjeverozapadnoj Africi i Sjevernoj Americi (Vidaković 1982, 1993). Zapadnoamerička tisa, *T. brevifolia* Nutt. (*T. baccata* var. *brevifolia* /Nutt./ Koehne; *T. lindleyana* Laws; *T. boursterii* Carr.), rasprostranjena je od jugoistočne Aljaske na sjeveru preko Britanske Kolumbije do Montane i Kalifornije na jugu SAD-a. Na prirodnim staništima raste od razine mora pa sve do 2800 m nadmorske visine. Spororastuća je vrsta koja doživi starost 250-350 godina. Kanadska tisa, *T. canadensis* Marsh. (*T. baccata* var. *canadensis* Gray; *T. baccata* var. *procumbens* Loud.; *T. minor* Brit.), nizak je, često polegao grm 1-2 m visine, prirodno rasprostranjen u Sjevernoj Americi, od Newfoundlanda do Virginie, Ilowe i Manitobe. Od azijskih vrsta poznate su kineska, *T. celebica* (Warburg) Li (*T. chinensis* /Pilger/ Rehd.; *T. mairei* /Lemee et Levl./ Hu ex Liu; *T. speciosa* Florin), i japanska tisa, *T. cuspidata* Sieb. Et Zucc. (*T. baccata* var. *cuspidata* Carr.; *T. sieboldii* hort.). U Hrvatskoj autohtona je obična tisa, *T. baccata* L., čije je područje rasprostranjenosti disjunktno i obuhvaća Europu, Malu Aziju, Kavkaz i sjevernu Afriku.

Morfologija i biologija istraživane vrste

Obična ili europska tisa vazdazeleni je grm ili stablo koje može narasti i do 20 m visine (slika 1). Ima široko zaobljenu krošnju s nepravilnim deblom koje može biti promjera do 1 m i grane koje su duge i nisu pršljenasto raspoređene (Herman 1971; Vidaković 1982, 1993; Fukarek 1983; Debreczy i Rácz 2011). Kora debla je tanka, crvenkastosmeđa i u starijoj se dobi ljušti u manjim ljuskama (slika 2, slika 3).

Listovi su igličasti i na izbojku ostaju 4-8 godina. Iglice su plosnate, 1,5-3 cm dugačke, 2-2,5 mm široke s ušiljenim vrhom (slika 4). Na osnovi se sužavaju u peteljku koja je dugačka 1 mm. S gornje strane su sjajne, gole i tamnozeleno boje, a s donje strane su svijetlozeleno s dvije široke sivkastozielene pruge puči. Na izbojku su raspoređene zavojito, na postranim izbojcima su dvoredno raščesljane, a na vršnim izbojcima su više ili manje radijalno poredane (Herman 1971; Vidaković 1982, 1993; Fukarek 1983; Idžojić 2009).

Tisa počinje cvjetati u starosti od oko 20 (15-30) godina. Cvjetovi su anemofilni, što znači da se oprašuju pomoću vjetra. Počinju s razvojem već ujesen te prezimljavaju, a cvjetanje je u ožujku i travnju. Muški cvjetovi su kuglasti, žuti, oko 4 mm veliki, građeni od 6-14 prašničkih listova zavojito raspoređenih oko središnje osi. Raspoređeni su pojedinačno na kratkim izbojcima u pazušcima igličastih listova te su pri osnovi obrasli ljuskastim listovima. Ženski cvjetovi građeni su od samo jednog sjemenog zametka, sitni, do 1-1,5 mm veliki i neuočljivi. Raspoređeni su pojedinačno na vrhu kratkoga, prema dolje povijenoga izbojka i ovijeni su s tri para unakrsno-nasuprotnih ljuskastih listova (Herman 1971; Vidaković 1982, 1993; Idžojić 2013).

Sjemenke su tamnosmeđe, sjajne, jajaste, sa zaravnjenom osnovom i kratko šiljastim vrhom, 6-7 mm dugačke i 3-5 mm široke, uzdužno 2- (3- ili 4-) bridne. Ovijene su i pri osnovi srasle sa zvonastim, crvenim, slatkastim ovojem (arilusom), koji je većinom duži od sjemenke, oko 8 mm dugačak i 1 cm širok. Dozrijevaju u rujnu i listopadu (od kolovoza do studenoga) iste godine (Idžojić 2013.). Svi ostali dijelovi tise, osim arilusa su otrovni jer sadrže otrovan alkaloid taksin. Arilus je jestiv, njime se hrane ptice koje ga odvajaju od sjemenke i na taj način šire sjeme (ornitohorija).



Slika 1. *Taxus baccata* – habitus (Patricija Nikl).



Slika 2. *Taxus baccata* – kora (Patricija Nikl).



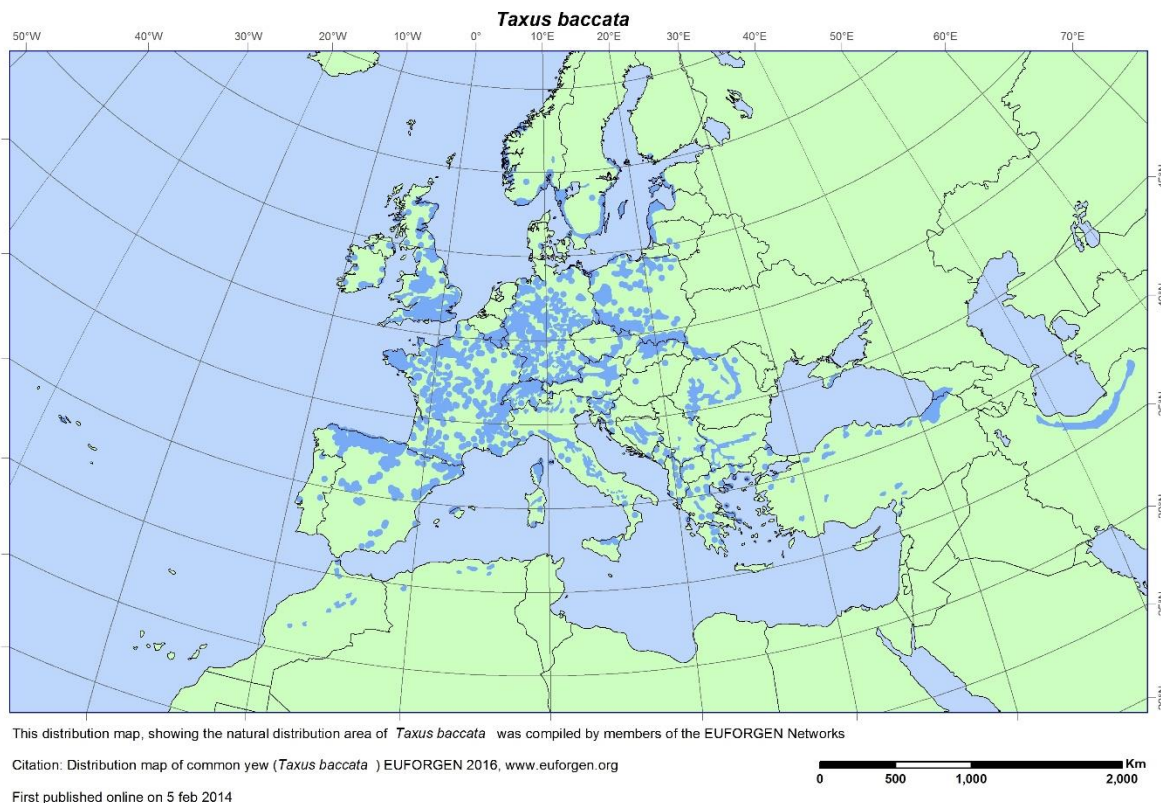
Slika 3. *Taxus baccata* – kora (Patricija Nikl).



Slika 4. *Taxus baccata* – iglice (Patricija Nikl).

Prirodna rasprostranjenost i ekologija istraživane vrste

Obična tisa prirodno je rasprostranjena u Europi, sjevernoj Africi, Maloj Aziji i na Kavkazu (slika 5). Rasprostire se na sjeveru do 61° sjeverne geografske širine u Norveškoj i Švedskoj, na jugu ide do Portugala, Španjolske, planina Alžira, Grčke, Krima i Kavkaza. Na istoku se rasprostire do Baltičkoga mora, Estonije i Karpata, a na zapadu ide u Englesku i Irsku (Vidaković 1982, 1993; Farjon i Filer 2013; Benham i sur. 2016).



Slika 5. Prikaz prirodne rasprostranjenosti obične tise (EUFORGEN 2016).

Raste pojedinačno ili u manjim skupinama u sjenovitim i vlažnim područjima brdskih i planinskih šuma na vapnenačkom tlu, ali i stijenama do 1500 m nadmorske visine. Pojavljuje se u području mezofilnih bukovih i mješovitih bukovo-jelovih šuma.

Tisa može rasti gotovo na svim tipovima tala koja su dovoljno ocjedita, tipično na humusu i bazičnim tlima, ali i isto tako na suhoj rendzini i pjeskovitim tlima s dovoljno vlage. Vrsta je kojoj odgovaraju područja s blagim zimama, prohladnim ljetima i većim količinama padalina. Minimalna količina padalina koju obična tisa zahtjeva je od 500 do 1000 mm godišnje, a pogoduju joj i veće količine (do 2000 mm). Tisa ne podnosi produljene

periode mraza i hladnoće, umjereno je otporna na sušu i osjetljiva je na dugotrajno zadržavanje vode i visoku kiselost tla. Drugi faktori koji ograničavaju rast tise su: oštre zime, kasni mrazevi, hladni i suhi vjetrovi na izloženim staništima i suša (Thomas i Polwart 2003; Pietzarka 2005; Hageneder 2013; Benham i sur. 2016). Osim toga, voli visoku vlagu zraka i otporna je na dim, požar i otrovne plinove. Temperaturni raspon za fotosintezu u obične tise je veći od ijedne druge europske vrste drveća, što omogućava asimilaciju tijekom zime. Poznata je i po ekstremnoj otpornosti na zasjenu te je po tome usporediva s jelom (*Abies alba* Mill.) i bukvom (*Fagus sylvatica* L.). Iako je izraziti je skiofit, dobro raste i na otvorenim položajima. Raste sporo, naročito u prvim godinama života. U dobi od 5-6 godina visoka je svega 15-20 cm, a u starosti od 10 godina naraste 1 m visoko, s 30 godina visoka je 10-15 m. Može doseći i starost preko 2000 godina, a najstarija pronađena i zabilježena tisa nalazi se u Velikoj Britaniji u mjestu Llangernyw koja je stara otprilike 4000 godina. U Hrvatskoj se najstarija tisa nalazi u Mrkoplju i procjenjuje se da je stara oko 2000 godina.

Kao posebno lijepi primjerci obične tise u Hrvatskoj mogu se izdvojiti stabla oko Trenkovog dvorca u Trenkovu (Mitrovica), Isusovačkog dvorca odnosno dvorca Turković u Kutjevu, Velikog i malog dvorca Pejačević u Našicama i ona u parku lječilišta Lipik. Očito je, da je tisa također bila omiljena šumska i parkovna vrsta obitelji Drašković, jer su mnogi primjerci tise prisutni oko dvorca Trakošćan (Zelić 2000).

U Hrvatskoj je Glavač (1958) na Medvednici istražio i opisao asocijaciju *Tilio-Taxetum* koja pripada termofilnoj podsvezi *Ostryo-Tilienion platyphylli*. Lipovo-tisova šuma je reliktna zajednica koja se u sjeverozapadnoj Hrvatskoj održala kao trajni stadij. Ona je u Hrvatskoj jedina opisana šumska zajednica s običnom tisom (Vukelić i Rauš 1998; Vukelić i sur. 2008; Vukelić 2012). Raširena je na Medvednici, Kalniku, Ivanščici, Macelju, Samoborskoj gori te u vrlo malim fragmentima i u sjevernom dijelu Gorskoga kotara. Ova zajednica pridolazi u pojasu brdske bukove šume na sjevernim, strmim vapnenačkim blokovima, koji često izbijaju na površinu. U dinarskom području susreću se njezini fragmenti u kanjonima veće zračne vlažnosti. Tlo je plitko, litogeno humusno i karbonatno. Uz tisu u sloju drveća nalaze se i: velelisna lipa (*Tilia platyphyllos* Scop.), obična bukva, mukinja (*Sorbus aria* L.) i crni jasen (*Fraxinus ornus* L.). U sloju grmlja osim vrsta iz sloja drveća česte su one na karbonatnoj podlozi: klokočika (*Staphylea pinnata* L.), širokolisna kurika (*Euonymus latifolius* /L./ Mill.), poljska ruža (*Rosa arvensis* Huds.), obična lijeska (*Corylus avellana* L.), obična krkavina (*Rhamnus cathartica* L.), drijen (*Cornus mas* L.) i lovorasti likovac (*Daphne laureola* L.). U sloju prizemnoga rašća prisutne su tri skupine vrsta: vrste mezofilnih bukovih šuma, zatim one iz reda *Quercetalia pubescentis* i litofiti iz

redova *Erico-Pinetalia* i *Asplenieta trichomanis*. Važne razlikovne vrste u odnosu na bukove šume su: *Tilia platyphyllos*, *Sorbus aria*, *Euonymus latifolius*, *Polypodium vulgare*, *Asplenium trichomanes*, *Moehrinia muscosa*, *Valeriana tripteris*, *Homogyne sylvestris* i *Calamagrostis varia*. Glavač je istaknuo da se ova asocijacija razlikuje od onih srednjoeuropskih zbog njenog termofilnijeg karaktera i skeletnijih staništa što se odrazilo i na različit florni sastav.

Primjena istraživane vrste

Tisa je naša autohtona i zaštićena vrsta drveća koju danas mnogo češće nalazimo u gradskim parkovima, vrtovima, perivojima i na grobljima, nego u prirodi. Uresna je vazdazelena vrsta zanimljivoga izgleda. Iako je otrovna biljka, zauzima važno mjesto u medicini u liječenju karcinoma. Drvo tise je vrlo cijenjeno zbog visoke kvalitete, a premda je s obzirom na estetiku, jedna od najatraktivnijih vrsta drva, danas se malo upotrebljava jer nedostaju količine i dimenzije (Herman 1971; Benham i sur. 2016).

Svojstvo tisovine je da je teška, ali elastična, što ju čini povijesno bitnom. Jedan od svjetski najstarijih drvenih artefakata je drveno koplje koje datira iz paleolitika (otprilike prije 150.000 godina). U Srednjem vijeku je korištena za izradu različitih predmeta, što je uključivalo i glazbene instrumente, namještaj i lukove, a drvo je bilo toliko traženo da je posječeno skoro do izumiranja na većem području Europe (Benham i sur. 2016).

Tisovina prave žice i bez pogrešaka obrađuje se lako, dobro se reže i lijepi, boji i polira. Crno obojena tisa zamjenjuje ebanovinu. Najbolja je od četinjača za izrađivanje masivnih savijenih proizvoda. Tisovina pokazuje često nepravilan tok vlakana i nepravilne linije godova, a to joj daje dekorativnu vrijednost. Ona je nekoć bila skupocjeno drvo, a osim za izrađivanje lukova i namještaja, koristila se i u izradi drvenih tapeta, podova, a služila je i u tokarstvu i rezbarstvu. Mehanička su svojstva tisovine gotovo kao u hrastovine. Ona je tvrda, na pritisak čvrsta, teško se cijepa, žilava je, elastična i trajna (Bađun 1983).

Zadnjih godina tisa je postala vrlo važna zbog alkaloida taksina koji se nalazi u njenim iglicama, a koristi se u proizvodnji citostatika (Willfort 1974; Benham i sur. 2016).

Od europskih četinjača, jedino se tisa obnavlja i izbojcima iz panja i razmjerno se lako razmnožava zelenim reznicama (Fukarek 1983). Zbog toga se smatra vrlo vrijednom vrstom za oblikovanje živica i topiarija. Ona je uz to jedina europska četinjača bez smolnih kanala u drvu i iglicama. Svi dijelovi stabla, osobito iglice pa i sjemenke otrovni su, a neotrovan je jedino arilus (Grlić 1990). Ptice, osobito kos, rado jedu njezine plodove. Zbog

veoma lijepoga rasta i tamnozelenih iglica tisa je cijenjeno parkovno drvo. Osim običnih, jako razgranjenih, postoje brojni hortikulturni kultivari i forme stupolike krošnje, visećih ili uspravnih grana, zatim povijena ili puzava rasta te svijetložutih do zlatnožutih ili plavkastih iglica (Herman 1971; Vidaković 1982, 1993; Fukarek 1983; Armitage i sur. 2014).

Od kultivara stupolikoga i uspravnoga rasta u Hrvatskoj su prisutni sljedeći kultivari: 'Fastigiata', 'Fastigiata Aurea', 'Fastigiata Aureomarginata' i 'Fastigiata Robusta'. Kultivar 'Fastigiata' poznat je i pod nazivima stupolika ili irska tisa. To je ženski kultivar, 2-3 m visine (u starijih primjeraka 4-7 m), s velikim brojem uspravnih grana, koje su kratke i gusto se razgranjuju. Igllice su 2-3 cm dugačke, debele i tamnozelene, a arilus je duguljast. Kultivar 'Fastigiata Robusta' sličan je prethodno opisanome kultivaru, ali robusnijega je habitusa i nešto svjetlijih iglica. Od stupolikih kultivara žutih ili žuto obrubljenih iglica prisutni su 'Fastigiata Aurea' i 'Fastigiata Aureomarginata'.

Pod nazivom *T. baccata* f. *aurea* Pilg. podrazumijevamo sve kultivare obične tise žuto obojenih ili obrubljenih iglica. Od kultivara žutih iglica ističe se kultivar 'Summergold' širokoga i plosnatoga habitusa, koso prema gore usmjerenih izbojaka, 2-3 cm dugačkih i srpasto povijenih iglica žutoga ruba, koje su ljeti u potpunosti žute. Zatim slijedi kultivar 'Semperaurea', do 2 m visoki i isto toliko široki, uspravni grm. Izbojci su veoma kratki i žućkastosmeđi, a iglice su 1-2 cm dugačke, prema vrhu izbojka kraće, malo srpasto uvinute, djelomično prema gore, a djelomično prema dolje usmjerene, odozgo zlatnožute, odozdo svijetlo žutozelene ili samo žutog ruba. Žuto prošarane iglice krase kultivar 'Aureovariegata'. Kultivar 'Elegantissima' je kultivar bujnoga rasta i guste krošnje. Mlade iglice su blijedožute, prugaste, a kasnije bjelkaste.

'Washingtonii' je kultivar niskoga rasta, 1,5 m visoke i veoma široke forme. Grane su otklonjene, a vrhovi vise. Izbojci su nejednake duljine i žutozeleni, a iglice srpaste, usmjerene prema gore, ljeti zelenkastožute s uskim žutim rubom, a zimi brončano-žute.

Kultivar 'Repandens' patuljasti je kultivar do 40 cm visine i do 2 m širine, u kojega se grane samo malo uzdižu iznad tla. 'Compacta' je također patuljasti kultivar kuglastoga oblika. Doseže visinu i širinu do 1,3 m, s puno izbojaka koji su 4-6 cm dugački. Igllice su radijalno raspoređene, 5-10 mm dugačke i 1-1,5 mm široke.

'Nissen' s 'Corona' je kultivar svijetlozelenih iglica, visine do 5 m i širine do 1 m. 'Nissen' s 'Präsident' odlikuje do 5 m visoka i 2 m široka forma sa snažnim, tamnozelenim iglicama. Čest kultivar je i 'Adpressa', široko grmaste i nepravilne forme. Doseže visinu do 6 m i prilično je širok, izbojci su mu uspravni, a iglice dugačke svega 5-9 i široke 2-4 mm, duguljasto-jajolike, na kraju zaobljene s kratkim vrhom, s gornje strane tamnozelene, a s

donje plavkastozelene. Postoje samo ženski primjerci, gdje su cvjetovi s mnogo ljustica, dulji nego u tipične vrste. Sjeme je trobridno do četverobridno, često dulje od arilusa.

Osim kultivara obične tise, postoji i niz kultivara hibridnih vrsta, od kojih su u nas najpoznatiji oni križanca *Taxus × media*. Najčešći kultivar ovoga križanca je kultivar 'Hicksii', ženski kultivar pogodan za živice, široke i uspravne forme.

Tisa u narodnim vjеровanjima

Tisa je zbog svojih osobina, kao što su vazdazelenost i dugovječnost, simbol vječnosti, smrti i okultnih moći. U Hetita je predstavljala "drvo svijeta". Još od doba antike, tisa je posvuda u Europi imala važno mjesto u različitim religijama, folkloru i mitologiji. U Grčkoj je tisa bila posvećena paklenoj Hekati, a u nordijskoj mitologiji tisovala je šuma sjedište bogova Ydalir i tu se primaju duše mrtvih. Kelti su osobito štovali tisu. Zbog vjеровanja keltskih naroda u to da je tisa sveto drvo koje simbolizira vječni život, sadila se uz nadgrobna mjesta kako bi bile pratitelj duše kroz nepoznati svijet mrtvih. Danas su na tim mjestima, uz kršćanske crkve, pronađeni primjerci prastarih tisa (Fukarek 1983; Visković 2001; Vinšćak 2002; Fijačko 2010).

Tisa je za Hrvate i ostale Slavene središnjega Balkana sveto i sretno stablo. Od nje bježe đavoli, vještice, more i sve druge utvare. Od tisovala su se navodno izrađivali i štapovi za čaranje. Na našim se područjima smatralo da tisa tjera uroke i zle duhove pa su od tisovala izrađivane kolijevke, prišivala se u različite odjevne predmete, a komadići drva nosili su se oko vrata ili u kosi. Stavljala se volovima u jaram (radi obilatijeg uroda polja koje se ore ili sije), a konjima u grivu (Fukarek 1983; Visković 2001; Vinšćak 2002; Fijačko 2010).

Ugroženost obične tise

Obična tisa zbog sve većeg izumiranja u mnogim je europskim državama proglašena strogo zaštićenom vrstom. U Hrvatskoj je ona prema Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama na temelju članka 151. stavka 2. i 3. te članka 85. stavka 3. Zakona o zaštiti prirode (»Narodne novine«, broj 80/2013) u kategoriji ugroženosti oznake VU što označava osjetljivu vrstu. Strogo zaštićene biljke iz prirode, u njihovom prirodnom području rasprostranjenosti zabranjeno je brati, rezati, iskopavati, sakupljati ili uništavati. Kao zaštićena biljna vrsta, tisa je evidentirana i u Crvenoj knjizi biljnih vrsta Republike Hrvatske te se nalazi unutar Direktive o staništima unutar Nature 2000 (Nikolić i Topić 2005).

Posredno je zaštićena u dijelovima svojeg areala u parkovima prirode Medvednica, Učka, Biokovo, Žumberačko i Samoborko gorje, Velebit, nacionalnim parkovima Sjeverni Velebit, Risnjak, Paklenica i Plitvička jezera te strogim rezervatima Bijele i Samarske stijene i Rožanski i Hajdučki kukovi.

Sve veća pozornost pridaje se zaštiti pojedinačnih starih primjeraka stabala pa su tako u Hrvatskoj tri tise zaštićene i kao spomenik prirode: tisa koja se nalazi u naselju Čalinec u Maruševcu, stara tisa kod Horvatovih stuba na Medvednici i ona najstarija pronađena tisa u Hrvatskoj u općini Mrkopalj.

Varijabilnost istraživane vrste

Zarek (2007) istražuje varijabilnost prirodnih populacija obične tise u južnoj Poljskoj. Morfometrijsko istraživanje populacijske varijabilnosti provodi na osnovi morfoloških svojstava listova, izbojaka i sjemena pri čemu koristi deskriptivne statističke metode. Istraživanjem je utvrđena visoka varijabilnost populacija. Prosječna dužina i širina iglica poljskih populacija obične tise iznosi 23,5 mm, odnosno 2,4 mm. Autor rezultate uspoređuje s rezultatima drugih istraživanja te zaključuje kako su iglice obične tise iz Poljske značajno šire i imaju značajno veću površinu u usporedbi s rezultatima koje prikazuju Dempsey i Hook (2000) za tisu iz Velike Britanije.

Iszkuło i sur. (2009) istražuju razlike između muških i ženskih jedinki obične tise unutar pet populacija obične tise u Poljskoj. Autori mjere visinu stabala, prsni promjer debla, zatim dužinu i površinu iglica, specifičnu površinu iglica, broj redova puči, gustoću puči i sadržaj ugljika i dušika u iglicama. Istraživanjem je utvrđeno da su ženske jedinke obične tise značajno niže u odnosu na muške te da imaju manji prsni promjer debla. Za razliku od toga, autori ističu da ženske jedinke karakteriziraju duže iglice s većom površinom, kao i većom gustoćom puči. Razlike u rastu i morfologiji iglica opisuju kao posljedicu većih energetske ulaganja ženskih jedinki za proizvodnju sjemena u odnosu na energetska ulaganja muških jedinki za proizvodnju peludi.

Schirone i sur. (2010) istražuju morfološku i genetičku raznolikost tise na Azorima. Autori uspoređuju morfologiju (dužina, širina, površina i odnos dužine i širine iglica) s literaturnim podacima za tisu iz drugih istraživanja (Di Sapio i sur. 1997; Cope 1998; Mitchell 1998; Dempsey i Hook 2000; Zarek 2007; Wyka i sur. 2008; Iszkuło i sur., 2009) i dolaze do zaključaka da su prosječne vrijednosti za populacije obične tise sa Azora značajno manje u odnosu na one iz drugih istraživanja.

Stefanović i sur (2017) koriste multivarijatne morfometrijske metode kako bi utvrdili razlike između muških i ženskih jedinki obične tise na području središnjega dijela Balkanskoga poluotoka. Kako bi utvrdili unutarvrstu varijabilnost ove reliktna vrste, kao i postojanje spolnog dimorfizma koriste se metodama geometrijske morfometrije. Istraživanjem je utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika u morfologiji iglica muških i ženskih jedinki unutar jedne od tri istraživane populacije. Unutar navedene populacije muške jedinke odlikovale su se kraćim iglicama. Dužina iglica unutar ostalih populacija bila je podjednaka i u ženskih i u muških biljaka.

Mayol i sur. (2015) istražuju utjecaj prošlih klimatskih promjena na genetičku raznolikost i strukturiranost populacija obične tise u 238 populacija na uzorku od 4992 jedinke. Istraživanjem je utvrđeno da je današnja slika raznolikosti populacija obične tise na cjelokupnom području njezina areala rezultat geografske udaljenosti i klimatskih promjena. Autori utvrđuju da je tisa kolonizirala Europu s istoka te da je tijekom posljednjeg ledenog doba koje je nastupilo u kvartaru (prije otprilike 2 milijuna godina) divergirala u dvije genske skupine (zapadna, istočna). Osim očekivanih učinaka geografske izolacije tijekom ledenih doba, autori ističu značajnu ulogu prilagodbe obične tise okolišu tijekom interglacijala.

U istraživanju raznolikosti obične tise u Poljskoj na uzorku od 2725 jedinki iz 31 populacije Litkowiec i sur. (2018) pomoću pet mikrosatelitnih biljega utvrđuju umjerenu do visoku genetičku varijabilnost. Isto tako, istraživanjem je utvrđeno da su populacije obične tise geografski strukturirane te da je genetička udaljenost između populacija bila korelirana s geografskom udaljenošću što potvrđuje „*isolation by distance*“ uzorak. Autori ističu kako je poznavanje genetičke raznolikosti obične tise od velike važnosti u planiranju konverzacijskih strategija i očuvanja genofonda ove rijetke i ugrožene vrste.

CILJ RADA

Obična tisa ugrožena je vrsta unutar europske flore, čija je genetička raznolikost često rezultat ograničenoga protoka gena između malih i izoliranih populacija. Takve male populacije često su izložene velikom riziku od gubljenja genetičke raznolikosti kroz mehanizam genetičkoga drifta. Samim time, adaptabilnost tako malih i izoliranih populacija se smanjuje, a rizik od izumiranja se povećava.

U Hrvatskoj populacije obične tise često se nalaze na teško pristupačnim mjestima, a obično su male i izolirane. Budući da u Hrvatskoj ne postoje populacijska istraživanja raznolikosti obične tise, ovim će se istraživanjem kvantificirati stupanj unutarpopulacijske i međupopulacijske raznolikosti ove osjetljive i zaštićene drvenaste vrste.

Glavni ciljevi rada bili su utvrditi morfološku raznolikost i strukturiranost populacija obične tise u Hrvatskoj te istražiti na koji način ekološki i geografski čimbenici utječu na varijabilnost populacija.

MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Materijal

Terenska istraživanja provedena su u srpnju 2016. i 2017. godine. Uzorci listova za morfometrijsku analizu fotografirani su u sedam prirodnih populacija obične tise u Hrvatskoj: Senj, Učka, Klek, Bistra, Horvatove stube, Tisova peć i Strahinščica. Ukupno je u analizu uključeno 112 jedinki, a sa svake jedinice ukupno je izmjereno 30 zdravih i potpuno razvijenih iglica.

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija.

Populacija	Oznaka populacije	Geografska dužina	Geografska širina	Nadmorska visina (m)
Senj	P01	15,000752	44,926641	1033
Učka	P02	14,167794	45,314551	399
Klek	P03	15,142955	45,259579	1007
Bistra	P04	15,916780	45,909228	345
Horvatove stube	P05	15,966428	45,918964	718
Tisova peć	P06	16,009143	45,902223	376
Strahinščica	P07	15,913667	46,195008	528

Iglice su obrađene i izmjerene pomoću računalnog programa WinFOLIA, dizajniranog posebno za vršenje preciznih morfoloških mjerenja lista. Za potrebe naših mjerenja, korištena je verzija WinFOLIA Pro 2005 (WinFOLIA leaf analysis software-Regent, Quebec, Canada). 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. Za svaki list izmjereno je osam folijarnih značajki pri čemu je točnost mjerenja iznosila 0,1 mm.

Mjerene značajke iglica:

1. površina plojke (LA)
2. dužina plojke (LL)
3. maksimalna širina plojke (MLW)
4. dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMPW)
5. širina plojke na 50 % dužine plojke (LW1)
6. širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2)
7. kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1)
8. kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2).

Iz mjerenih značajki izvedeni su sljedeći omjeri: maksimalna širina plojke/dužina plojke (MLW/LL); dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke/dužina plojke (PMLW/LL); širina plojke na 50 % dužine plojke/dužina plojke (LW1/LL); širina plojke na 90 % dužine plojke/dužina plojke (LW2/LL).

Statistička obrada podataka

Kako bi se utvrdila varijabilnost populacija obične tise u Hrvatskoj na temelju morfometrijske analize pristupilo se statističkoj obradi podataka. Statistička obrada podataka obavljena je pomoću statističkog programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, Inc. 2001). Sve korištene metode provedene su korištenjem standardnih algoritama (Conover 1980; Everitt 1981; Sokal i Rohlf 1989; Sharma 1996; Legendre i Legendre 1998).

Deskriptivna statistika

Deskriptivna statistika temelji se na konkretnim rezultatima dobivenim nekim istraživanjima ili mjerenjima pri čemu je obuhvaćen statistički skup u potpunosti. Zadaća deskriptivne statistike je da te rezultate opiše tj. da ih sredi i sažme, kako bi bili pregledniji, razumljiviji i pogodniji za interpretaciju i daljnju analizu i primjenu (Papić 2010).

Trend izmjerenih morfoloških značajki iglica obične tise u ovome istraživanju opisan je putem deskriptivnih statističkih pokazatelja, pri čijem su izračunu korišteni standardni algoritmi deskriptivne statističke analize (Sokal i Rohlf 1989). Podaci su prikazani sljedećim

procjeniteljima: aritmetička sredina (M), mod, medijan, standardna devijacija (SD), raspon ($x_{\min} - x_{\max}$), koeficijent varijabilnosti ($CV\%$).

Aritmetička sredina najvažnija je i najčešće korištena srednja vrijednost. Možemo ju definirati kao prosječnu vrijednost koju dobijemo tako da zbroj svih vrijednosti podijelimo s njihovim brojem. Označava se sa \bar{x} , M , $E(x)$ (Papić 2010).

Mod je vrijednost redosljednog ili numeričkog obilježja koja se javlja u najvećega broja elemenata statističkoga skupa. Drugim riječima, mod je ona vrijednost obilježja koja se u statičkom skupu najčešće pojavljuje (Serdar i Šošić 1988).

Medijan je srednja vrijednost redosljednoga ili numeričkoga obilježja koja elemente osnovnoga skupa dijeli u dva jednaka dijela tako da se u jednom dijelu nalaze elementi koji imaju vrijednost obilježja jednaku ili manju od medijana, a u drugom se dijelu nalaze elementi koji imaju vrijednost obilježja jednaku ili veću od medijana (Serdar i Šošić 1988).

Srednja je vrijednost karakteristika svih vrijednosti numeričkoga obilježja koje variraju od elementa do elementa u jednom statističkom skupu. Reprezentativnost srednje vrijednosti ovisi o stupnju varijabilnosti vrijednosti obilježja za koje se izračunava srednja vrijednost. Stupanj reprezentativnosti srednje vrijednosti osobito je značajan za svaki statistički rad sa srednjim vrijednostima. Srednja vrijednost, dakle, nije dovoljna karakteristika distribucije frekvencija jer dva ili više nizova mogu imati istu srednju vrijednost, a da se ipak međusobno veoma razlikuju. Distribucije frekvencija iste vrste mogu se razlikovati i po tome što vrijednosti numeričkog obilježja njihovih elemenata pokazuju različit raspon i različitu raspršenost. Tu raspršenost vrijednosti zovemo disperzija (Serdar i Šošić 1988). Osim karakteristike distribucije frekvencija dane u srednjoj vrijednosti, nastaje potreba za drugom karakteristikom distribucije frekvencija, koja će izražavati stupanj varijabilnosti vrijednosti obilježja. Ta se karakteristika zove mjera disperzije. Disperzija se može mjeriti različitim mjerama, a u ovome radu korištene su sljedeće mjere disperzije: standardna devijacija (SD), raspon ($x_{\min} - x_{\max}$), koeficijent varijabilnosti ($CV\%$).

Standardna devijacija definira se kao prosječno odstupanje od aritmetičke sredine. Označava se sa σ , s , SD (Papić 2010).

Raspon je gruba informacija o veličini disperzije, a daje nam prikaz između najmanje i najveće vrijednosti numeričkoga obilježja.

Koeficijent varijabilnosti relativna je mjera disperzije i predstavlja postotni udio standardne devijacije u odnosu na vrijednost aritmetičke sredine. Najmanja postotna vrijednost koeficijenta varijabilnosti je 0 % kada svi podaci imaju jednaku vrijednost, a najveća nije određena. Koeficijenti varijabilnosti rijetko su veći od 100 % (Papić 2010).

Korelacijska analiza

Korelacija predstavlja međusobnu povezanost između različitih pojava predstavljenih vrijednostima dvaju varijabli. Koeficijenti korelacije pokazuju u kojoj su mjeri promjene jedne varijable povezane s promjenama vrijednosti druge varijable (Serdar i Šošić 1988; Udovičić i sur. 2007). Uporaba koeficijenta korelacije ovisi o vrsti podataka, odnosno o ljestvici koju slijede podaci. Najčešće se koriste Pearsonov i Spearmanov koeficijent korelacije. Vrijednosti koeficijenta korelacije kreću se od +1 (savršena pozitivna korelacija) do -1 (savršena negativna korelacija).

U ovome radu ispitana je međusobna povezanost između mjerenih varijabla iglica, zatim između mjerenih varijabla iglica i geografske dužine i širine, kao i između morfoloških i ekoloških značajki. Za potrebe korelacijske analize od ukupno 19 bio-klimatskih varijabla preuzetih iz WorldClim baze podataka (prilog 1), Spearmanovim koeficijentom korelacije izdvojeno je osam ($r > 0,85$) koje su korištene u daljnjoj analizi: prosječna godišnja temperatura (BIO1); prosječan raspon najviše i najniže temperature (BIO2); izotermija (BIO3); najniža temperatura najhladnijeg mjeseca (BIO6); srednja temperatura najtoplijeg kvartala (BIO10); godišnja količina padalina (BIO12); sezonska količina padalina (BIO15); i količina padalina najtoplijeg kvartala (BIO18). Osim klimatskih varijabli u analizu su uključene i DEM varijable (nadmorska visina, nagib, ekspozicija) i pedološke značajke.

Hijerarhijska analiza varijance

Analiza varijance statistička je metoda kojom se određuje ukupna varijabilnosti i raščlanjuje na njene sastavnice. Navedenom metodom ukupna varijanca raščlanjuje se na varijancu između prosječnih vrijednosti skupina i na varijancu unutar samih skupina (Sokal i Rohlf 1989). Ako su ispunjeni uvjeti koje zahtijevaju parametarski testovi (normalnost, homogenost varijance), može se provesti analiza varijance (ANOVA).

Kako bi se utvrdile razlike između istraživanih skupina populacija obične tise u Hrvatskoj korištena je analiza varijance (ANOVA). Analizirani izvori varijabilnosti bili su regija kao fiksni efekt te populacija i stablo kao slučajni efekt, na način da je efekt populacija ugniježđen unutar efekta regija, a stablo unutar efekta populacija*regija. Kako bi se dobio uvid u zastupljenost pojedinih istraživanih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci korištena je metoda najveće vjerodostojnosti (*Restricted Maximum Likelihood Method* – REML).

Ukupna varijanca raščlanjena je na sastavnice varijance: između regija, između populacija unutar regija i između stabala unutar populacija.

Multivarijatne statističke metode

Klusterska analiza

Klusterska analiza je skupina multivarijatnih tehnika čiji je primarni cilj klasificiranje ili klasteriranje opažaja u skupine, grupe ili klustere (Sharma 1996). Klusterska analiza nije tipični statistički test, već je objektivna metoda za klasificiranje koja nam daje brzi pregled strukture podataka, njihovu eventualnu povezanost u skupine i odnose između tih skupina (Pecina 1988).

U ovom radu je korištena hijerarhijska metoda udruživanja objekata (*joining*), odnosno algoritam izrade stabla (*tree clustering algorithm*). Svrha navedenog algoritma udruživanje je neklasificiranih objekata u *klustere*, pomoću nekih mjera sličnosti ili različitosti objekata, a kao krajnji rezultata dobivamo horizontalno hijerarhijsko stablo, odnosno dendrogram. Na takvom dendrogramu os x označava udaljenost povezivanja koja se može izračunati na više različitih načina, a za potrebe ovog rada izračunata je Euklidova udaljenost. Za udruživanje klastera korištene su sljedeće metode: (1) metoda centroida (Unweighted Pair-Group Centroid /UPGMC/ i Weighted Pair-Group Centroid /WPGMC/); (2) pojedinačna vezanost ili metoda najbližeg susjeda (Single Linkage, Nearest Neighbor Method); (3) potpuna vezanost ili metoda najdaljeg susjeda (Complete Linkage, Farthest Neighbor Method); (4) prosječna vezanost (Average Linkage - Unweighted Pair-Group Average /UPGMA/ i Weighted Pair-Group Average /WPGMA/); (5) Wardova metoda (Ward's Method).

Osim hijerarhijske metode udruživanja objekata korišten je i najčešće korišteni nehijerarhijski algoritam klasteriranja - algoritam k-srednjih vrijednosti tj. *k-means*. Osnovna ideja algoritma *k-means* je određivanje predstavnika k skupina, i pridruživanje svakog objekta, u našem slučaju stabla, skupini s najbližim predstavnikom tako da zbroj kvadrata udaljenosti objekata od predstavnika skupina kojima pripadaju bude minimalan. Drugim riječima, *k-means* klusterskom metodom generiraju se najkompaktnije skupine objekata, odnosno skupine s minimalnom totalnom varijancom (Mirošević 2016). U našem slučaju *k-means* klusterskom metodom određen je udio stabala koji pripada dinarskoj i kontinentalnoj regiji. Rezultati su prikazani na karti strukturnim krugovima, odnosno

kružnim dijagramima, a udjeli porijekla svake populacije u svakom od definiranih klastera određeni su bojom: klaster A (dinarska regija) – zelena boja; i klaster B (kontinentalna regija) – plava boja.

Diskriminantna analiza

Diskriminantna analiza ima široku primjenu u brojnim biološkim istraživanjima u kojih je primarni cilj identifikacija grupe kojoj neki objekt (npr. genotip, stablo, list, plod its.) pripada. Ova metoda uključuje i predikciju uspješnosti klasifikacije objekata u grupe, kao i pronalaženje one varijable (ili više njih) koja najviše pridonosi klasifikaciji (Sharma 1996; Pecina 2006). Osnovna je postavka da ako se aritmetičke sredine varijabli signifikantno razlikuju između različitih grupa, tada se iste mogu koristiti za razlikovanje, odnosno diskriminaciju tih grupa, kao i za klasifikaciju novih uzoraka u jednu od tih grupa. Kao rezultat diskriminantne analize dobivamo više diskriminacijskih funkcija, odnosno kanoničkih korijena, čiji se doprinosi razlikovanju grupa ne preklapaju. Razlikovanje grupa u najvećoj mjeri određeno je prvom funkcijom, a sa svakom sljedećom funkcijom se smanjuje. Diskriminantna analiza u ovome radu korištena je za određivanje morfoloških značajki listova koje najbolje razlikuju, odnosno diskriminiraju, sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Diskriminacijske funkcije dobivene su pomoću kanoničke analize.

REZULTATI

Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statističke analize prikazani su u tablicama 2 i 3 po istraživanim skupinama populacija te za sve populacije zajedno. Za svaku mjerenu morfološku značajku prikazani su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina, mod, medijan, standardna devijacija, raspon (minimalne i maksimalne vrijednosti) i koeficijent varijacije (prilog 3-9). Osim toga, Box & Whiskers dijagramima na slikama 6-17 prikazane sve istraživane značajke po populacijama. U nastavku su rezultati opisani putem navedenih parametara, a prikaz je dan po varijablama.

Površina plojke (LA)

Prosječna površina plojke za sedam istraživanih populacija obične tise iznosi 0,40 cm² (ukupni CV=32,47 %). Općenito, manju površinu plojke imaju populacije iz dinarskoga područja, dok su populacijama iz kontinentalnog dijela Hrvatske svojstvene veće vrijednosti ove značajke. Isto tako, veće prosječne vrijednosti navedene značajke bile su svojstvene muškim biljkama. Koeficijent varijabilnosti najveći je unutar populacije Senj i iznosi 35,81 %, dok je u populacije Strahinščica najmanji i iznosi 22,07 %.

Dužina plojke (LL)

Prosječna dužina plojke u ukupnom uzorku iznosi 21,25 mm (ukupni CV=24,57 %). Od sedam analiziranih populacija, najveću dužinu plojke ima populacija Strahinščica i ona iznosi 24,52 mm, a najmanju populacija Učka, gdje ona iznosi 15,21 mm. Koeficijenti varijabilnosti za ovu značajku kreću se u rasponu od 15,45 % za populaciju Bistra do 24,84 % za populaciju Senj. Kao i u prethodne značajke, najveće prosječne vrijednosti za dužinu iglice svojstvene su populacijama iz kontinentalne regije i muškim biljkama.

Maksimalna širina plojke (MLW)

Prosječna maksimalna širina iglice u ukupnom uzorku iznosi 2,32 mm (ukupni CV=19,00 %). Populacija Strahinščica ima najveću maksimalnu širinu plojke (MLW=2,65 mm), a populacija Senj najmanju (MLW=2,14 mm). Koeficijenti varijabilnosti za ovu značajku kreću se od 8,79 % za populaciju Učka do 18,74 % za populaciju Bistra.

Dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW)

Najveću dužinu plojke, mjerenu od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke ima populacija Bistra (PMLW=8,41 mm), a najmanju populacija Učka (PMLW=5,33 mm). Najmanjom varijabilnošću odlikuje se populacija Učka (CV=28,47 %), a najvećom populacija Klek (CV=43,51 %). Ova značajka odlikuje se najvećom varijabilnošću od svih analiziranih značajki (ukupni CV=41,01 %).

Širina plojke na 50 % dužine plojke (LW1)

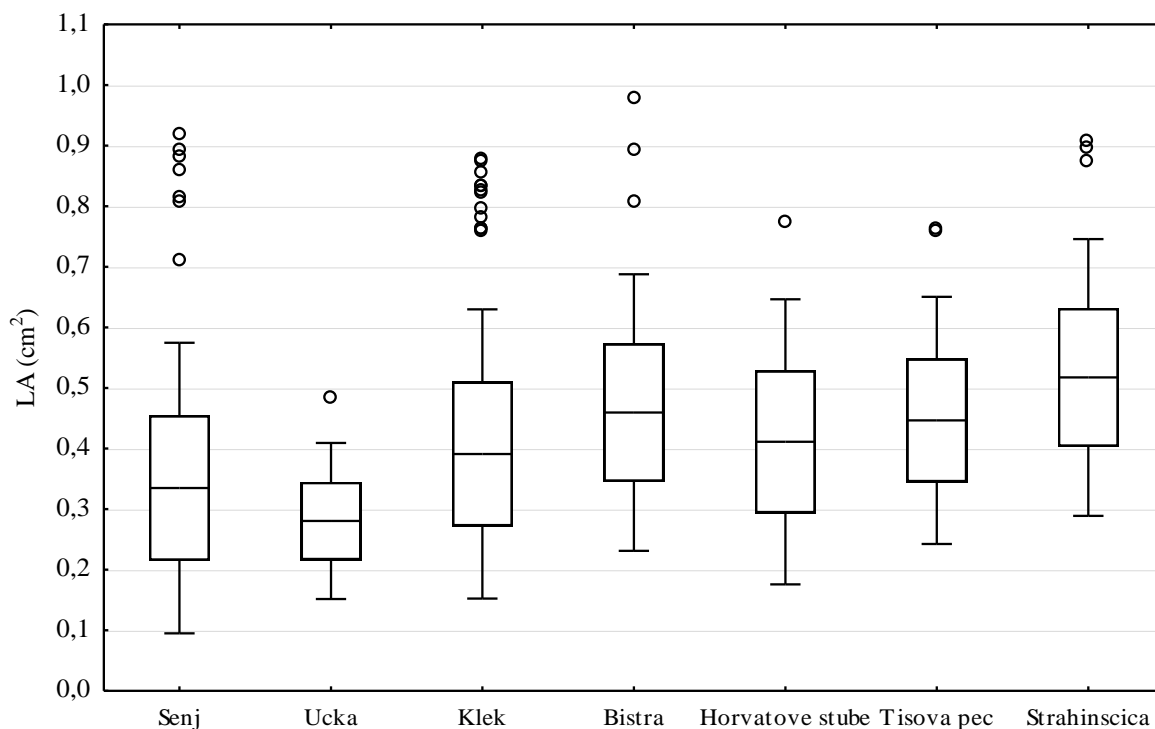
Slično kao i u značajke maksimalna širina plojke (MLW), od svih analiziranih populacija, najveću širinu plojke na 50 % dužine plojke ima populacija Strahinčica (LW1=2,44 mm), a najmanju populacija Senj (LW1=2,01 mm). Koeficijent varijabilnosti najveći je unutar populacije Bistra (CV=19,69 %), dok je u populacije Učka najmanji (CV=9,07 %).

Širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2)

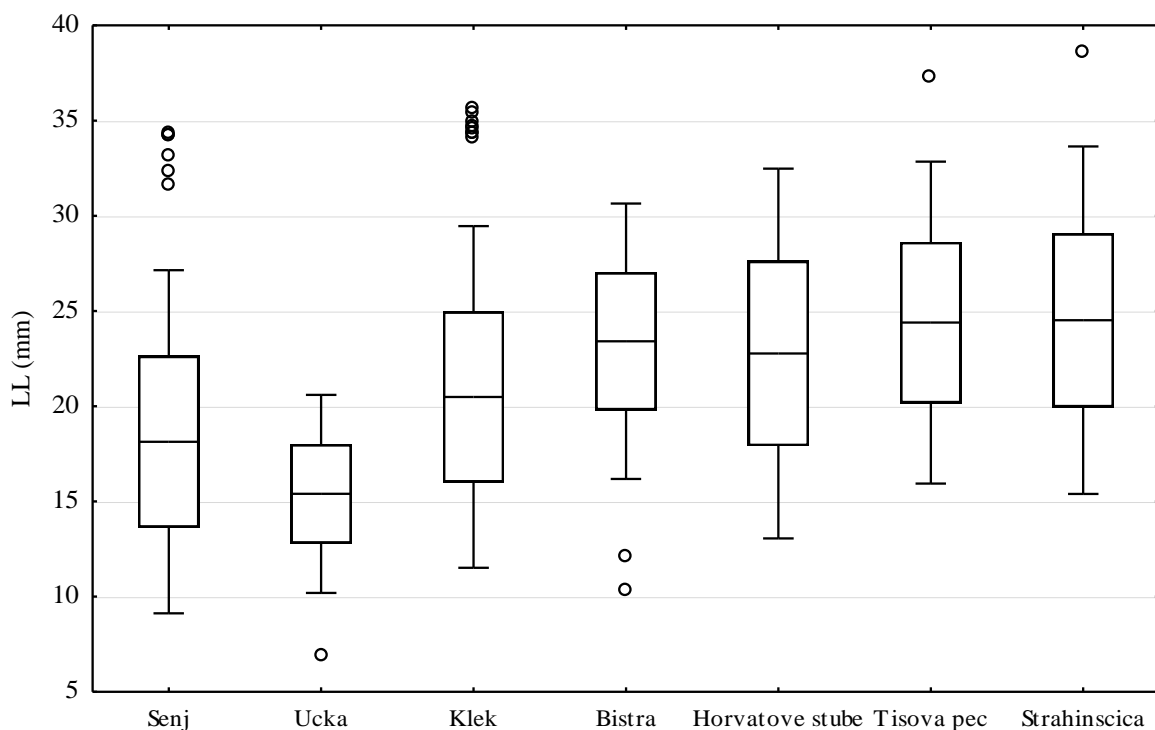
Prosječna širina plojke istraživanih populacija obične tise iznosi 1,42 mm. Ova značajka odlikuje se najmanjom varijabilnošću od svih mjerenih značajki (ukupni CV=16,57 %). Najveća širina plojke na 90 % njezine dužine odlikuje populaciju Strahinčica (LW2=1,62 mm), a najmanja populaciju Učka (LW2=1,24 mm). Koeficijenti varijabilnosti za ovu značajku kreću se od 10,73 % (populacija Strahinčica) do 17,90 % (populacija Senj).

Kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % (LA1) i 25 % (LA2) dužine plojke

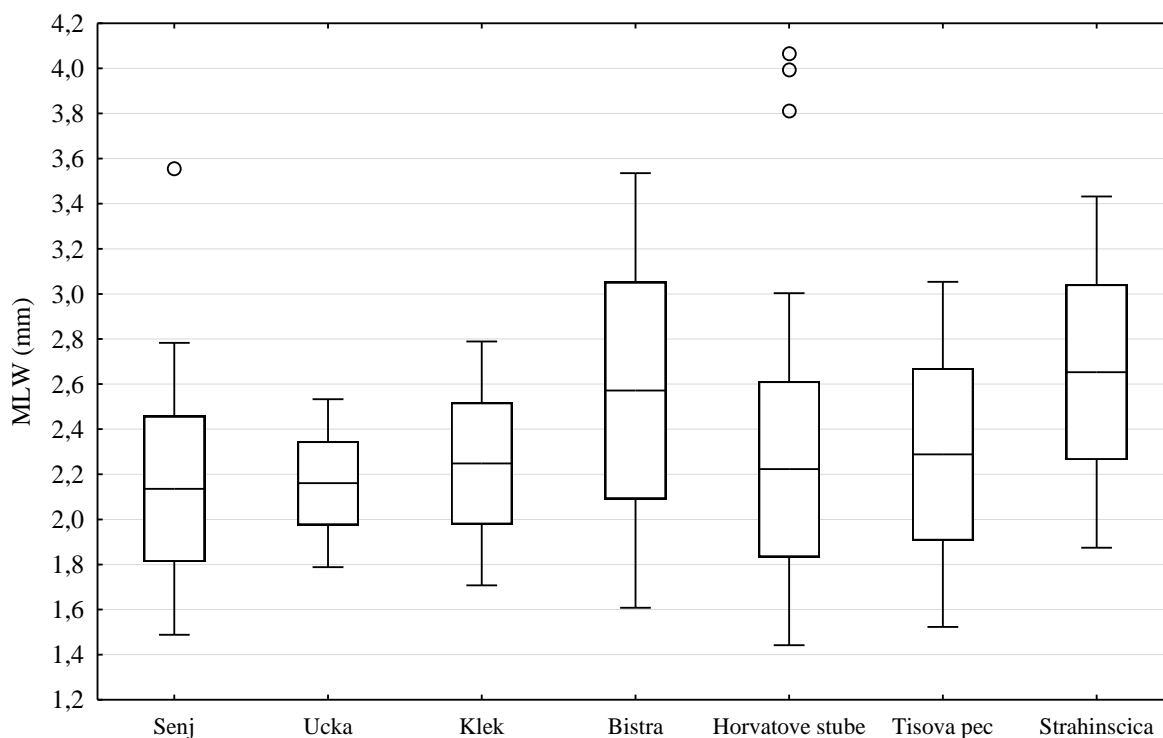
Prosječne vrijednosti za značajke LA1 i LA2 u ukupnom uzorku iznose 21,99° (ukupni CV=17,95 %) i 11,15° (ukupni CV=23,03 %). Prosječne najmanje vrijednosti za kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac koji prolazi kroz osnovu plojke i točku na rubu lista, koja se nalazi na 10 % (LA1) i 25 % (LA2) dužine plojke svojstvene su populacijama kontinentalne regije, a prosječne najveće populacijama dinarske regije. Isto tako, većim prosječnim vrijednostima za navedene značajke odlikovale su se ženske biljke. Najmanja varijabilnost za oba kuta zabilježena je u populacije Učka. Najveći koeficijent varijabilnost za značajku LA1 zabilježen je unutar populacije Senj, a za značajku LA2 unutar populacije Horvatove Stube.



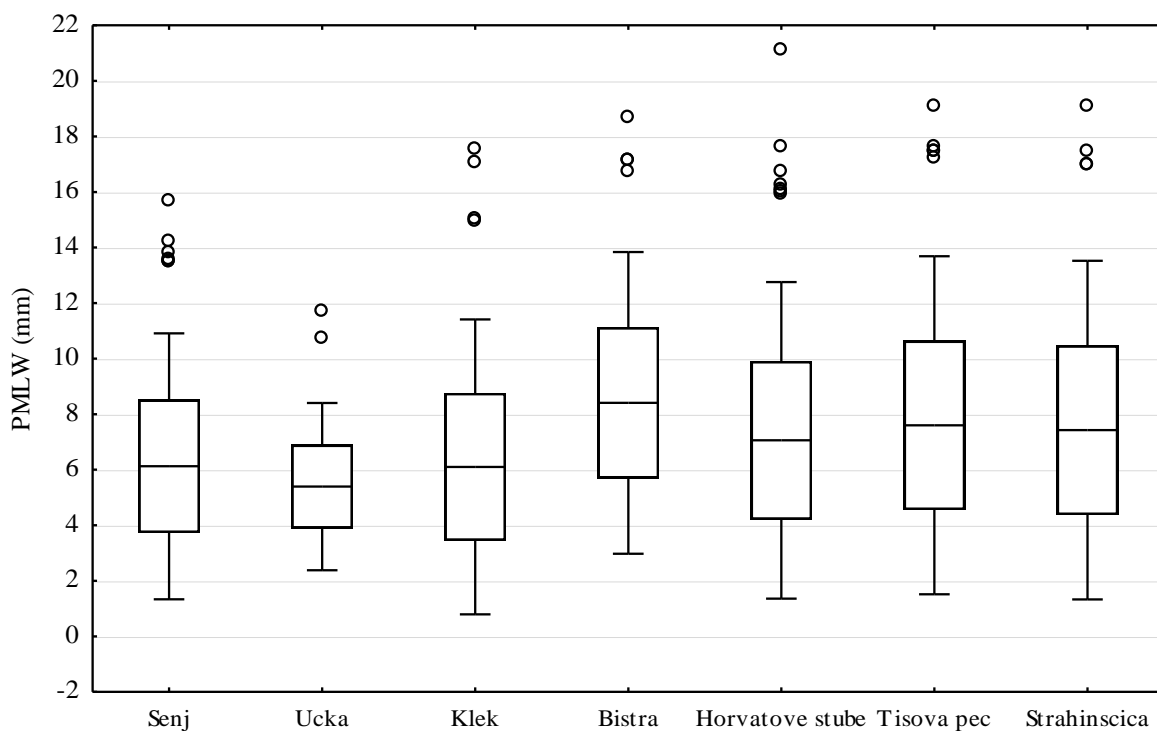
Slika 6. Osnovni statistički parametri za površinu plojke (LA) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



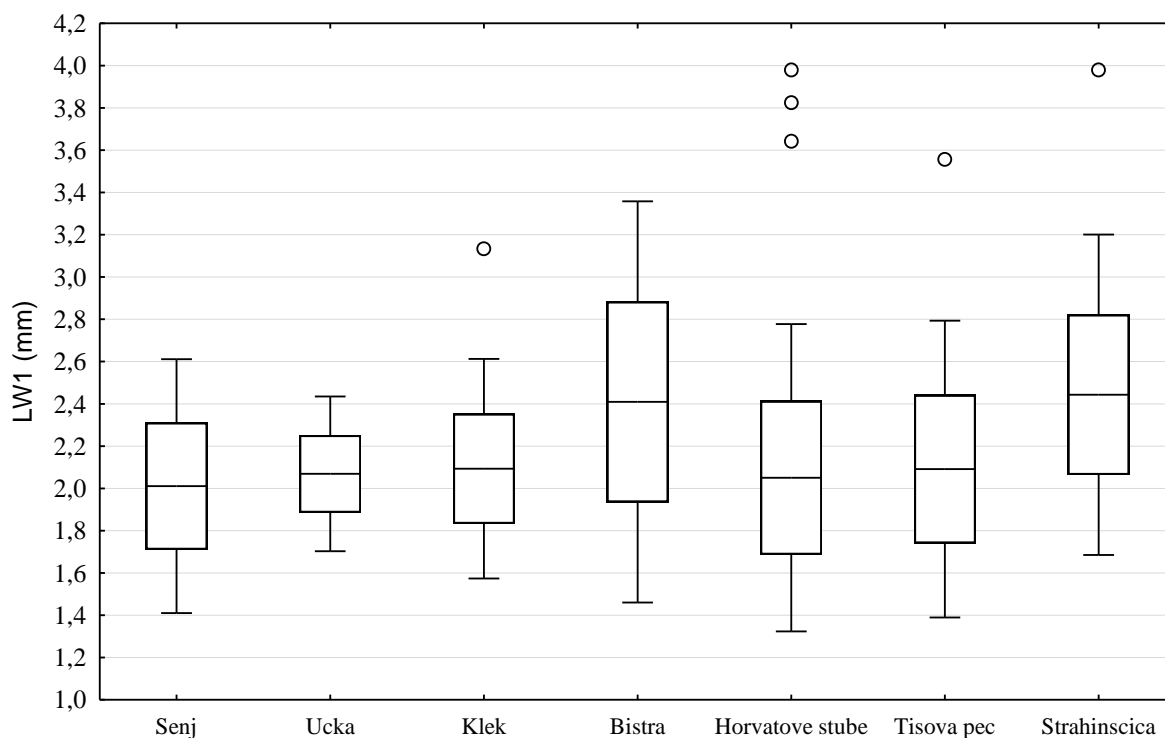
Slika 7. Osnovni statistički parametri za dužinu plojke (LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



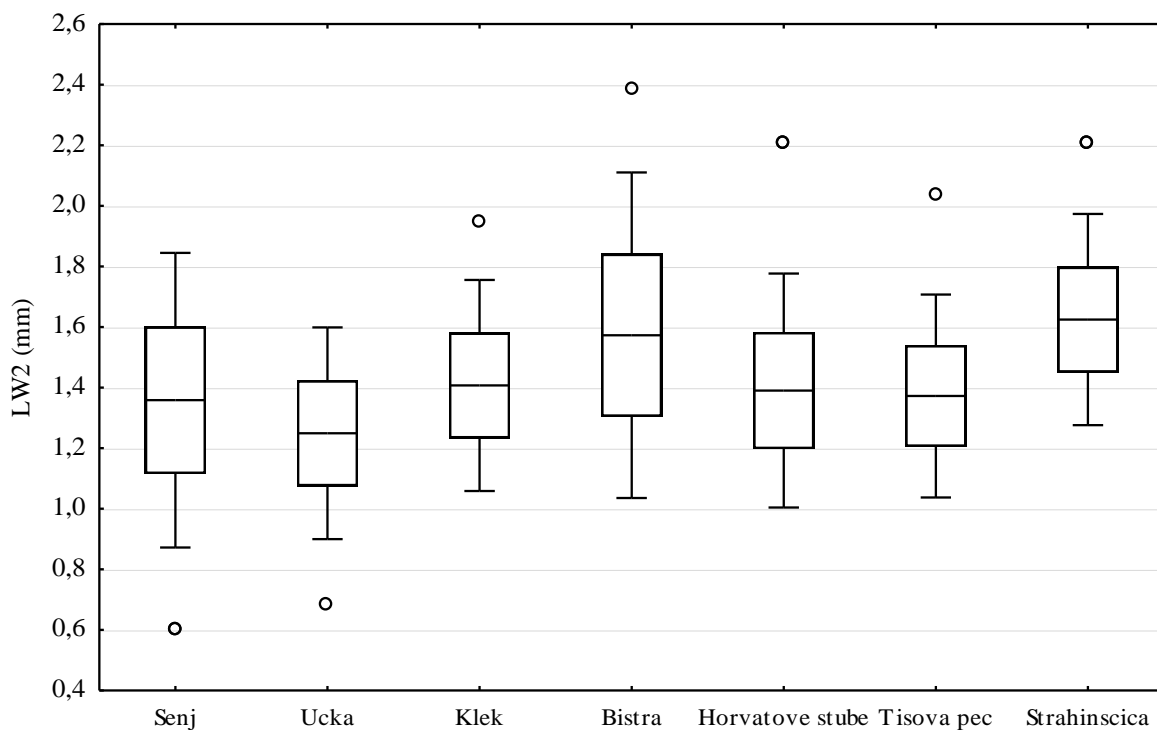
Slika 8. Osnovni statistički parametri za maksimalnu širinu plojke (MLW) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



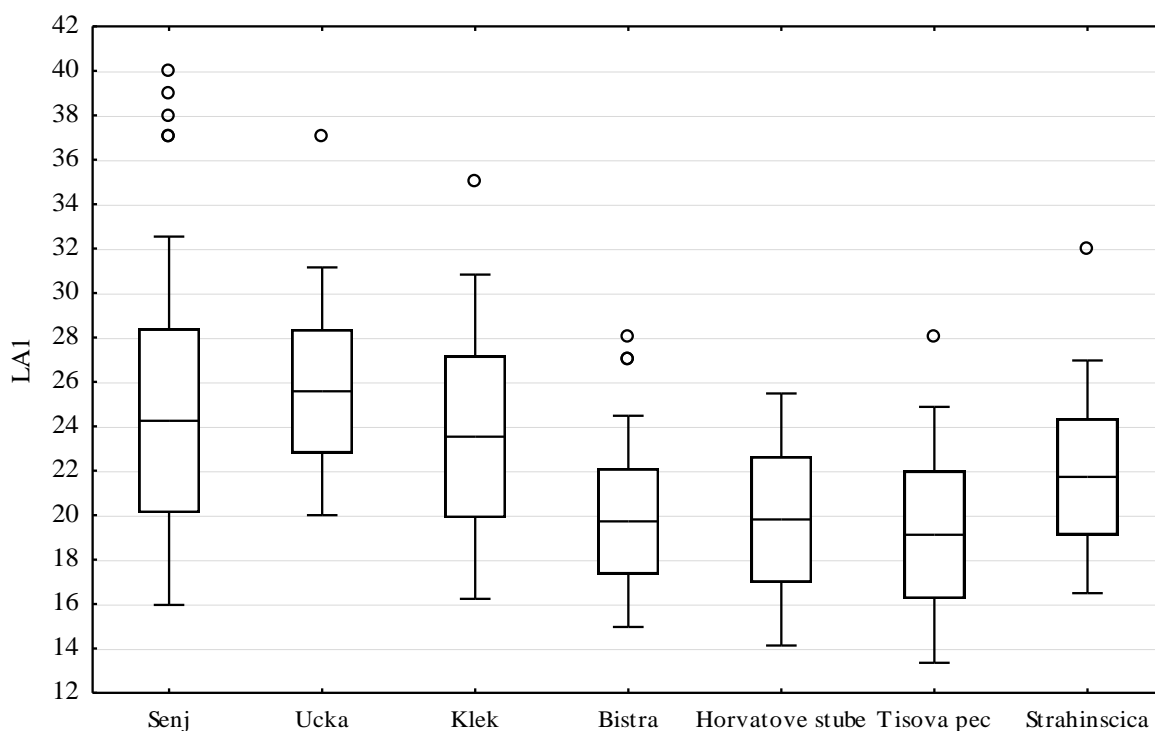
Slika 9. Osnovni statistički parametri za udaljenost od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



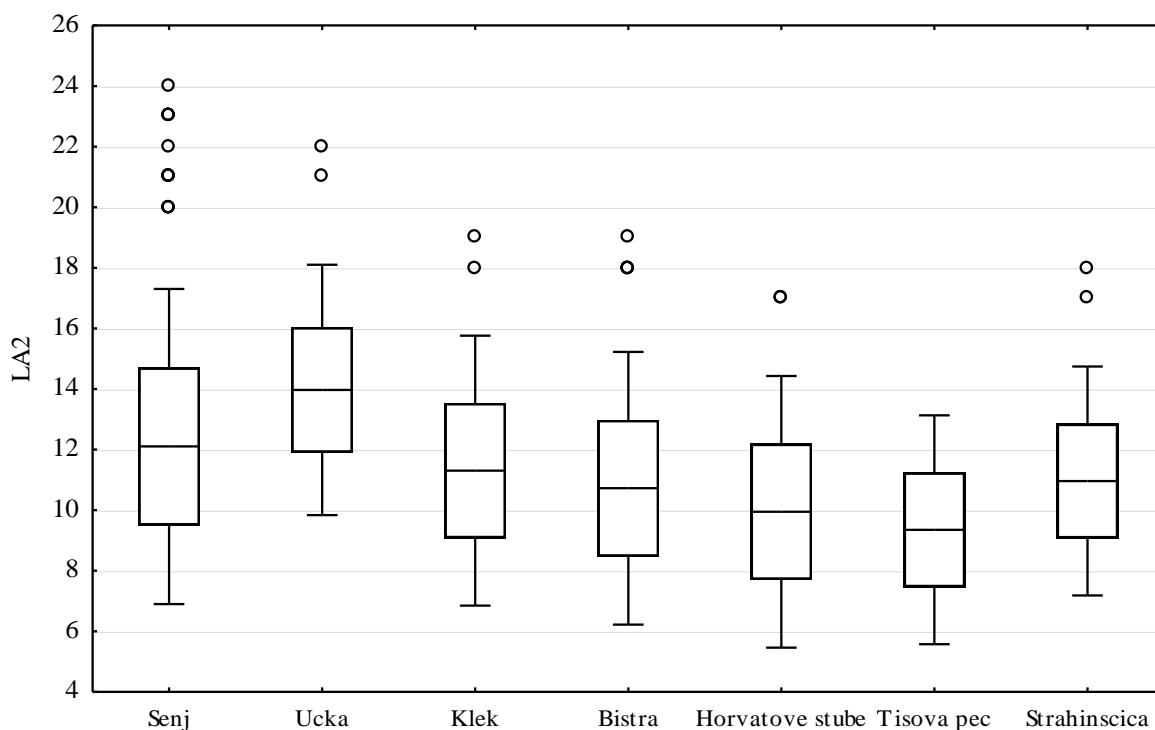
Slika 10. Osnovni statistički parametri za širinu plojke mjerenu na 50 % dužine plojke (LW1) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



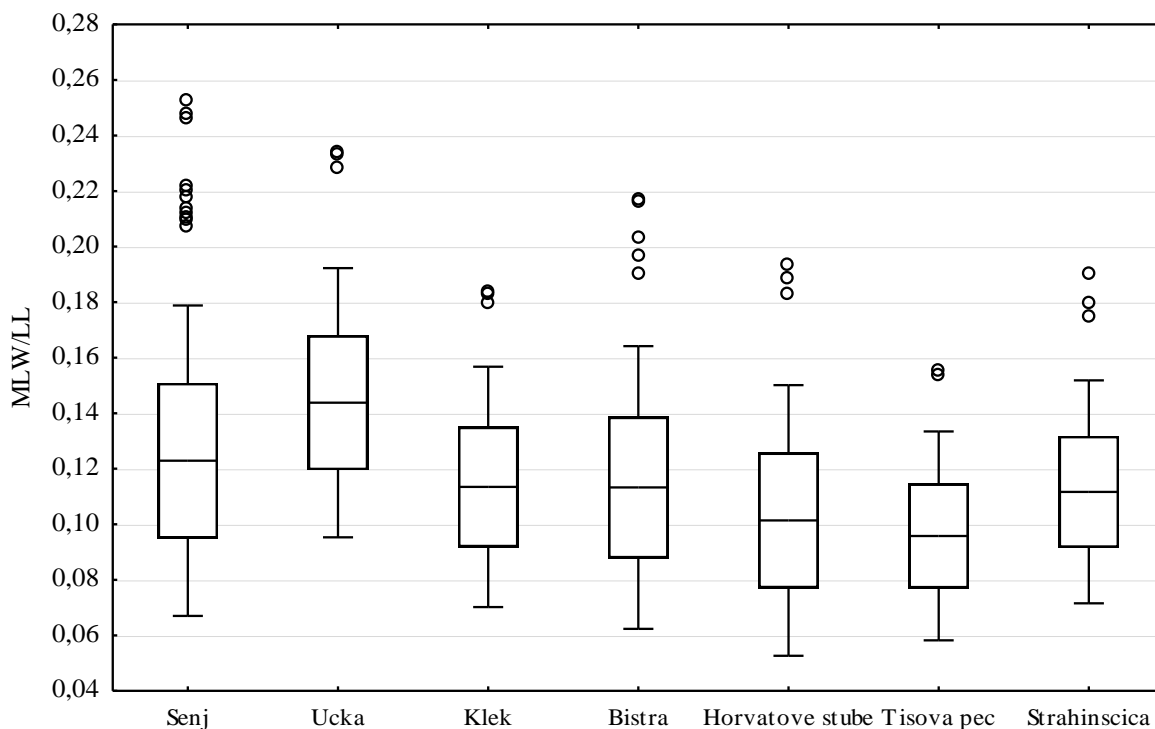
Slika 11. Osnovni statistički parametri za širinu plojke mjerenu na 90 % dužine plojke (LW2) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



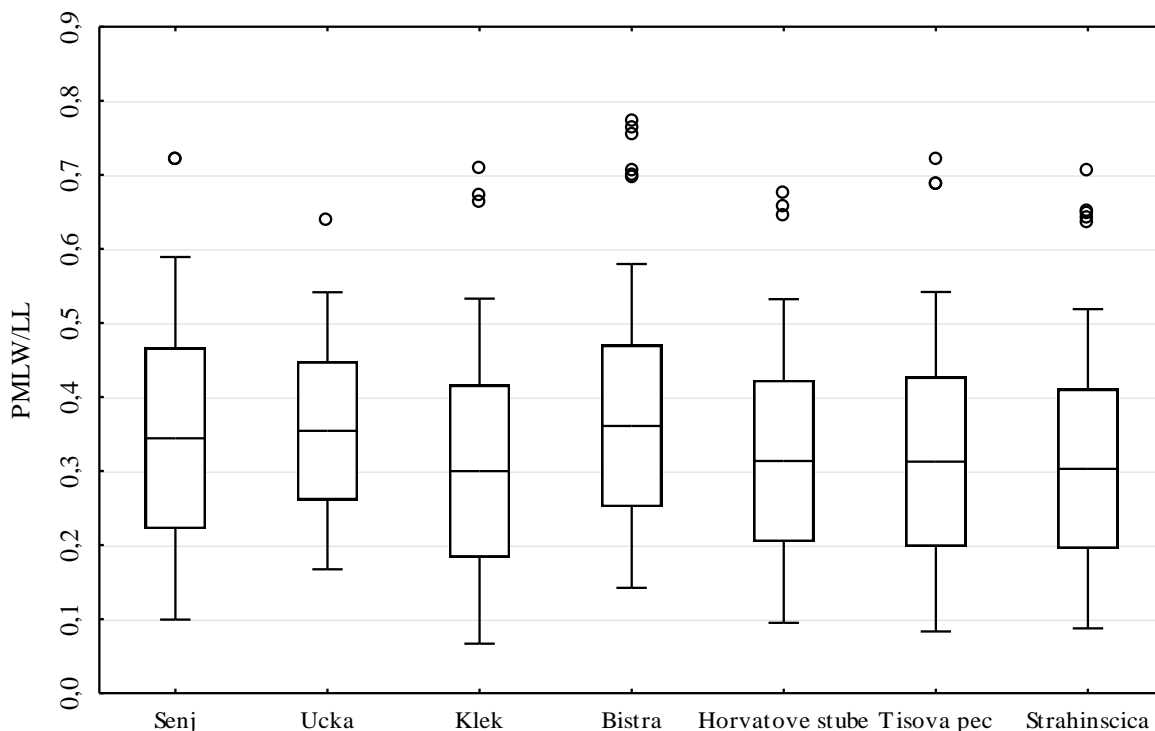
Slika 12. Osnovni statistički parametri za kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



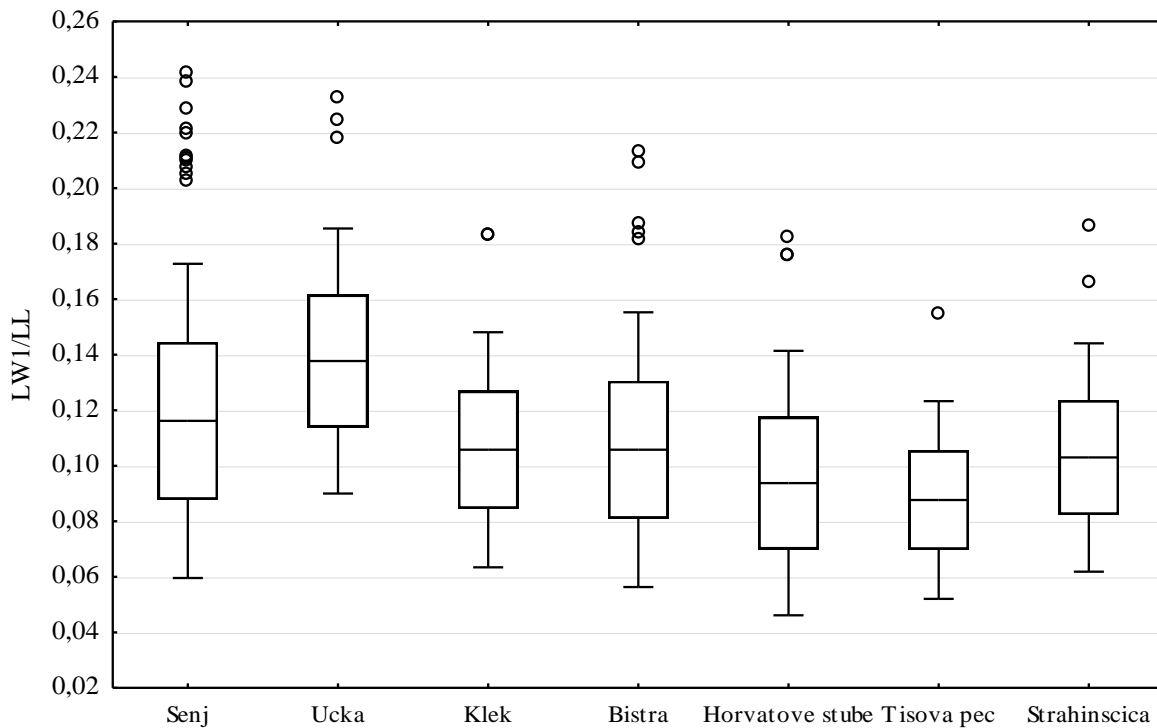
Slika 13. Osnovni statistički parametri za kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



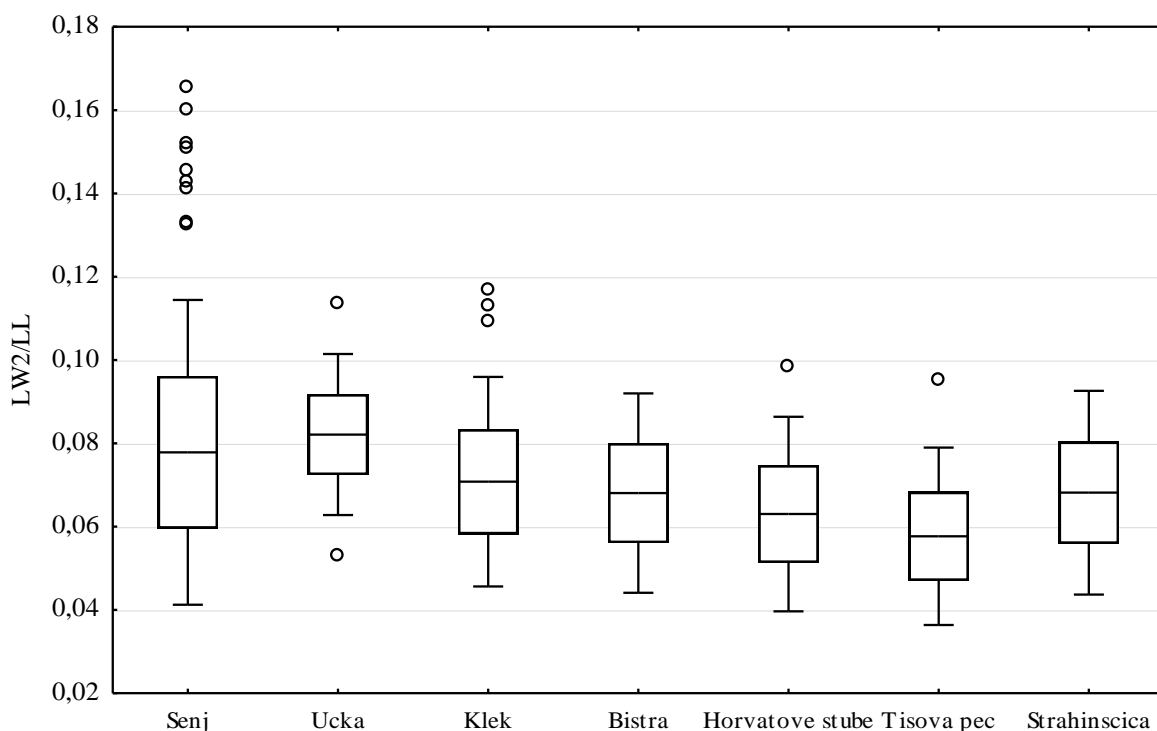
Slika 14. Osnovni statistički parametri za omjer maksimalne širine plojke i dužine plojke (MLW/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



Slika 15. Osnovni statistički parametri za omjer udaljenosti od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine i dužine plojke (PMLW/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



Slika 16. Osnovni statistički parametri za omjer širine plojke na 50 % dužine plojke i dužine plojke (LW1/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.



Slika 17. Osnovni statistički parametri za omjer širine plojke na 90 % dužine plojke i dužine plojke (LW2/LL) sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Box & Whiskers dijagrami: — aritmetička sredina, *box* – aritmetička sredina \pm standardna devijacija, *whiskers* - aritmetička sredina $\pm 2 \times$ standardne devijacije; o – *outliers*.

Tablica 2. Deskriptivni statistički pokazatelji za mjerene značajke lista - morfološka diferencijacija između kontinentalne i dinarske regije.

Grupa	Deskriptivni pokazatelj	Značajka							
		LA (cm ²)	LL (cm)	MLW (cm)	PMLW (cm)	LW1 (cm)	LW2 (cm)	LA1 (°)	LA2 (°)
Dinaridi	M	0,34	18,30	2,18	5,97	2,05	1,35	24,30	12,24
	Median	0,32	17,72	2,13	5,59	2,03	1,36	24,00	12,00
	Mod	0,28	Multiple	2,20	4,91	1,95	1,27	21,00	13,00
	x _{min}	0,11	6,96	1,36	1,71	1,20	0,60	16,00	7,00
	x _{max}	0,92	35,61	3,56	17,56	3,13	2,03	40,00	25,00
	SD	0,12	4,55	0,29	2,35	0,27	0,22	3,82	2,57
	CV (%)	34,42	24,84	13,26	39,33	13,19	16,14	15,71	20,96
Kontinent	M	0,46	23,75	2,45	7,63	2,26	1,49	20,04	10,22
	Median	0,45	23,57	2,37	7,16	2,20	1,44	20,00	10,00
	Mod	Multiple	22	2,37	4,66	2,12	1,44	20,00	10,00
	x _{min}	0,13	10,35	1,44	1,87	1,36	0,85	12,00	5,00
	x _{max}	0,98	38,53	4,07	21,09	4,00	2,38	32,00	19,00
	SD	0,12	4,39	0,51	2,95	0,48	0,23	2,85	2,17
	CV (%)	25,85	18,48	20,67	38,72	21,27	15,68	14,21	21,28
Ukupno	M	0,40	21,25	2,32	6,87	2,16	1,42	21,99	11,15
	Median	0,39	21,18	2,22	6,38	2,12	1,44	21,00	11,00
	Mod	Multiple	22	2,20	4,91	1,95	1,36	20,00	10,00
	x _{min}	0,11	6,96	1,36	1,71	1,20	0,60	12,00	5,00
	x _{max}	0,98	38,53	4,07	21,09	4,00	2,38	40,00	25,00
	SD	0,13	5,22	0,44	2,82	0,41	0,24	3,95	2,57
	CV (%)	32,47	24,57	19,00	41,01	19,01	16,57	17,95	23,03

Tablica 3. Deskriptivni statistički pokazatelji za mjerene značajke lista - morfološka diferencijacija između muških i ženskih biljaka.

Grupa	Deskriptivni pokazatelj	Značajka							
		LA (cm ²)	LL (cm)	MLW (cm)	PMLW (cm)	LW1 (cm)	LW2 (cm)	LA1 (°)	LA2 (°)
Muške biljke	M	0,48	24,74	2,43	7,72	2,23	1,48	19,95	9,86
	Median	0,46	24,61	2,31	7,26	2,14	1,44	20	10
	Mod	Multipl	26,71	2,12	Multipl	1,95	1,44	19	9
	xmin	0,13	10,35	1,44	1,8	1,27	0,94	12	5
	xmax	0,98	38,53	4,07	21,09	4,00	2,38	34	17
	SD	0,13	4,81	0,49	3,1	0,45	0,24	3,19	2,07
	CV (%)	27,89	19,45	20,02	40,19	20,39	15,94	15,97	20,95
Ženske biljke	M	0,36	19,16	2,26	6,36	2,12	1,39	23,20	11,91
	Median	0,35	19,10	2,20	5,93	2,12	1,36	23,00	12,00
	Mod	0,390	Multiple	2,20	4,40	2,12	1,36	21,00	11,00
	xmin	0,11	6,96	1,36	1,71	1,20	0,60	14,00	6,00
	xmax	0,74	32,68	3,62	18,71	3,57	2,37	40,00	25,00
	SD	0,11	4,25	0,40	2,50	0,38	0,23	3,86	2,53
	CV (%)	29,48	22,19	17,65	39,28	17,75	16,45	16,62	21,25
Ukupno	M	0,40	21,25	2,32	6,87	2,16	1,42	21,99	11,15
	Median	0,39	21,18	2,22	6,38	2,12	1,44	21,00	11,00
	Mod	Multiple	22	2,20	4,91	1,95	1,36	20,00	10,00
	xmin	0,11	6,96	1,36	1,71	1,20	0,60	12,00	5,00
	xmax	0,98	38,53	4,07	21,09	4,00	2,38	40,00	25,00
	SD	0,13	5,22	0,44	2,82	0,41	0,24	3,95	2,57
	CV (%)	32,47	24,57	19,00	41,01	19,01	16,57	17,95	23,03

Korelacijska analiza

Rezultati provedene korelacijske analize prikazani su u tablicama 4 i 5. U tablici 4 prikazan je međusoban odnos između mjerenih značajki listova, a u tablici 5 između mjerenih značajki listova i geografskih i stanišnih varijabla. Signifikantne vrijednosti u tablicama označene su crvenom bojom.

Iz tablice 4 je vidljivo da su utvrđene visoke i statistički značajne pozitivne korelacije između površine plojke (LA) i sljedećih morfoloških svojstava: LL, MLW, PMLW, LW1 i LW2. Isto tako, visoka i statistički značajna pozitivna korelacija utvrđena je između značajki LA1 i LA2. Za površinu plojke (LA) i kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista koja se nalazi na 10 % (LA1) i 25 % (LA2) dužine plojke utvrđena je statistički značajna negativna korelacija. Najviši stupanj pozitivne korelacije utvrđen je između maksimalne širine iglice (MLW) i širine iglice mjerene na 50 % njezine dužine (LW1). Paersonovim koeficijentom korelacije izdvojeno je pet ($r > 0,85$) morfoloških značajka koje su korištene u daljnjim multivarijatnim statističkim metodama – hijerarhijska klusterska analiza, *k-means* klusterska analiza i diskriminantna analiza.

Za potrebe korelacijske analize, od ukupno 19 bio-klimatskih varijabla preuzetih iz WorldClim baze podataka (prilog 1), Spearmanovim koeficijentom korelacije izdvojeno je osam ($r > 0,85$) koje su korištene u daljnjjoj analizi (prilog 2): prosječna godišnja temperatura (BIO1); prosječan raspon najviše i najniže temperature (BIO2); izotermija (BIO3); najniža temperatura najhladnijeg mjeseca (BIO6); srednja temperatura najtoplijeg kvartala (BIO10); godišnja količina padalina (BIO12); sezonska količina padalina (BIO15); i količina padalina najtoplijeg kvartala (BIO18). Osim klimatskih varijabli, u analizu su uključene i DEM varijable kao i pedološke varijable. Spearmanovim koeficijentom korelacije utvrđena je visoka negativna korelacija između geografske širine i dvije značajke LA1 i LA2. S druge strane, utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija između geografske širine i dužine iglice, mjerene od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (PMLW). Osim toga, godišnja količina padalina bila je u negativnoj korelaciji sa značajkama LA, MLW i PMLW te u pozitivnoj korelaciji sa značajkom LA1. Geografska dužina korelirala je s površinom plojke (LA). Iz iste tablice, može se vidjeti da su pedološke značajke istraživanih populacija u pozitivnoj korelaciji sa značajkom PMLW i u negativnoj korelaciji sa značajkama LA1 i LA2. Istraživanjem nije utvrđena statistički značajna korelacija između mjerenih značajki i DEM varijabli i sljedećih bio-klimatskih varijabli: BIO1, BIO3, BIO10, BIO 15 i BIO18.

Tablica 4. Korelacije između morfoloških značajki.

	LA	LL	MLW	PMLW	LW1	LW2	LA1	LA2	MLW/BL	PMLW/BL	LW1/BL	LW2/BL
LA	1,000	0,934	0,642	0,460	0,576	0,698	-0,528	-0,507	-0,507	-0,132	-0,522	-0,539
LL	0,934	1,000	0,469	0,484	0,386	0,524	-0,740	-0,718	-0,711	-0,157	-0,725	-0,740
MLW	0,642	0,469	1,000	0,287	0,957	0,614	-0,048	0,178	0,220	-0,010	0,173	-0,094
PMLW	0,460	0,484	0,287	1,000	0,316	0,396	-0,452	-0,405	-0,298	0,762	-0,265	-0,253
LW1	0,576	0,386	0,957	0,316	1,000	0,614	0,010	0,225	0,277	0,073	0,283	-0,003
LW2	0,698	0,524	0,614	0,396	0,614	1,000	-0,187	-0,162	-0,142	0,071	-0,139	0,115
LA1	-0,528	-0,740	-0,048	-0,452	0,010	-0,187	1,000	0,854	0,803	0,017	0,797	0,746
LA2	-0,507	-0,718	0,178	-0,405	0,225	-0,162	0,854	1,000	0,965	0,061	0,942	0,750
MLW/LL	-0,507	-0,711	0,220	-0,298	0,277	-0,142	0,803	0,965	1,000	0,185	0,980	0,766
PMLW/LL	-0,132	-0,157	-0,010	0,762	0,073	0,071	0,017	0,061	0,185	1,000	0,228	0,258
LW1/LL	-0,522	-0,725	0,173	-0,265	0,283	-0,139	0,797	0,942	0,980	0,228	1,000	0,783
LW2/LL	-0,539	-0,740	-0,094	-0,253	-0,003	0,115	0,746	0,750	0,766	0,258	0,783	1,000

Tablica 5. Korelacije između geografskih, okolišnih i morfoloških značajki.

	LA	LL	MLW	PMLW	LW1	LW2	LA1	LA2
X	0,678571	0,750000	0,535714	0,785714	0,214286	0,392857	-0,964286	-1,00000
Y	0,785714	0,750000	0,714286	0,571429	0,535714	0,642857	-0,535714	-0,57143
bio_1	0,142857	0,107143	0,321429	0,214286	0,357143	-0,071429	-0,178571	-0,07143
bio_2	0,144150	0,000000	0,414431	0,090094	0,648675	0,252262	0,090094	0,30632
bio_3	-0,535714	-0,500000	-0,357143	-0,678571	-0,071429	-0,250000	0,714286	0,75000
bio_6	-0,750000	-0,607143	-0,714286	-0,464286	-0,714286	-0,964286	0,285714	0,21429
bio_10	0,142857	0,107143	0,321429	0,214286	0,357143	-0,071429	-0,178571	-0,07143
bio_12	-0,785714	-0,750000	-0,785714	-0,857143	-0,607143	-0,500000	0,821429	0,71429
bio_15	0,107143	0,000000	-0,071429	0,142857	-0,071429	0,035714	0,285714	0,35714
bio_18	0,500000	0,535714	0,535714	0,142857	0,500000	0,714286	-0,321429	-0,39286
pedo_ID	0,617497	0,617497	0,430377	0,823329	0,112272	0,243256	-0,842041	-0,84204
DEM_nvm	-0,142857	-0,107143	-0,321429	-0,214286	-0,357143	0,071429	0,178571	0,07143
DEM_slope	-0,214286	-0,250000	0,142857	-0,285714	0,392857	-0,071429	0,178571	0,28571
DEM_northnest	0,535714	0,357143	0,428571	0,500000	0,357143	0,464286	-0,214286	-0,14286
DEM_easthnest	-0,178571	-0,214286	-0,071429	-0,428571	0,000000	0,035714	0,214286	0,07143

Hijerarhijska analiza varijance

Rezultati provedene hijerarhijske analize varijance prikazani su u tablici 6. Crvenom bojom označene su statistički značajne *p* vrijednosti. Analizirani faktori varijabilnosti bili su regija, populacija (regija) i stablo (regija*populacija). Analizom varijance utvrđeno je da se istraživane skupine populacija obične tise u Hrvatskoj, odnosno dinarska i kontinentalna regija, razlikuju za većinu istraživanih značajki. Razlike između regija nisu utvrđene za značajke: maksimalna širina plojke (MLW), širina plojke na 50 % (LW1) i 90 % dužine plojke (LW2). Isto tako, iz tablice je vidljivo da se populacije unutar regija, kao i stabla unutar populacija signifikantno razlikuju za sve istraživane značajke. Također, analizom je potvrđeno da se prema mjerenim značajkama iglica mogu razlikovati muške i ženske biljke.

Tablica 6. Hijerarhijska analiza varijance.

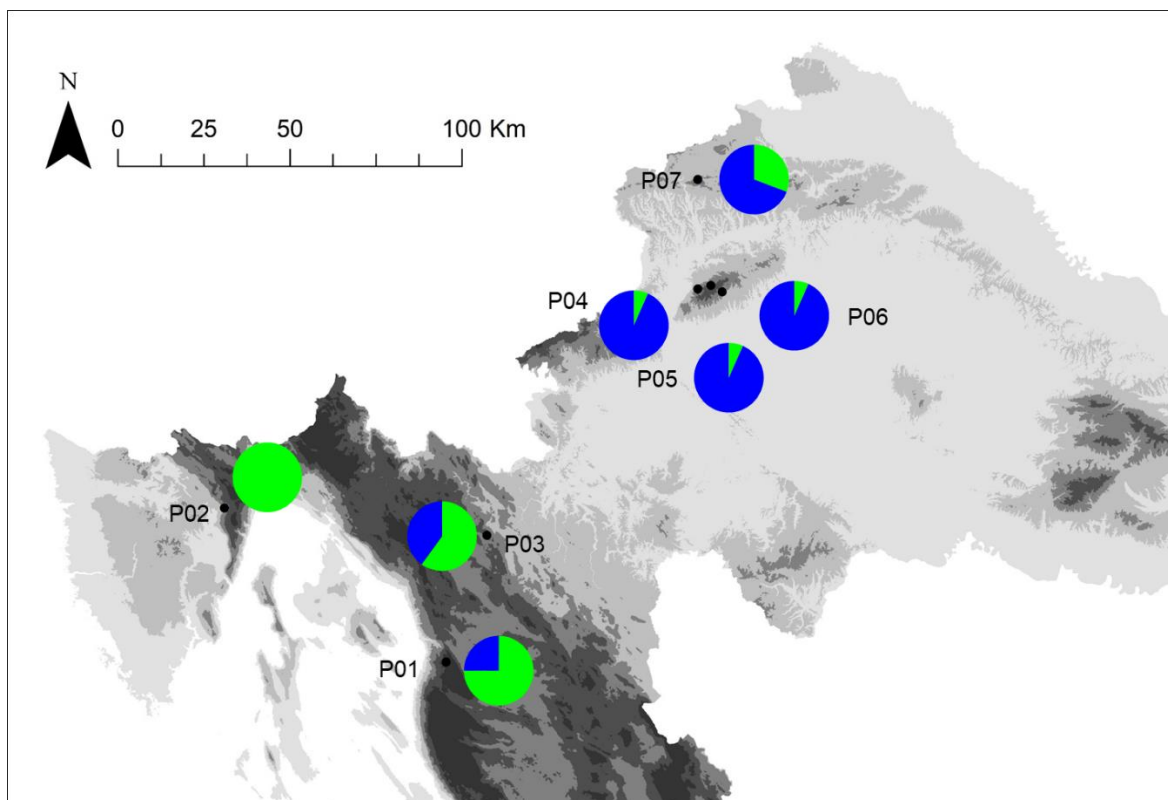
Značajka	Sastavnice varijance	df	F	Postotak varijabilnosti	P-vrijednost
LA	Regija	1	10,42	31,29	0,025048
	Populacija (Regija)	5	4,31	8,23	0,001364
	Stablo (Regija*Populacija)	100	37,26	33,13	0,000000
	Greška			27,36	
LL	Regija	1	19,45	42,13	0,008100
	Populacija (Regija)	5	3,39	5,39	0,007162
	Stablo (Regija*Populacija)	100	40,68	29,92	0,000000
	Greška			22,56	
MLW	Regija	1	3,66	12,64	0,115644
	Populacija (Regija)	5	8,53	13,62	0,000001
	Stablo (Regija*Populacija)	100	15,95	24,52	0,000000
	Greška			49,22	
PMLW	Regija	1	18,10	16,06	0,009463
	Populacija (Regija)	5	3,07	1,98	0,012901
	Stablo (Regija*Populacija)	100	5,97	11,65	0,000000
	Greška			70,31	
LW1	Regija	1	2,34	6,74	0,188402
	Populacija (Regija)	5	9,11	15,04	0,000000
	Stablo (Regija*Populacija)	100	15,21	25,14	0,000000
	Greška			53,08	
LW2	Regija	1	2,55	12,13	0,172395
	Populacija (Regija)	5	9,06	17,21	0,000000
	Stablo (Regija*Populacija)	100	20,99	28,26	0,000000
	Greška			42,40	
LA1	Regija	1	29,13	44,02	0,003888
	Populacija (Regija)	5	2,44	3,14	0,039327
	Stablo (Regija*Populacija)	100	41,53	30,40	0,000000
	Greška			22,44	
LA2	Regija	1	7,36	25,74	0,044034
	Populacija (Regija)	5	5,15	10,28	0,000302
	Stablo (Regija*Populacija)	100	29,85	31,40	0,000000
	Greška			32,58	

Multivarijatne statističke metode

Multivarijatnim statističkim metodama dodatno je potvrđen trend variranja populacija po geografskom principu. U ovome radu korištene su sljedeće metode: hijerarhijska klsterska analiza, *k-means* klsterska analiza i diskriminantna analiza. Paersonovim koeficijentom korelacije izdvojeno je pet ($r > 0,85$) morfoloških značajki koje su korištene u daljnjim analizama. Drugim riječima visoko korelirane varijable nisu korištene u statičkoj obradi podataka.

Klsterska analiza

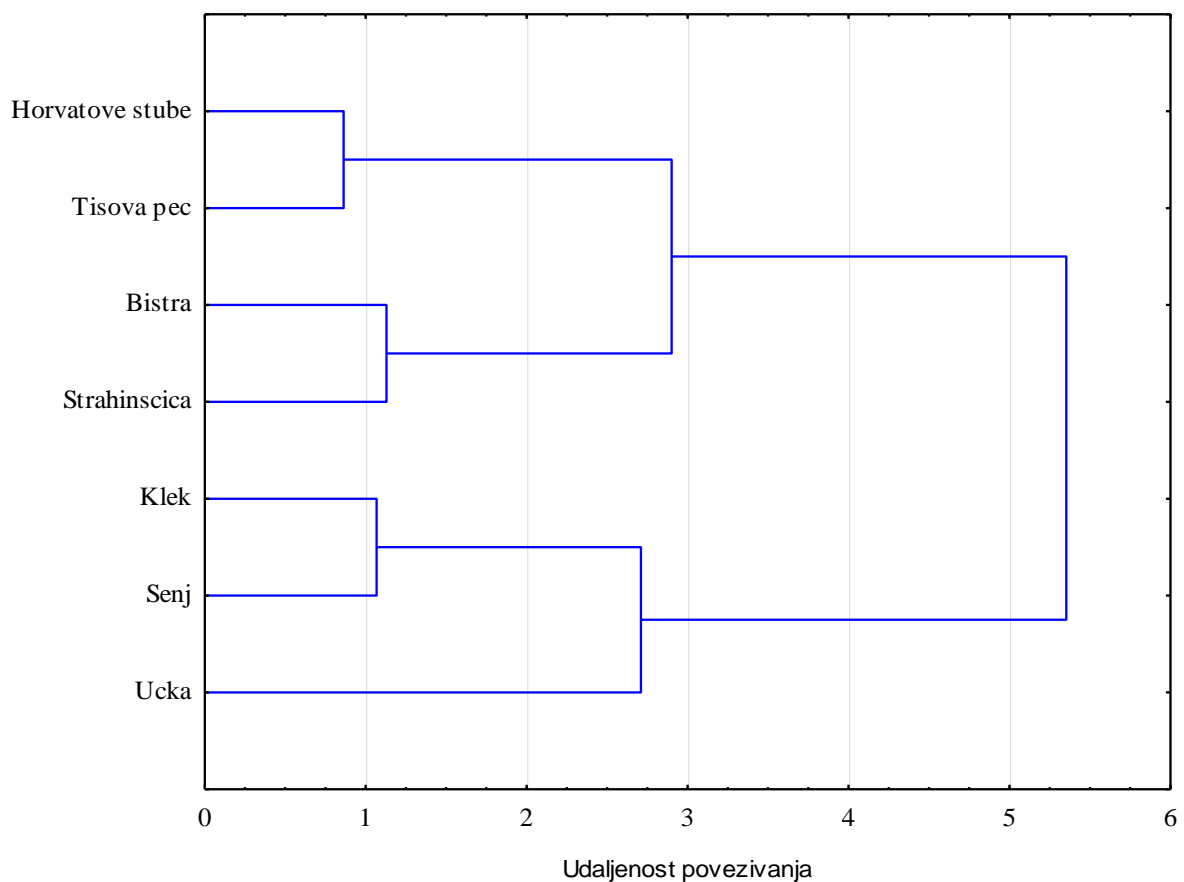
Geografski raspored dvije skupine populacija na temelju *K-means* klsterske metode prikazan je na slici 18. Udjeli porijekla svake populacije u svakom od definiranih klstera, odnosno regija, definirani su bojom: dinarske populacije – zelena boja; kontinentalne populacije – plava boja.



Slika 18. Geografski raspored dvije skupine populacija obične tise u Hrvatskoj na temelju *K-means* klsterske metode (udjeli porijekla svake populacije u svakom od definiranih klstera određeni su bojom: klster A /dinarska regija/ – zelena boja, klster B /kontinentalna regija/ – plava boja). Akronimi populacija: P01 – Senj, P02 – Učka, P03 – Klek, P04 – Bistra, P05 – Horvatove stube, P06 – Tisova peć, P07 – Strahinšćica.

Kako bi se dobio bolji uvid u odnose između istraživanih populacija korištena je klasterska analiza. Klasterska analiza provedena je primjenom različitih metoda (Single Linkage, Complete Linkage, UPGMA, WPGMA, Ward's Method), a kako su sve metode pokazale sličan raspored *clustera*, za interpretaciju je odabran UPGMA dendrogram.

Na dendrogramu (slika 19) su jasno uočljive dvije skupine populacija koje se razdvajaju na vrlo visokoj razini. Prvu skupinu formiraju populacije dinarskoga područja Hrvatske (populacije Klek, Senj i Učka), a drugu skupinu populacije kontinentalnoga područja Hrvatske (populacije Horvatove stube, Tisova peć, Bistra i Strahinščica).



Slika 19. Horizontalno hijerarhijsko stablo sedam populacija obične tise u Hrvatskoj, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.

Diskriminantna analiza

Kako bi se utvrdilo koje značajke najbolje diskriminiraju istraživane populacije obične tise u Hrvatskoj, te kako bi se dodatno pojasnio trend njihove diferencijacije, provedena je diskriminantna analiza. Cjelokupni rezultati diskriminantne analize nam ukazuju na činjenicu da je razlikovanje između istraživanih populacija signifikantno: Wilksova $\lambda = 0,1376683$; $F(30,386) = 8,256430$; $p < 0,0001$. Za pet varijabla i sedam grupa kanonskom analizom dobiveno je pet diskriminacijskih funkcija. Iz sredina i standardiziranih koeficijenata kanonskih varijabli (tablice 7 i 8) možemo zaključiti da diskriminantna funkcija 1 najbolje razlikuje populacije dinarske regije (populacije Učka, Senj i Klek) od populacija obične tise iz kontinentalne regije (populacije Bistra, Strahinščica, Tisova peč i Horvatove stube). Varijable po kojima se populacije dinarske regije najbolje razlikuju u odnosu na populaciju Strahinščica i nešto malo manje u odnosu na ostale populacije kontinentalne regije su: kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1), površina plojke (LA) i maksimalna širina plojke (MLW). Općenito, dinarske populacije odlikovale su se manjim iglicama i zaobljenijom osnovom iglice u odnosu na kontinentalne populacije.

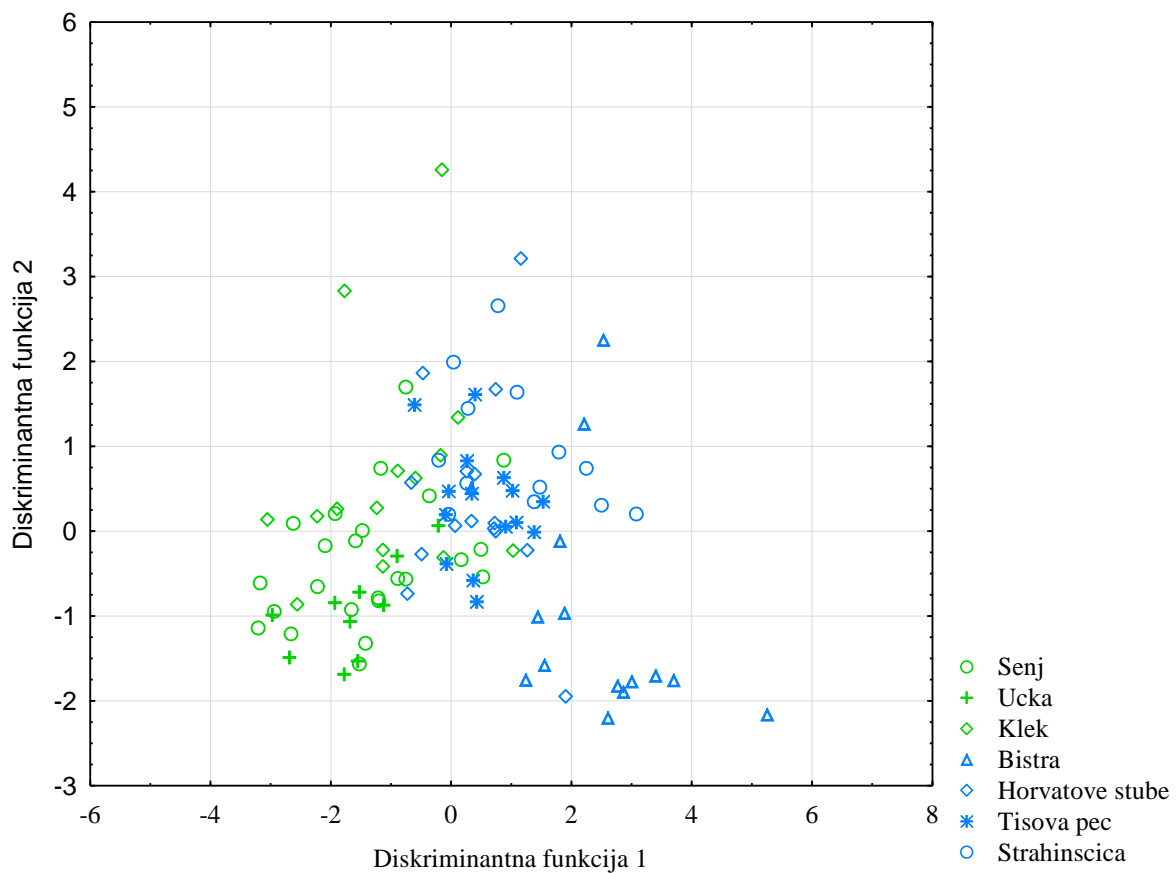
Tablica 7. Sredine kanonskih varijabli.

Populacija	Diskriminantna funkcija				
	1	2	3	4	5
Senj	-1,36672	-0,35253	0,18422	0,29416	-0,17754
Učka	-1,63689	-0,94143	0,08289	-0,65251	0,26566
Klek	-1,05373	0,63221	0,29290	0,06626	0,06193
Bistra	2,43854	-0,97827	0,25955	0,11170	-0,00184
Horvatove stube	0,39697	0,38917	-0,73828	0,30593	0,33980
Tisova peč	0,51834	0,32287	-1,06120	-0,31702	-0,27385
Strahinščica	1,12833	0,95272	1,03503	-0,23366	-0,02202

Tablica 8. Standardizirani koeficijenti kanonskih varijabli.

Značajka	Diskriminantna funkcija				
	1	2	3	4	5
LA	-1,16509	1,63932	-0,14678	-0,56272	-0,92124
MLW	1,11851	-0,60710	0,18599	-0,94997	0,59278
PMLW	0,08095	-1,31147	-0,15110	-0,12386	-1,29786
LW2	0,54353	0,21627	0,73200	1,36334	0,56372
LA2	-1,23858	-0,31779	0,51216	-0,37612	-1,17993
Svojtvena vrijednost	2,00421	0,47832	0,42175	0,10209	0,04383
Kumulativna proporcija	0,65708	0,81389	0,95216	0,98563	1,00000

Na slici 20 prikazane su projekcije kanonskih varijabli za prve dvije diskriminacijske funkcije. Projekcije stabala dinarskih populacija Senj, Učka i Klek, označena su zelenom bojom, a projekcije stabla kontinentalnih populacija Bistra, Horvatove stube, Tisova peč i Strahinščica označene su plavom bojom. Iako se projekcije kanonskih vrijednosti istraživanih populacija u prostoru djelomično međusobno preklapaju, odnosno čine kontinuirani oblak podataka, jasno se nazire razdvajanje dinarskih i kontinentalnih populacija duž prve diskriminacijske osi.



Slika 20. Projekcija kanonskih vrijednosti istraživanih populacija u prostoru.

ZAKLJUČAK

Provedenim istraživanjem utvrđena je velika varijabilnost morfoloških značajka listova na materijalu iz sedam populacija obične tise u Hrvatskoj. Prema rezultatima deskriptivne statističke analize, najvarijabilnije morfološke značajke iglica bile su dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW) i površina plojke (LA). Najmanje varijabilnim pokazala su se svojstva širine plojke mjerene na 90 % njezine dužine (LW2) i kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1).

Prema rezultatima analize varijance i izračunatim komponentama varijance utvrđeno je da je unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti. Najveći udio varijabilnosti u ukupnoj varijanci otpada na varijabilnost između istraživanih skupina i na komponentu ostatka, zatim na stabla unutar populacija, a najmanje na populacije. Slične rezultate dobivaju i drugi autori prilikom istraživanja morfološke varijabilnosti listova drvenastih vrsta (Poljak i sur. 2014, 2015, 2018; Zebec i sur. 2010, 2015).

Vrijednosti dobivene izmjerom iglica u ovome istraživanju kreću se od 0,7 do 3,9 mm za dužinu (LL) te od 1,4 do 4,1 mm za maksimalnu širinu iglice (MLW). Vidaković (1983) i Idžojić (2009) opisuju iglice dugačke od 1,5 do 3 cm i široke od 2 do 2,5 mm. Prosječna dužina i širina iglica kontinentalnih populacija bila je slična onima koje dobivaju Stefanović i sur. (2017) za populacije obične tise u središnjem dijelu Balkanskoga poluotoka, kao i onima za populacije obične tise iz južnoga dijela Poljske (Zarek 2007). Dužina iglica populacija tise sa Azora u prosjeku je bila kraća u odnosu na vrijednosti dobivene ovim istraživanjem.

Koeficijenti varijabilnosti u ovom istraživanju nešto su viši u odnosu na koeficijente koje dobiva Zarek (2007) za populacije obične tise iz južnoga dijela Poljske. Nešto veća varijabilnost morfoloških značajki listova u ovom istraživanju može se objasniti većom heterogenošću staništa na kojima su populacije uzorkovane. S druge strane, ne možemo isključiti mogućnost da veća raznolikost populacija obične tise u Hrvatskoj može biti i rezultat sekundarnoga kontakta divergentnih linija koje potječu iz različitih refugija (Petit i sur. 2002, 2003; Magri i sur. 2006). Mayol i sur. (2015) ističu da je tisa kolonizirala Europu s istoka te da je tijekom posljednjega ledenoga doba koje je nastupilo u kvartaru (prije otprilike 2 milijuna godina) divergirala u dvije genske skupine (zapadna, istočna), koje se na našim područjima dodiruju i spajaju.

Osim velike heterogenosti folijarnih značajka, utvrđena je i jasna diferencijacija populacija po njihovom geografskom principu. Tako su se populacije iz dinarske regije, u odnosu na populacije iz kontinentalne regije odlikovale kraćim i užim iglicama te zaobljenijom osnovom iglice. Primjenom multivarijatnih metoda (hijerarhijske klusterske analize, *k-means* klusterske analize i diskriminantne analize) dodatno je potvrđen trend diferencijacije između dinarskih i kontinentalnih populacija, prethodno dobiven metodama deskriptivne statistike i analize varijance.

Također, u ovom istraživanju je utvrđeno da se muške i ženske jedinke obične tise statistički značajno razlikuju za sve mjerene značajke iglica. Ženske su biljke u prosjeku imale kraće i uže iglice u odnosu na iglice muških biljaka. Za razliku od toga, Iszkuo i sur. (2009) ističu da ženske jedinke karakteriziraju duže iglice s većom površinom plojke. S druge strane, isti autori navode da su ženske jedinke obične tise značajno niže u odnosu na muške te da imaju manji prsni promjer debla. Razlike u rastu i morfologiji iglica mogu se opisati kao posljedica većih energetske ulaganja ženskih jedinka za proizvodnju sjemena u odnosu na energetske ulaganje muških jedinka za proizvodnju peludi.

Genska raznolikost jedan je od osnovnih preduvjeta za adaptabilnost određene vrste na određene stanišne uvjete. Ovim istraživanjem, temeljenom na morfometrijskoj analizi morfoloških značajka iglica, dobivene su spoznaje o raznolikosti i strukturiranosti populacija obične tise u Hrvatskoj, što je osnova za daljnja istraživanja koja je potrebno provesti kako bi se dobile smjernice za očuvanje genskih resursa ove osjetljive i zaštićene vrste.

LITERATURA

- Armitage, J., D. Edwards, N. Lancaster, 2014: Hillier – The Hillier Manual of Trees and Shrubs, Royal Horticultural Society, 563 str., London.
- Bađun, S., 1983: Tisovina, U: Z. Potočić (ur.), Šumarska enciklopedija Vol III, JLZ „Miroslav Krleža“, 476-476 str., Zagreb.
- Benham, S. E., T. Houston Durrant, G. Caudullo, D. de Rigo, 2016: *Taxus baccata* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, U: J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, A. Mauri, (ur.), European Atlas of Forest Tree Species, Publ. Off. EU, Luxembourg.
- Conover, W. J., 1980: Practical Nonparametric Statistics, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Cope, E. A. 1998: *Taxaceae*: The Genera and Cultivated Species. Botanical Review 64: 291-322.
- Debreczy, Z., I. Rácz, 2011: Conifers Around the World, DendroPress Ltd., Budapest.
- Dempsey, D., I. Hook, 2000: Yew (*Taxus*) species – chemical and morphological variations. Pharmaceutical Biology, 38: 274-280.
- Di Sapio, O. A., Gattuso, S. J., Gattuso, M. A. 1997: Morphoanatomical characters of *Taxus baccata* bark and leaves, Fitoterapia 68: 252-260.
- EUFORGEN, 2016: Distribution map of common yew (*Taxus baccata*), www.euforgen.org.
- Everitt, B. S., 1981: Cluster analysis, Heinemann Educational Books, London.
- Farjon, A., D. Filer, 2013: An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of their Distribution, Biogeography, Diversity and Conservation Status.
- Fijačko, L., 2010: Narodna vjerovanja o drveću, Završni rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 53 str., Zagreb.
- Fukarek, P., 1983: Tisa (*Taxus L.*), U: Z. Potočić (ur.), Šumarska enciklopedija Vol III, JLZ „Miroslav Krleža“, 475-476 str., Zagreb.
- Glavač, V., 1958: O šumi lipe i tise (*Tilieta-Taxetum*), Šumarski list 82 (1–2): 21-26.
- Grlić, Lj., 1990: Enciklopedija samoniklog jestivog bilja, Zagreb: August Cesarec.
- Hageneder, F., 2013: Yew: A History, History Press Series.
- Herman, J., (1971): Šumarska dendrologija, Stanbiro, 470 str., Zagreb.
- Idžjotić, M., 2009: Dendrologija list. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 903 str., Zagreb.

- Idžjotić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, 671 str., Zagreb.
- Iszkuło, G., A. K. Jasińska, M. J. Giertych, A. Boratyński, 2009: Do secondary sexual dimorphism and female intolerance to drought influence the sex ratio and extinction risk of *Taxus baccata*? *Plant Ecology* 200: 229-240.
- Legendre, P., L. Legendre, 1998: Numerical ecology, Elsevier Science B.V., 853 str., Amsterdam.
- Litkowiec, M., A. Lewandowski, W. Wachowiak, 2018: Genetic variation in *Taxus baccata* L.: A case study supporting Poland's protection and restoration program, *Forest Ecology and Management* 409: 148-160.
- Magri, D., G. G. Vendramin, B. Comps, I. Dupanloup, T. Geburek, D. Gömöry, M. Latałowa, T. Litt, i sur. 2006: A new scenario for the quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences, *New Phytol* 171: 199-221.
- Mayol, M., M. Riba, S. C. González-Martínez, F. Bagnoli, J. L. de Beaulieu, E. Berganzo, C. Burgarella, M. Dubreuil, D. Krajmerová, L. Paule, I. Romšáková, C. Vettori, L. Vincenot, G. G. Vendramin, 2015: Adapting through glacial cycles: insights from a long-lived tree (*Taxus baccata*), *New Phytologist* 208: 973-986.
- Mirošević, I., 2016: Algoritam k-sredina, *KoG* (20): 91-98.
- Mitchell, A. K. 1998: Acclimation of Pacific yew (*Taxus brevifolia*) foliage to sun and shade, *Tree Physiology* 18: 749-757.
- Nikolić, T., 2013: Sistematska botanika - Raznolikost i evolucija biljnog svijeta, Alfa d.d., 882 str., Zagreb.
- Nikolić, T., J. Topić, (ur.), 2005: Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska, 693 str., Zagreb.
- Pavletić, Z., 1983: Golosjemenjače, U: Z. Potočić (ur.), Šumarska enciklopedija Vol I, JLZ „Miroslav Krleža“, 719-719 str., Zagreb.
- Pecina, M., 1998: Multivarijatna analiza i primjena u oplemenjivanju bilja. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Pecina, M., 2006: Metode multivarijatne analize – osnove (interna skripta), Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 40 str., Zagreb.
- Petit, R. J., I. Aguinagalde, J. L. de Beaulieu, C. Bittkau, S. Brewer, R. Cheddadi, R. Ennos, S. Fineschi i sur., 2003: Glacial refugia: hotspots but not meltingpots of genetic diversity, *Science* 300: 1563-1565.

- Petit, R. J., S. Brewer, S. Bordács, K. Burg, R. Cheddadi, E. Coart, J. Cottrell, U. M. Csaikl, i sur., 2002: Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence, *Forest Ecol Manag* 156: 49-74.
- Pietzarka, U., 2005: Zur ökologischen Strategie der Eibe (*Taxus baccata* L.): Wachstums- und Verjüngungsdynamik, Ph.D. thesis, Technischen Universität Dresden.
- Poljak, I., D. Kajba, I. Ljubić, M. Idžojić, 2015: Morphological variability of leaves of *Sorbus domestica* L. in Croatia, *Acta Soc Bot Pol* 84 (2): 249-259.
- Poljak, I., M. Idžojić, I. Šapić, J. Vukelić, M. Zebec, 2014: Population variability of grey (*Alnus incana* /L./ Moench) and black alder (*A. glutinosa* /L./ Gaertn.) in the Mura and Drava region according to the leaf morphology, *Šumarski list* 138 (1-2): 7-17.
- Poljak, I., M. Idžojić, I. Šapić, P. Korijan, J. Vukelić, 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.
- Schirone, B., R. C. Ferreira, F. Vessella, A. Schirone, R. Piredda, M. C. Simeone, 2010: *Taxus baccata* in the Azores: a relict form at risk of imminent extinction, *Biodiversity & Conservation* 19: 1547-1565.
- Serdar, V., I. Šošić, 1988: Uvod u statistiku, Školska knjiga, 452 str., Zagreb
- Sharma, S., 1996: Applied Multivariate Techniques, John Wiley & Sons, Inc.
- Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1989: Biometry, Freeman and CO, San Francisco.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Stefanović, M., B. Nikolić, R. Matić, Z. Popović, V. Vidaković, S. Bojović, 2017: Exploration of sexual dimorphism of *Taxus baccata* L. needles in natural populations, *Trees* 31 (5): 1697-1710.
- Thomas, P.A., A. Polwart, 2003: *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91(3):489 - 524
- Udovičić, M., K. Baždarić, L. Bilić-Zulle, M. Petrovečki, 2007: Što treba znati kada izračunavamo koeficijent korelacije? *Biochemia Medica* 7 (1): 1-138.
- Vidaković, M., 1982: Četinjače – morfologija i varijabilnost. JAZU & Liber, Zagreb, 711 str.
- Vidaković, M., 1993: Četinjače – morfologija i varijabilnost. Grafički zavod Hrvatske & Hrvatske šume, Zagreb, 744 str.
- Vinšćak, T., 2002: Vjerovanja o drveću u Hrvata u kontekstu slavističkih istraživanja, Naklada Slap, 177 str., Jastrebarsko.

- Visković, N., 2001: Stablo i čovjek, prilog kulturnoj botanici: Duhovnost stabala, Biblioteka Antibarbarus, Zagreb.
- Vukelić, J. Đ. Rauš 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 310 str., Zagreb.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet Državni zavod za zaštitu prirode, 403 str., Zagreb.
- Vukelić, J., S. Mikac, D. Baričević, D. Bakšić, R. Rosavec, 2008: Šumske zajednice i šumska staništa Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode Republike Hrvatske, 263 str., Zagreb.
- Willfort, R., 1974: Ljekovito bilje i njegova upotreba, IKP Mladost, 606 str., Zagreb.
- WinFolia™, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- Wyka, T., P. Robakowski, R. Zytkowski, 2008: Leaf age as a factor in anatomical and physiological acclimative responses of *Taxus baccata* L. needles to contrasting irradiance environments, *Photosynthesis Research* 95: 87-99.
- Zarek, M., 2007: Variability of morphological features of needles, shoots and seeds of *Taxus baccata* L. in nature reservations of Southern Poland, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*.
- Zebec, M., M. Idžojić, I. Poljak, I. Mihaldinec, 2010: The variability of field elm (*Ulmus minor* Mill. *sensu latissimo*) in Croatian Drava river valley according to the leaf morphology, *Šumarski list* 134 (11-12): 569-580.
- Zebec, M., M. Idžojić, I. Poljak, I. Modrić, 2015: Population variability of wych elm (*Ulmus glabra* Huds.) in the mountainous region of Croatia according to the leaf morphology, *Šumarski list* 139 (9-10): 429-439.
- Zelić, J., 2000: Tisa (*Taxus baccata* L.), rijetka vrsta drveća Požeškoga gorja, *Šumarski list* 120 (1-2): 41-49.

PRILOZI

Prilog 1. Bio-klimatske varijable.

BioClim ID	Opis varijable (mjerna jedinica)	Izvor
BIO1	prosječna godišnja temperatura (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO2	prosječan raspon najviše i najniže temperature	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO3	izotermija (BIO2/BIO7) (* 100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO4	temperaturna sezonalnost (standardna devijacija *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO5	najviša temperatura najtoplijeg mjeseca (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO6	najniža temperatura najhladnijeg mjeseca (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO7	godišnji raspon temperatura (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO8	srednja temperatura najvlažnijeg kvartala (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO9	srednja temperatura najsušeg kvartala (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO10	srednja temperatura najtoplijeg kvartala (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO11	srednja temperatura najhladnijeg kvartala (°C *100)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO12	godišnja količina padalina (mm)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO13	količina padalina najvlažnijeg mjeseca (mm)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO14	količina padalina najsušeg mjeseca (mm)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO15	sezonska količina padalina (koeficijent varijabilnosti)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO16	količina padalina najvlažnijeg kvartala (mm)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO17	količina padalina najsušeg kvartala (mm)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO18	količina padalina najtoplijeg kvartala (mm)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org
BIO19	količina padalina najhladnijeg kvartala (mm)	http://www.worldclim.org , http://www.ccafs-climate.org

Prilog 2. Spearmanov koeficijent korelacije – bioklimatske varijable.

	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO6	BIO7	BIO8	BIO9	BIO10	BIO11	BIO12	BIO13	BIO14	BIO15	BIO16	BIO17	BIO18	BIO19
BIO1	1,000	0,685	-0,393	0,607	0,964	0,214	0,607	0,464	0,43	1,000	0,893	-0,643	-0,607	-0,541	-0,071	-0,607	-0,607	-0,43	-0,643
BIO2	0,685	1,000	0,126	0,432	0,721	-0,216	0,432	0,324	0,20	0,685	0,324	-0,378	-0,252	-0,300	0,054	-0,252	-0,288	-0,20	-0,378
BIO3	-0,393	0,126	1,000	-0,714	-0,500	0,143	-0,714	-0,679	-0,04	-0,393	-0,500	0,750	0,857	0,721	0,000	0,857	0,786	0,04	0,750
BIO4	0,607	0,432	-0,714	1,000	0,750	-0,500	1,000	0,929	-0,14	0,607	0,429	-0,964	-0,893	-0,955	0,071	-0,893	-0,929	0,14	-0,964
BIO5	0,964	0,721	-0,500	0,750	1,000	0,036	0,750	0,643	0,36	0,964	0,821	-0,786	-0,750	-0,667	-0,036	-0,750	-0,750	-0,36	-0,786
BIO6	0,214	-0,216	0,143	-0,500	0,036	1,000	-0,500	-0,464	0,64	0,214	0,536	0,321	0,214	0,450	-0,214	0,214	0,250	-0,64	0,321
BIO7	0,607	0,432	-0,714	1,000	0,750	-0,500	1,000	0,929	-0,14	0,607	0,429	-0,964	-0,893	-0,955	0,071	-0,893	-0,929	0,14	-0,964
BIO8	0,464	0,324	-0,679	0,929	0,643	-0,464	0,929	1,000	-0,29	0,464	0,321	-0,964	-0,929	-0,829	-0,179	-0,929	-0,893	0,29	-0,964
BIO9	0,429	0,198	-0,036	-0,143	0,357	0,643	-0,143	-0,286	1,00	0,429	0,607	0,071	0,036	0,018	0,464	0,036	-0,107	-1,00	0,071
BIO10	1,000	0,685	-0,393	0,607	0,964	0,214	0,607	0,464	0,43	1,000	0,893	-0,643	-0,607	-0,541	-0,071	-0,607	-0,607	-0,43	-0,643
BIO11	0,893	0,324	-0,500	0,429	0,821	0,536	0,429	0,321	0,61	0,893	1,000	-0,536	-0,571	-0,432	-0,071	-0,571	-0,571	-0,61	-0,536
BIO12	-0,643	-0,378	0,750	-0,964	-0,786	0,321	-0,964	-0,964	0,07	-0,643	-0,536	1,000	0,964	0,901	0,071	0,964	0,964	-0,07	1,000
BIO13	-0,607	-0,252	0,857	-0,893	-0,750	0,214	-0,893	-0,929	0,04	-0,607	-0,571	0,964	1,000	0,811	0,179	1,000	0,929	-0,04	0,964
BIO14	-0,541	-0,300	0,721	-0,955	-0,667	0,450	-0,955	-0,829	0,02	-0,541	-0,432	0,901	0,811	1,000	-0,306	0,811	0,937	-0,02	0,901
BIO15	-0,071	0,054	0,000	0,071	-0,036	-0,214	0,071	-0,179	0,46	-0,071	-0,071	0,071	0,179	-0,306	1,000	0,179	-0,143	-0,46	0,071
BIO16	-0,607	-0,252	0,857	-0,893	-0,750	0,214	-0,893	-0,929	0,04	-0,607	-0,571	0,964	1,000	0,811	0,179	1,000	0,929	-0,04	0,964
BIO17	-0,607	-0,288	0,786	-0,929	-0,750	0,250	-0,929	-0,893	-0,11	-0,607	-0,571	0,964	0,929	0,937	-0,143	0,929	1,000	0,11	0,964
BIO18	-0,429	-0,198	0,036	0,143	-0,357	-0,643	0,143	0,286	-1,00	-0,429	-0,607	-0,071	-0,036	-0,018	-0,464	-0,036	0,107	1,00	-0,071
BIO19	-0,643	-0,378	0,750	-0,964	-0,786	0,321	-0,964	-0,964	0,07	-0,643	-0,536	1,000	0,964	0,901	0,071	0,964	0,964	-0,07	1,000

Prilog 3. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Senj.

Značajka	N	M	Medijan	Mod	Min	Max	SD	CV%
LA (cm ²)	720	0,33	0,32	Multiple	0,11	0,92	0,12	35,81
LL (mm)	720	18,14	17,80	18,57	7,73	34,31	4,51	24,84
MLW (mm)	720	2,14	2,12	2,20	1,36	3,56	0,32	15,16
PMLW (mm)	720	6,12	5,76	5,25	1,87	15,67	2,39	39,11
LW1 (mm)	720	2,01	1,96	1,95	1,20	2,97	0,30	14,93
LW2 (mm)	720	1,36	1,36	1,36	0,60	2,03	0,24	17,90
LA1 (°)	720	24,25	24,00	20,00	16,00	40,00	4,15	17,09
LA2 (°)	720	12,10	12,00	10,00	8,00	24,00	2,60	21,49
MLW/LL	720	0,12	0,12	Multiple	0,08	0,27	0,03	22,74
PMLW/LL	720	0,34	0,33	Multiple	0,10	0,72	0,12	35,57
LW1/LL	720	0,12	0,11	Multiple	0,07	0,27	0,03	24,36
LW2/LL	720	0,08	0,07	Multiple	0,05	0,18	0,02	23,49

Prilog 4. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Učka.

Značajka	N	M	Medijan	Mod	Min	Max	SD	CV%
LA (cm ²)	450	0,28	0,28	Multiple	0,11	0,48	0,06	22,57
LL (mm)	450	15,21	15,34	Multiple	6,96	22,02	2,52	16,55
MLW (mm)	450	2,16	2,17	2,03	1,53	2,79	0,19	8,79
PMLW (mm)	450	5,33	5,08	4,40	2,20	11,69	1,52	28,47
LW1 (mm)	450	2,07	2,04	2,03	1,44	2,63	0,19	9,07
LW2 (mm)	450	1,24	1,27	1,19	0,43	1,70	0,18	14,39
LA1 (°)	450	25,86	26,00	25,00	20,00	37,00	2,83	10,93
LA2 (°)	450	14,15	14,00	13,00	10,00	25,00	2,12	14,97
MLW/LL	450	0,15	0,14	Multiple	0,10	0,29	0,02	16,77
PMLW/LL	450	0,35	0,34	Multiple	0,14	0,68	0,09	26,54
LW1/LL	450	0,14	0,13	Multiple	0,10	0,28	0,02	17,53
LW2/LL	450	0,08	0,08	Multiple	0,05	0,11	0,01	11,37

Prilog 5. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Klek.

Značajka	N	M	Medijan	Mod	Min	Max	SD	CV%
LA (cm ²)	450	0,39	0,37	Multiple	0,18	0,88	0,12	30,52
LL (mm)	450	20,49	19,66	21,67	11,60	35,61	4,49	21,89
MLW (mm)	450	2,25	2,21	2,20	1,53	3,27	0,27	12,03
PMLW (mm)	450	6,10	5,68	Multiple	1,71	17,56	2,65	43,51
LW1 (mm)	450	2,09	2,04	2,03	1,37	3,13	0,26	12,41
LW2 (mm)	450	1,41	1,37	1,44	1,02	1,95	0,17	12,38
LA1 (°)	450	23,53	23,00	21,00	17,00	35,00	3,65	15,51
LA2 (°)	450	11,30	11,00	9,00	7,00	19,00	2,23	19,69
MLW/LL	450	0,11	0,11	Multiple	0,07	0,18	0,02	19,08
PMLW/LL	450	0,30	0,28	0,36	0,09	0,71	0,12	38,84
LW1/LL	450	0,11	0,10	Multiple	0,06	0,18	0,02	20,02
LW2/LL	450	0,07	0,07	Multiple	0,04	0,12	0,01	17,77

Prilog 6. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Bistra.

Značajka	N	M	Medijan	Mod	Min	Max	SD	CV%
LA (cm ²)	450	0,46	0,45	0,46	0,13	0,98	0,11	24,84
LL (mm)	450	23,41	23,72	24,30	10,35	34,08	3,62	15,45
MLW (mm)	450	2,57	2,46	2,37	1,53	4,07	0,48	18,74
PMLW (mm)	450	8,41	7,96	Multiple	1,87	18,71	2,72	32,31
LW1 (mm)	450	2,41	2,29	2,03	1,44	4,00	0,47	19,69
LW2 (mm)	450	1,57	1,53	1,36	0,94	2,38	0,27	17,09
LA1 (°)	450	19,72	20,00	19,00	14,00	28,00	2,38	12,06
LA2 (°)	450	10,72	10,00	10,00	6,00	19,00	2,25	20,99
MLW/LL	450	0,11	0,11	0,11	0,06	0,22	0,03	22,47
PMLW/LL	450	0,36	0,34	Multiple	0,07	0,77	0,11	30,29
LW1/LL	450	0,11	0,10	0,11	0,06	0,21	0,02	23,38
LW2/LL	450	0,07	0,07	0,08	0,04	0,15	0,01	17,60

Prilog 7. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Horvatove stube.

Značajka	N	M	Medijan	Mod	Min	Max	SD	CV%
LA (cm ²)	450	0,41	0,40	0,43	0,16	0,77	0,12	28,62
LL (mm)	450	22,77	22,78	Multiple	10,92	35,57	4,86	21,32
MLW (mm)	450	2,12	2,12	2,12	1,61	4,07	0,39	17,55
PMLW (mm)	450	7,06	6,52	Multiple	2,12	21,09	2,85	40,39
LW1 (mm)	450	2,05	1,96	1,95	1,44	3,98	0,36	17,73
LW2 (mm)	450	1,39	1,36	1,36	0,85	2,20	0,19	13,88
LA1 (°)	450	19,81	20,00	19,00	13,00	28,00	2,84	14,32
LA2 (°)	450	9,95	10,00	10,00	5,00	17,00	2,24	22,54
MLW/LL	450	0,10	0,10	0,08	0,06	0,19	0,02	24,04
PMLW/LL	450	0,31	0,31	0,23	0,08	0,68	0,11	34,85
LW1/LL	450	0,09	0,09	Multiple	0,05	0,18	0,02	25,39
LW2/LL	450	0,06	0,06	Multiple	0,04	0,10	0,01	18,53

Prilog 8. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Tisova peč.

Značajka	N	M	Medijan	Mod	Min	Max	SD	CV%
LA (cm ²)	450	0,45	0,44	0,49	0,19	0,76	0,10	22,84
LL (mm)	450	24,39	23,65	23,37	13,90	37,26	4,23	17,32
MLW (mm)	450	2,29	2,21	1,949000	1,44	3,56	0,38	16,72
PMLW (mm)	450	7,60	7,20	8,55	2,03	19,11	3,04	40,05
LW1 (mm)	450	2,09	2,03	1,86	1,36	3,56	0,35	16,78
LW2 (mm)	450	1,37	1,36	Multiple	0,94	2,03	0,17	12,20
LA1 (°)	450	19,12	19,00	21,00	12,00	28,00	2,88	15,06
LA2 (°)	450	9,35	9,00	9,00	5,00	14,00	1,89	20,20
MLW/LL	450	0,10	0,10	Multiple	0,05	0,15	0,02	19,64
PMLW/LL	450	0,31	0,30	Multiple	0,09	0,72	0,11	36,66
LW1/LL	450	0,09	0,09	Multiple	0,05	0,15	0,02	20,31
LW2/LL	450	0,06	0,06	Multiple	0,03	0,10	0,01	18,47

Prilog 9. Deskriptivni statistički pokazatelji - populacija Strahinščica.

Značajka	N	M	Medijan	Mod	Min	Max	SD	CV%
LA (cm ²)	390	0,52	0,51	0,53	0,28	0,91	0,11	22,07
LL (mm)	390	24,52	24,31	Multiple	13,83	38,53	4,56	18,61
MLW (mm)	390	2,65	2,55	2,54	2,03	4,07	0,39	14,68
PMLW (mm)	390	7,42	6,86	5,76	1,88	19,12	3,05	41,07
LW1 (mm)	390	2,44	2,37	2,37	1,87	3,98	0,38	15,51
LW2 (mm)	390	1,62	1,61	1,53	1,19	2,21	0,17	10,73
LA1 (°)	390	21,73	22,00	21,00	14,00	32,00	2,62	12,05
LA2 (°)	390	10,96	11,00	11,00	7,00	18,00	1,89	17,24
MLW/LL	390	0,11	0,11	0,10	0,07	0,19	0,02	17,98
PMLW/LL	390	0,30	0,29	Multiple	0,06	0,70	0,11	35,56
LW1/LL	390	0,10	0,10	Multiple	0,06	0,19	0,02	19,98
LW2/LL	390	0,07	0,07	Multiple	0,04	0,10	0,01	17,94