

# Utjecaj značajki tla na morfološka i kemijska svojstva plodova pitomoga kestena (*Castanea sativa* Mill.) u sastojinama različitog načina gospodarenja

---

Perković, Mateo

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:348216>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-04**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE  
ŠUMARSKI ODSJEK  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVO**

**MATEO PERKOVIĆ**

**UTJECAJ ZNAČAJKI TLA NA MORFOLOŠKA I  
KEMIJSKA SVOJSTVA PLODOVA PITOMOG  
KESTENA (*Castanea sativa* Mill.) U  
SASTOJINAMA RAZLIČITOG NAČINA  
GOSPODARENJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2022.**

**FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE**  
**ŠUMARSKI ODSJEK**

**UTJECAJ ZNAČAJKI TLA NA MORFOLOŠKA I  
KEMIJSKA SVOJSTVA PLODOVA PITOMOG  
KESTENA (*Castanea sativa* Mill.) U SASTOJINAMA  
RAZLIČITOG NAČINA GOSPODARENJA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Šumarstvo – Smjer uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim  
gospodarenjem

Predmet: Gospodarenje i zaštita šumskih tala

Ispitno povjerenstvo: 1. doc. dr. sc. Ivan Perković

2. doc. dr. sc. Igor Poljak

3. prof. dr. sc. Darko Bakšić

Student: Mateo Perković

JMBAG: 0068232788

Datum odobrenja teme: 25. travnja 2022.

Datum predaje rada: 26. rujna 2022.

Datum obrane rada: 28. rujna 2022.

**ZAGREB, RUJAN, 2022.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Utjecaj značajki tla na morfološka i kemijska svojstva plodova pitomog kestena ( <i>Castanea sativa</i> Mill.) u sastojinama različitog načina gospodarenja
Autor	Mateo Perković
Adresa autora	Timarci 55, 44210 Sunja, Sisak
Mjesto izrade	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentori	Doc. dr. sc. Ivan Perković Doc. dr. sc. Igor Poljak
Asistent	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Godina objave	2022.
Obujam	broj stranica: 42 broj slika: 13 broj tablica: 10 broj navoda literature: 87
Ključne riječi	pitomi kesten, značajke tla, plodovi, morfometrijska analiza, kemijska analiza
Sažetak	Cilj rad bio je utvrditi pedološka svojstva tla te morfološku i kemijsku varijabilnost plodova pitomog kestena na području Zrinske gore. Uzorci za istraživanja sakupljeni su na području UŠP Sisak, Šumarija Hrvatska Kostajnica u G.J. Šamarica I, u četiri odjela/odsjeka različitog načina gospodarenja. U svakom odjelu/odsjeku sakupljen je kompozitni uzorak tla s dubine od 0 do 10 cm ispod 20 stabala, s kojih je sakupljeno minimalno 100 plodova za morfološka i kemijska istraživanja. Plodovi su obrađeni standardiziranim morfometrijskim metodama, a na svim uzorcima je određen i udjel vode, pepela, masti i škroba. Nadalje, na svim uzorcima tla određen je granulometrijski sastav, zatim pH reakcija tla i udio organskog i ukupnog ugljika te ukupnog dušika suhim spaljivanjem. U istraživanim odjelima/odsjecima tekstura tla kreće se u rasponu od praškaste ilovače do praškaste glinaste ilovače. pH-vrijednost u H <sub>2</sub> O kreće se u rasponu od 4,96 do 5,25, a u CaCl <sub>2</sub> u rasponu od 3,90 do 4,29. Drugim riječima, tla na istraživanom području su vrlo jako do jako kisela. Morfometrijskom analizom je utvrđeno da se na osnovi morfologije plodova odjeli/odsjeci i stabla unutar odjela/odsjeka

	<p>statistički značajno razlikuju. Nasuprot tomu, za kemijski sastav plodova nisu utvrđene statistički značajne razlike između odjela/odsjeka. Morfometrijskim i pedološkim analizama je utvrđeno da se od četiri istraživana odjela/odsjeka izdvaja odjel/odsjek kojeg karakterizira mezofilnije stanište, fitocenološka zajednica <i>Aposeri foetidae-Castanetum sativae</i>, s nešto višom pH-vrijednošću tla i drugačijom teksturnom oznakom tla (veći udjel frakcije pijeska i manji gline) te nešto krupnijim plodovima.</p>
--	--

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Title	Influence of soil properties on the morphological and chemical traits of the sweet chestnut fruits ( <i>Casanea sativa</i> Mill.) in the forest stands of different types of management
Author	Mateo Perković
Address of Author	Timarci 55, 44210 Sunja, Sisak
Thesis performed at	Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb
Publication Type	Master thesis
Supervisor	Assistant Professor Ivan Perković, PhD Assistant Professor Igor Poljak, PhD
Publication year	2022
Assistant	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Volume	Number of pages: 42 Number of figures: 13 Number of tables: 10 Number of references: 87
Key words	sweet chestnut, soil characteristics, fruits, morphometric analysis, chemical analysis
Abstract	The aim of this study was to determine the pedological properties of the soil and the morphological and chemical variability of sweet chestnut fruits in the area of Zrinska Gora. Samples for research were collected in the area of UŠP Sisak, Šumarija Hrvatska Kostajnica in M.U. Šamarica I in four sections with different management methods. In each section, a composite soil sample was collected from a depth of 0 to 10 cm under 20 trees, from which a minimum of 100 fruits were collected for morphological and chemical analysis. The fruits were processed using standardized morphometric methods, and the mass fractions of water, ash, fat and starch was determined on all samples. Furthermore, the granulometric composition was determined on all soil samples, followed by the pH reaction of the soil and the proportion of organic and total carbon and total nitrogen by dry burning. In the investigated sections, the soil texture ranges from powdery loam to powdery clay loam. The pH value in H <sub>2</sub> O ranges from 4,96 to 5,25, and in CaCl <sub>2</sub> from 3,90 to 4,29. In other words, the soils in the researched area are very strongly to very acidic. Through

	<p>morphometric analysis, it was determined that the sections and the trees within the sections differ significantly on the basis of the morphology of the fruits. In contrast, no statistically significant differences were found between the sections for the chemical composition of the fruits. Through morphometric and pedological analyses, it was determined that the section that stands out the most is the one characterized by mesophilic habitat, the phytocenological community <i>Aposeri foetidae-Castanetum sativae</i>, with a slightly higher pH-value of the soil and a different textural mark (larger proportion of the sand fraction and smaller of clay) and slightly larger fruits.</p>
--	---



# IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

OB FŠDT 05 07

Revizija: 2

Datum: 29.04.2021.

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

U Zagrebu, 28. rujna 2022. godine.

---

*vlastoručni potpis*

Mateo Perković



# Sadržaj

UVOD .....	1
Tlo i gospodarenje s tlom .....	1
Morfologija i biologija istraživane vrste .....	2
Prirodna rasprostranjenost i ekologija pitomog kestena .....	5
Gospodarski značaj pitomog kestena .....	6
DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA .....	8
Pedološka istraživanja .....	8
Morfometrijska istraživanja .....	9
CILJ RADA .....	12
MATERIJAL I METODE .....	13
Područje istraživanja .....	13
Klimatske i reljefne značajke istraživanog područja .....	14
Tlo istraživanog područja .....	14
Šumske zajednice istraživanog područja .....	15
Terensko prikupljanje uzoraka .....	17
Pedološke analize tla .....	18
Morfometrijska analiza plodova .....	19
Analiza kemijskog sastava plodova .....	20
Statistička obrada podataka .....	20
REZULTATI .....	21
Pedološka istraživanja .....	21
Granulometrijski sastav tla .....	21
Kemijske analize tla .....	21
Morfometrijska analiza .....	25
Deskriptivna statistika .....	25
Analiza varijance – ANOVA .....	26
Kemijski sastav plodova .....	28
Korelacijska analiza .....	30
RASPRAVA .....	33
ZAKLJUČCI .....	36
LITERATURA .....	37

## PREDGOVOR

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma i Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Zahvaljujem se svim profesorima na prenesenom znanju, posebno svojim mentorima doc. dr. sc. Ivanu Perkoviću i doc. dr. sc. Igoru Poljaku. Hvala Vam što ste mi tokom cijelog razdoblja istraživanja stajali na raspolaganju i ustrajno me usmjeravali. Hvala na velikoj pomoći, izdvojenom vremenu, uloženom trudu i strpljenju. Na tome veliko hvala i asistentu Antoniu Vidakoviću, mag. ing. silv., prof. dr. sc. Darku Bakšiću te upravitelju i ostalim suradnicima šumarije Hrvatska Kostajnica. Zahvaljujem se Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije na nezaboravnim trenucima provedenim na terenima, a najviše što me spojio s divnim ljudima, kolegama i životnim prijateljima. Hvala kolegama i kolegicama na iskrenom prijateljstvu i velikoj suradnji. Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji. Hvala vam najdraži moji na razumijevanju, brizi i vjeri u mene u svakom trenutku.

Veliko hvala svima.

U Zagrebu, 26. rujna 2022. godine.

Mateo Perković

# UVOD

## Tlo i gospodarenje s tlom

Tlo je rastresiti površinski sloj Zemljine kore, a sastoji se od tri faze (kruta, kapljevita i plinovita faza) koje su diferentne od matičnog supstrata prema kemijskim, morfološkim, fizičkim i biološkim osobinama. Tlo na površinskom dijelu je s jedne strane granično s atmosferom, a s druge strane s plitkom vodom. Lateralno graniči s dubokom vodom, stijenama ili trajnim ledom. Tlo je dakle, tvorevina prirodnog porijekla, nerijetko s hemerobijskim obilježjima, naseljena edafonom i ima stanovitu plodnost. Temeljna je sastavnica većine kopnenih ekosustava i daje dominantnu obilježbu nekog zemljišta (Pernar 2017).

Za normalno funkcioniranje najsloženijeg kopnenog ekosustava planete Zemlje, odnosno šumskog ekosustava, najvažnija sastavnica za njegovu silvidinamiku i pedodinamiku, prijeku dominantnost nosi upravo tlo. Šumsko tlo je osnova od koje počinju svi životni procesi inkorporirani u šumskom ekosustavu, čiji normalan tijek i razvoj uvelike ovisi o postojanosti svih pedoloških procesa. Tlo šumskih ekosustava obilježeno je relativno malim do neznatnim antropogenim utjecajem, dok je tlo poljodjelskih ekosustava izloženo specifičnim antropogenim utjecajima u vidu mehaničke obrade, fertilizacije, uporabe pesticida, kontrole vodnog režima itd. Takve razlike u antropogenim utjecajima manifestiraju se u vidu značajnih razlika između tala ovih dviju velikih skupina ekosustava. Razlika je prvenstveno u prirodi biološkog kruženja tvari u sustavu tlo-biljka (Čirić 1984).

Dominantno obilježje šumskog tla jest vrlo izražena rizosfera i šumska prostirka što značajno utječe na njegove fizičke, kemijske i biološke značajke. Raspadanjem i razlaganjem šumskog drveća i njegovih dijelova obogaćuje se tlo određenim količinama organske tvari, stoga i ima vrlo visok udio humusa. Nadalje, šuma manifestira mikroklimu šumskog tla, tako da šumsko tlo nije izloženo direktnim vodnim i termičkim utjecajima kao što je to u poljoprivrednih zemljišta. Drugim riječima, šumsko je tlo u ljetnim i sušim uvjetima hladnije i vlažnije, a u zimskim toplije i suše. Zahvaljujući modificiranoj pedoklimi, šumsko tlo naseljenije je organizmima i anizotropnije od tla poljoprivrednog ekosustava. Takva anizotropnost posljedica je specifičnosti ciklusa tvari i izražene rizosfere. Anizotropnost nastala je kao posljedica ciklusa tvari i izražene rizosfere. U zoni rizosfere na samome površinskom dijelu tla do dubine od 20 cm, korijenov sustav je jako izražen, gust i čupav, dok njegova prodornost seže i do nekoliko metara. Korijen u površinskom dijelu tla je gust upravo iz razloga što je tlo rahlije, humoznije i obogaćeno zračnim, vodnim i mineralnim sadržajnim aspektom. Nadalje, u šumskom tlu je snažno istaknut organski horizont ili šumska prostirka, kao i humusno-akumulativni horizont. Ovisno o načinu i ciljevima gospodarenja šumom, šumsko tlo može biti antropogenizirano, primjerice u šumskom rasadniku, šumskoj sjemenskoj plantaži i šumskoj kulturi (Pernar 2017).

## Morfologija i biologija istraživane vrste

Europski pitomi kesten, *Castanea sativa* Mill. (*C. vesca* Gaertn., *C. vulgaris* Lam.), listopadno je, do 30 (35) m visoko stablo prsnog promjera debla do 150 cm (Fernández-López i Alía 2003). Prema sistematskoj pripadnosti europski pitomi kesten svrstavamo u porodicu bukvi (Fagaceae), rod *Castanea* Mill.



**Slika 1.** *Castanea sativa* Mill. a – habitus; b – kora.

Širina i gustoća krošnje u pitomog kestena razlikuje se ovisno o tome raste li na osami ili u šumskom sklopu. U šumskom sklopu krošnja je uža i visoko nasađena, dok na osami formira široko razgranatu i kuglastu krošnju (slika 1a).

Kora je u mlađoj dobi siva, sjajna i glatka, a kasnije sivo-smeđa, debela i uzdužno izbrazdana i ispucala (slika 1b). Raspucavanje kore u pojedinim stabala započinje između pete i desete godine (Herman 1971; Poljak 2014).

Korijenov sustav je snažan, s izraženom žilom srčanicom i razgranatim, jakim i dubokim bočnim žilama.

Jednogodišnji izbojci su crvenkastosmeđi do maslinastozeleni, goli ili slabo dlakavi, s mnogobrojnim lenticelama. Kasnije su izbojci srednje debeli, uzdužno bridasti, crvenkastosmeđi do sivo-smeđi, posuti sitnim dlačicama te brojnim lenticelama (slika 2a). Posebno su zanimljivi izbojci iz panja, čija je snaga vrlo velika, a traje duže od jednog stoljeća (Herman 1971). Pupovi su spiralno raspoređeni, jajastog oblika i tupog vrha, pokriveni s dvije ili tri sjajne i crvenkastosmeđe ljuske (Idžojić 2005; Poljak 2014). Vršni pup odumire krajem vegetacijskog razdoblja, a njegovu ulogu preuzimaju gornji postrani pupovi. Postrani pupovi su otklonjeni pod šiljastim kutom od izbojka. Ujesen nakon opadanja lišća vide se i karakteristični ožiljci

otpalih listova koji su relativno veliki, trokutasti, jajasti ili srcoliki, svijetlosmeđe boje s tri skupine tragova provodnih snopića.

Listovi su jednostavni, duguljasti, kopljastog oblika, zaobljene do slabo klinaste ili polusrcaste osnove i šiljastog vrha. Rub lista je krupno nazubljen, a zubci su tanki, nitasti i usmjereni prema vrhu plojke (slika 2b). Dimenzije listova su sljedeće, 12-20 cm dugački, 3 – 6 cm široki, peteljka 1,5 – 2,5 cm dugačka. S obzirom na konzistenciju su zeljasti do polukožasti. Odozgo su tamnozeleno boje sa sjajnom prevlakom i goli. Odozdo svijetlozeleni do mutno zeleni, u početku zvjezdasto pustenasti, ubrzo goli, a ujesen prije otpadanja žuti do žućkastosmeđi. Nervatura je perasta s 12 do 20, rijetko 30 postranih parova žila čiji vrhovi završavaju u zupcima. Lisna plojka je vrlo varijabilna, a njene dimenzije i oblik ovise o njenom položaju na biljci i o tipu izbojka na kojemu se razvija (Poljak i dr. 2014). Listovi iz sjene i unutrašnjeg dijela krošnje su tanji, bez sjaja i znatno su veći u odnosu na listove svjetla. Listanje obično započinje u svibnju, a cvjetanje nakon listanja u lipnju.



**Slika 2.** *Castanea sativa* Mill. a – zimski izbojci i pupovi; b – listovi.

Cvjetovi su jednodomni i jednospolni (Krüssmann 1962; Trinajstić 1974; Potočić 1980; Hegi 1981; Idžojić 2013; Poljak 2014). Muški cvjetovi, nalaze se zajedno raspoređeni u uspravnim do nešto otklonjenim, 10 – 25 cm dugačkim resama. Građeni su od zelenkastog, većinom četverodijelnog perigona i od osam do 12 prašnika, čije su antene smještene na bijelim i dugačkim filamentima koji su znatno duži od listića perigona. Ženski cvjetovi najčešće su po tri zajedno (1 – 7), obavijeni zajedničkim zelenkastim i ljuskavim ovojem. Perigon ženskih cvjetova zelenkast je i vrčast, sastavljen od pet do osam listića koji su međusobno većim dijelom srasli u produženu i pri osnovi neznatno proširenu cijev. Plodnica je srasla s perigonom i većinom je sastavljena od šest plodničkih listova od kojih svaki nosi po dva sjemena zametka, od kojih se najčešće samo po jedan razvije u plod. Njuška tučka je sastavljena od pet do osam končasto nitastih i bjelkastih krakova koji znatno nadvisuju vrh perigona.

Plodovi pitomog kestena s obzirom na oblik, veličinu, boju i dlakavost odlikuju se vrlo velikom varijabilnošću (Herman 1971; Poljak i dr. 2012, 2016, 2022; Poljak 2014). Plod je sjajni, tamnosmeđi orah (kesten), na osnovi s bjelkastim hilumom, na vrhu ušiljen i s ostatkom vrata i njuške tučka. Plodovi su, najčešće po jedan do tri zajedno (slika 3), smješteni u kupulama. Kupule su kožaste, kuglastog oblika i prekrivene su



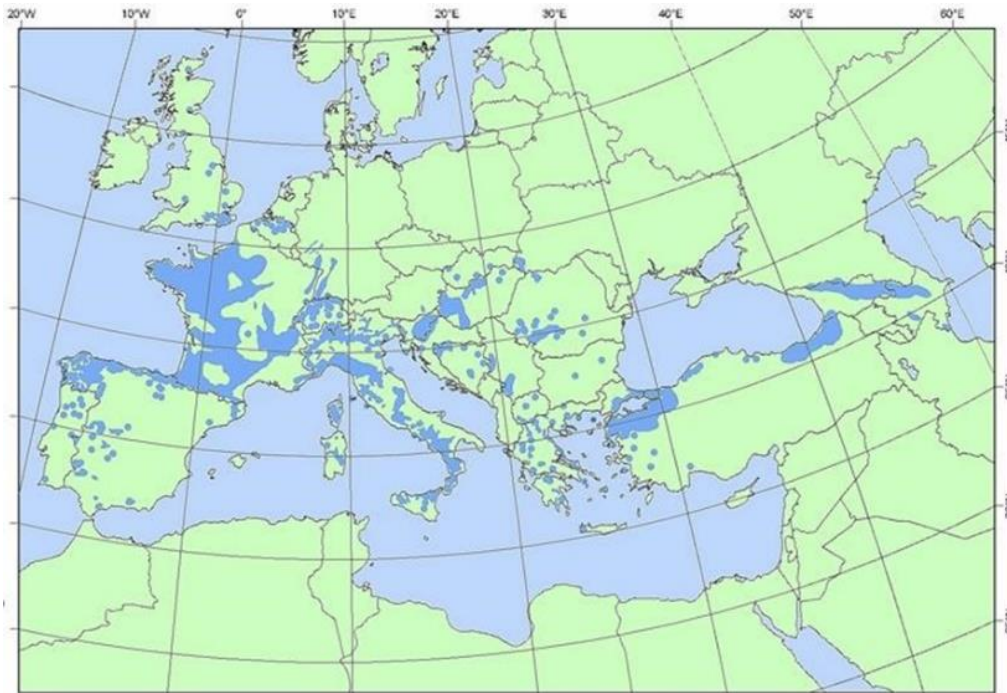
oštro bodljikavim izraslinama. Pri dozrijevanju ploda, kupula se raspucava na četiri jednaka dijela. Vrijeme dozrijevanja plodova je početkom listopada, u povoljnijim uvjetima već i na samom kraju mjeseca rujna iste godine. U povoljnim uvjetima kesten rodi plodom svake godine, a obilniji urod mu je svake dvije ili tri godine. U gospodarenim šumama, odnosno sastojinama kesten počinje fruktificirati između 40. i 60. godine, a na osami između 20. i 30. godine. Kestenici gospodareni u niskom uzgojnom obliku (panjača) počinju plodonositi vrlo rano, čak nakon svega nekoliko godina (Herman 1971).



**Slika 3.** *Castanea sativa* Mill. – plodovi.

## Prirodna rasprostranjenost i ekologija pitomog kestena

Povijesno gledajući pitomi kesten, zajedno uz maslinu i vinovu lozu, jedna je od najstarijih uzgajanih kultura drveća. Vrsta je drveća čija rasprostranjenost obuhvaća južnu Europu, Malu Aziju, Kavkaz i sjeverozapad Afrike (slika 4).



**Slika 4.** Prikaz areala pitomog kestena u Europi

U Europi šume pitomog kestena zauzimaju površinu nešto veću od 2,5 milijuna ha. Od toga 2.252.000 ha otpada na šume u kojima je kesten jedna od glavnih vrsta drveća, a samo 313.500 ha na mješovite šume s pitomim kestenom (Conedera i dr. 2004; Poljak 2014). Najveće površine pod kestenovih šumama nalaze se u Italiji i Francuskoj, a od ukupne površine zauzimaju čak 79 %. Zajedno s Portugalom, Španjolskom i Švicarskom taj postotak se penje na 89 % (Fernández-López i Alía 2003; Conedera i dr. 2004a, 2004b).

U Hrvatskoj pitomi kesten raste u šumama brežuljkasto-brdskog područja kontinentalnog dijela Hrvatske, u Istri te na otocima Krku i Cresu (Poljak 2014). Veći dio areala pitomog kestena pruža se kroz središnju Hrvatsku, od slovenske granice do granice s BiH, gdje se najveće i najljepše sastojine nalaze na Zrinskoj i Petrovoj gori te na Medvednici (Medak i dr. 2009; Idžojtić i dr. 2010; Poljak i dr. 2012). Ukupno šumskih površina na kojima pitomi kesten dolazi u Hrvatskoj ima oko 136 .000 ha (Novak-Agbaba i dr. 2000). Najčešće raste u kontinentalnoj Hrvatskoj do 900 metara nadmorske visine, na južnijim i toplijim ekspozicijama. Vrsta je koja traži toplu i blagu, umjereno toplu klimu s dovoljno vlage u zraku. Osjetljiv je na vjetar naročito na buru. Preferira područja gdje je srednja godišnja temperatura zraka između 8 i 15 °C, a srednja godišnja količina oborina preko 600 mm, bez sušnih razdoblja ili pak sa sušnim razdobljima koja ne traju više od tri mjeseca u godini (Fernández-López i Alía 2003; Conedera i dr. 2016). Slabo podnosi veću vlažnost tla i zemljište bogato vapnencem.

Nema ga u nizinskim šumama jer su one za njega vlažne i hladne, kao ni u visokim planinskim područjima gdje su velike razlike u dnevnim, odnosno godišnjim temperaturama (Anić 1940, 1942, 1953; Medak 2009; Poljak 2014).

Prema Medak (2009, 2011) i Vukeliću (2012), na području Hrvatske pitomi kesten sa značajnim udjelom raste u četiri šumske zajednice: šumi pitomog kestena s hrastom kitnjakom (*Quercus-Castanetum sativae* Horvat 1938), šumi pitomog kestena s prasećim zeljem (*Aposeri foetidae-Castanetum sativae* Medak 2011), šumi bukve s pitomim kestenom (*Castaneo sativae-Fagetum* Marinček et Zupančić (1979) 1995) te u submediteranskoj šumi pitomog kestena s krškim kukurijekom (*Helleboro multifidi-Castanetum sativae* (Anić 1953) Medak 2009).

## Gospodarski značaj pitomog kestena

Pitomi kesten plemenita je listača od koje imamo višestruku gospodarsku korist (drvo, plod, med, tanin itd.). Urbane sredine kroz povijest i naselja su često bile smještene uz kestenike još od rimskog doba pa su se i same kolonije Rimljana osnivale upravo uz kestenove šume. To je jedan od razloga zbog kojega se areal kestenovih šuma proširio i to najviše u Srednjem vijeku (Poljak i dr. 2017). Kestenovina se je nekada koristila za gradnju kuća i gospodarskih objekata, za sitnu građu (letve, stupovi, brvna, mosnice, gredice, grede), za štapove, a naročito za vinogradsko kolje. Lišće pitomog kestena nekoć se koristilo u narodnoj medicini te kao prostirka za stoku. Upravo iz te višenamjenske vrijednosti i prekomjernog korištenja kestenovih šuma danas su one često u različitim degradacijskim oblicima kao što su panjača i šikara.

Pitomi kesten je vrsta koja se dobro uzgaja i vegetativno i generativno. Zbog jake vegetativne izbojne snage kesten se dobro uzgaja u niskom uzgojnom obliku. Zabilježeni jednogodišnji izbojci su već visine od 3,5 metara i trogodišnji izbojci već od 6,5 metara, pa prema tome se koristi za sitnu građu, vinogradarsko kolje i prostorno drvo. Biljke iz sjemena u početnoj fazi razvoja rastu polagano, potom iza desete godine prirast u visinu je znatno veći i brži (Anić 1941).

S obzirom na jaku vegetativnu moć i dobru sposobnost generativnog razmnožavanja, kesten se može uzgajati u sva tri uzgojna oblika. To su visoki, srednji i niski uzgojni oblik. Visoki gospodarski oblik nažalost je rjeđi zbog biološkog aspekta, odnosno raka kore pitomog kestena. Naime, kesten u starijoj dobi podložniji je napadu navedenog patogena zbog čega njegove šume često ne ispune svoju gospodarsku, ekonomsku i općekorisnu funkciju. Međutim, šumsko-uzgojnim postupcima i dalje treba nastaviti djelovati ka progresiji i održavanju šuma visokog uzgojnog oblika. Tu se pitomi kesten kao sjemenjača nalazi u mješovitim sastojinama, najčešće s hrastom kitnjakom. Rijetko su viđeni primjerci čistih kestenovih šuma visokog uzgojnog oblika. Sjemenjače pitomog kestena stihijski su raspoređene u šumama visokog uzgojnog oblika. U mješovitoj sastojini s hrastom kitnjakom i običnom bukvom pitomi kesten češće raste u skupinama nego pojedinačno te ga tako, prema Aniću (1940), treba i uzgajati. Anić (1940) predlaže ophodnju od najviše 60 – 80 godina, tj. do dobi kada postigne debljinu 35 do 40 cm. Smatra da stariji kesten u našim prilikama nema vrijednosti zbog usukanosti, zimotrenosti i okružljivosti. Niski uzgojni oblik predstavljaju kestenove panjače kojima se gospodari propisanom ophodnjom od 40 godina. U niskoj šumi uzgaja se kesten u kratkim ophodnjama za proizvodnju sitnog drva, ili kao

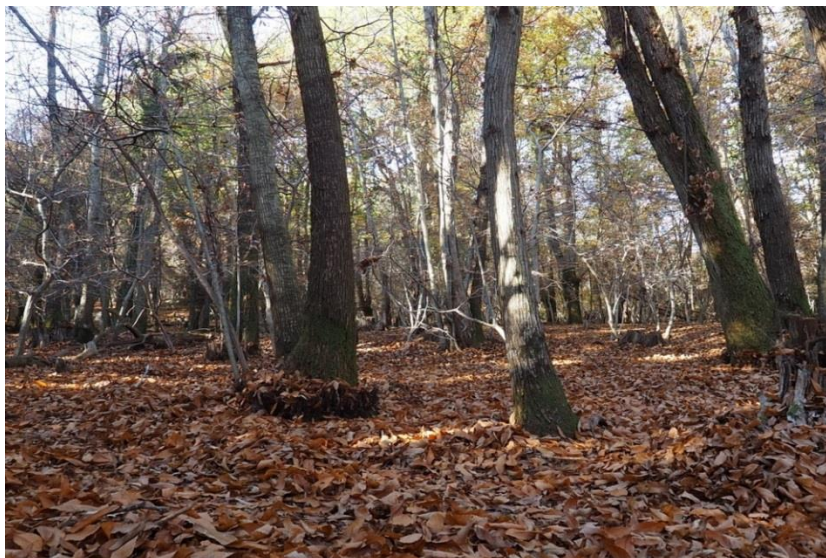


panjača s pričuvcima. Zbog velike potrebe za vinogradarskim koljem i ogrjevom mnogi su privatni i zajednički kestenici u to vrijeme pretvoreni u sitne šumice. Zbog velikog i kvalitetnog prirašćivanja, niske šume su i produktivnije od ostalih uzgojnih oblika. To prirašćivanje je u ranijoj fazi razvitka snažno do 25. godine, a zatim sve manje. Sam prirast ovisi o kvaliteti staništa i načinu gospodarenja. Srednji uzgojni oblik amalgamira sastavnice visokog i niskog uzgojnog oblika, a samim time je i gospodarenje složenije (slika 5).

Posljednjih nekoliko godina u praksi se predlaže i naglašava važnost obnove i oplemenjivanja šuma pitomog kestena metodom konverzije panjače u sjemenjaču, kao i metode i mjere zaštite sastojina pitomog kestena. Sastojine je potrebno obnavljati tako da se formiraju mješovite sastojine kestena s hrastom kitnjakom, običnom bukvom, običnim grabom, šumskim voćkaricama i ostalim drvećem brežuljkastog područja (Anić 2009).

Pomlađivanje sastojina pitomog kestena izvodi se prema načelima zagrebačke škole uzgajanja šuma, tj. prirodno pomlađivanje, prema načelima regularnog gospodarenja pod zastorom krošanja starih stabala, oplodnim sječama, u dva sijeka (naplodni i dovršni). Duljina pomladnog razdoblja traje tri do pet godina. Kod pomlađivanja mješovitih sastojina hrasta kitnjaka i obične bukve treba biti oprezan pri izvođenju dovršnog sijeka te stabla kestena treba na kraju izlučiti jer bi njegovi izbojci mogli nadvladati kitnjak i bukvu. Od pojavnosti ponika i pomlatka kreće se sa šumsko-uzgojnim postupcima njege sastojina. Njegovanje stabala nastavlja se proredama pa sve do konačne prirodne obnove (Anić 2009)

Uz provođenje šumsko-uzgojnih postupaka, potrebno je provoditi i mjere zaštite šuma pitomog kestena koje se baziraju na mehaničkim i biološkim metodama. Biološke metode zaštite temelje se na pojavi prirodnog širenja hipovirusa s površinskih nekroza na aktivni rak što dovodi do zacjeljivanje rak-rana i pojavu kalusirajućih rakova.



**Slika 5.** Šume pitomog kestena – srednji uzgojni oblik.

# DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

## Pedološka istraživanja

Problematika tala, odnosno matičnog supstrata na kojem raste pitomi kesten, dugi su niz vremena predmet istraživanja, budući da su tla, nakon klimatskih uvjeta, odlučujuća za mogućnost rasta i uzgoja ove vrste (Medak 2009).

Pitomi kesten vrsta je drveća koja ima veće ekološke zahtjeve pa tako i zahtjeve prema samom tlu. Rauš (1976) ističe kako kesten dolazi na debljim, svježijim i plodnijim tlima, koja su nastala na škriljevcima ili pješčenjacima, a mogu nastati i na vapnencima i dolomitima. Kesten rijetko ili gotovo nikako ne dolazi na kršu iz razloga jer teško podnosi vapnenačke podloge. Najviše preferira silikatne podloge gdje i doseže svoj optimum (Anić 2009). Razvija dubok korijenov sustav sa žilom srčanicom, a traži duboka tla bogata hranjivima koja su važnija od podloge (Glavaš 2004). Da preferira duboka tla prikazuje sama činjenica da lijepe sastojine tvori samo na dubokim zaravnima, dok ga na slabijim terenima prisojnih strana zamjenjuje hrast kitnjak, a na osojnim obična bukva (Anić 2009). Najbolje uspijeva na podlozi od zelenih škriljavaca ili na dubokim kremenasto-ilovastim tlima. Na kserotermnijim staništima s manje oborina naročito su važna plodnost i dubina tla za njegovo normalno uspijevanje i to prvenstveno hranjivost donjih horizonata. Za vrijeme vegetacije prikuplja velike rezerve hranjiva koja su mu potrebna za razvijanje pupova, listova i cvjetova te za njegovo naglo prirašćivanje na početku iduće vegetacije (Beljan 2008). Također, kesten traži ocjedita, propusna i rahla tla, zbog čega mu prema mehaničkom sastavu najviše odgovara pjeskovita ilovača, dok su najnepovoljnija glinasta tla (Glavaš 2004; Beljan 2008). Za normalno obraslu kestenovu sastojinu može se reći da se tlo drži u dobrom stanju fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava (Beljan 2008).

Istraživanja na području Španjolske, Francuske i Italije navode da pitomi kesten pridolazi dominantno na distričnim kambisolima povrh kiselih matičnih supstrata (granit, gnajs, zeleni šriljava, filit i sl.), gdje se razvijaju slabo do ekstremno kisela tla (Rubio i dr. 1999; Queijeiro i dr. 2000; Gondard i dr. 2006). Kestenove šume u Bosni i Hercegovini prvenstveno dolaze na kiseloj silikatnoj podlozi ili na ispiranim podlogama na bazičnom matičnom supstratu (pješčenjaci ili škriljavci) (Sučić 1953).

U središnjoj Hrvatskoj na gorama Medvednice i Samoborskog gorja kesten raste na distričnim i rjeđe eutričnim tlima povrh silikatnog matičnog supstrata. Dolomiti su prvenstveno njegova podloga, ali može i rasti na vapnencima samo ako su dublja tla (Medak 2004). Opisujući po prvi put šumu hrasta kitnjaka i pitomog kestena Horvat (1938) započinje: "Na ilovastim i pjeskovitim nanosima i na kamenju siromašnom na vapnu (zeleni škriljevi, karbonski pješčenjaci, verfenski i rabeljski škriljevi i sl.) nalaze se u sjevernoj Hrvatskoj velike površine značajne hrastove šume u kojoj se javljaju posve nove biljke, koje u dosadašnjim hrastovim šumama nijesmo susretali."

## Morfometrijska istraživanja

Metode koje se koriste za proučavanje morfologije biljnih vrsta možemo podijeliti na dvije skupine (Poljak 2014). Prva skupina obuhvaća tradicionalne morfometrijske metode koje se zasnivaju na izmjeri više značajka te na njihovoj obradi primjenom multivarijatnih statističkih metoda (Rohlf i Marcus 1993). U drugu skupinu ubrajamo metode geometrijske morfometrije koje, osim dimenzija, analiziraju i oblik istraživanih objekata (Brookstein 1991; Rohlf i Marcus 1993; Rohlf 1998; Adams i dr. 2004; Zelditch i dr. 2012). Morfometrijske metode se još i danas vrlo često primjenjuju u istraživanjima unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti šumskih vrsta drveća (Brus i dr. 2011a, 2011b; Zebec i dr. 2010, 2014, 2015; Poljak i dr. 2012, 2014, 2021; Valero Galván i dr. 2012; Paridari i dr. 2013; Krauze-Michalska i Boratyńska 2013; Miljković i dr. 2019).

Nekoliko autora koristilo je morfologiju plodova za utvrđivanje međupopulacijske i unutarpopulacijske varijabilnosti pitomog kestena: Villani i dr. 1991; Podjavoršek i dr. 1999; Aravanopoulos i dr. 2001; Solar i dr. 2001, 2005; Bolvanský i Užík 2005; Idžojtić i dr. 2009; Poljak 2014; Poljak i dr. 2012, 2022.

Na području Turske izvršeno je istraživanje populacija pitomog kestena s ciljem procijene stupnjeva biološke varijacije i usporedbe s genetičkim, morfometrijskim i fiziološkim značajkama (Villani i dr. 1991). Rezultati istraživanja pokazali su da zapadne populacije (iz sušnijeg područja) pokazuju najmanju učinkovitost korištenja vode. Također, deskriptivne statističke analize ukazuju na varijabilnost svih ispitanih svojstava plodova osim broja sjemenki.

Podjavoršek i dr. (1999) te Solar i dr. (2001, 2005) istražuju morfološku varijabilnost plodova slovenskih populacija pitomoga kestena. Navedeni autori u istraživanje uključuju stabla iz tri regije. Rezultati istraživanja upućuju na činjenicu da se stabla unutra regija i regije između sebe statistički značajno razlikuju za sva analizirana svojstva plodova. Najveća prosječna masa plodova izmjerena je u mediteranskoj regiji (regija C), a kontinentalne regije A i B, u odnosu na regiju C, pokazuju veću varijabilnost s obzirom na oblik i boju plodova te dužinu ureza endokarpa u sjemenku.

Aravanopoulos i dr. (2001) utvrđuju raznolikost populacija pitomoga kestena na dva lokaliteta na području Grčke pri čemu na svakom lokalitetu uzorke uzimaju iz po dvije populacije koje se međusobno razlikuju po načinu gospodarenja (prirodne populacije i populacije u kojima je gospodarenje intenzivirano - panjače). Unutar svake analizirane populacije uzorke plodova za morfometrijska istraživanja sakupljaju se po 20 stabala. Pri statističkoj obradi podataka koriste standardne algoritme deskriptivne statistike i univarijatne analize varijance. Istraživanjem su utvrđene signifikantne razlike između populacija, kao i između stabala unutar populacija. Autori zaključuju da su razlike između istraživanih populacija posljedica genetičke raznolikosti i razlika u načinu gospodarenja. Prirodne populacije karakterizirala je manja raznolikost u odnosu na populacije kojima se intenzivno gospodari, kao i manje vrijednosti mjerenih značajka plodova.

Prema studiji koju su proveli Bolvanský i Užík (2005) u Slovačkoj, a koja je obuhvaćala četiri populacije i 13 morfoloških svojstava, utvrđene su značajne razlike u svim ispitanim svojstvima plodova između stabala i između lokaliteta, odnosno

populacija. Dvije istraživane populacije su geografski bile relativno blizu jedna drugoj i ukazuju na isto zajedničko porijeklo te su pokazale najviše morfološke sličnosti.

U Hrvatskoj morfološku varijabilnost pitomog kestena istražuju Idžojić i dr. (2009). Cilj studije bio je procijeniti međupopulacijsku i unutarpopulacijsku varijabilnost prema morfološkim obilježjima plodova. Uzorci za istraživanja sakupljeni su u deset prirodnih populacija pitomoga kestena u submediteranskom i kontinentalnom području. Svaka populacija bila je predstavljena sa po deset stabala, a sa svako stablo sa po 30 plodova. Na svakom plodu određeno je devet morfoloških značajka iz kojih je izvedeno sedam omjera. Rezultati istraživanja pokazali su značajne razlike između i unutar populacija za sve istraživane morfološke značajke. Prosječna masa plodova svih deset istraživanih populacija iznosila je 7,1 g. Prosječna masa plodova bila je najveća u populaciji Bosiljevo (8,8 g), dok je najmanja prosječna masa plodova zabilježena u populaciji Moslavačka gora (3,8 g). Koeficijenti varijabilnosti ove značajke kretali su se od 22 do 33 %. Multivarijatnim statističkim metodama je utvrđeno da se stabla iz navedenih populacija grupiraju u tri skupine. Prvu skupinu, koja se najviše razlikuje u odnosu na sve ostale istraživane populacije formiraju stabla populacije Moslavačka gora. Unutar druge skupine grupiraju se stabla mediteranskih populacija Učka i Cres s kontinentalnom populacijom Bosiljevo. Ostale kontinentalne populacije (Gvozd, Vojnić, istočna Medvednica, Ozalj, Topusko i zapadna Medvednica) formiraju treću skupinu populacija.

Varijabilnost pitomog kestena prema morfološkim svojstvima plodova, na području sjeverozapadne Hrvatske, na uzorku od pet populacija, istražuju Poljak i dr. (2012). Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost utvrđena je na osnovi deset morfoloških značajki plodova te osam izvedenih omjera, pri čemu su korištene deskriptivne i multivarijatne statističke metode. U svakoj populaciji izabrano je po 20 stabala, a sa svakog stabla sakupljeno je po 10 zdravih plodova. Rezultati ukazuju kako su se najmanje varijabilnim značajkama pokazale varijable koje opisuju oblik ploda i hiluma te odnos duljine i širine hiluma sa širinom i debljinom ploda, dok su visoki koeficijenti bili karakteristični za masu ploda te za broj i dužinu ureza endokarpa u sjemenku i njihov odnos s debljinom ploda. Ustanovljeno je kako je unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti. Stabla unutar populacija značajno se razlikuju za sva analizirana svojstva, dok je razlikovanje između populacija značajno za većinu značajki.

Poljak (2014) istražuje morfološku i gensku raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena na području Hrvatske i okolnih zemalja. Slično kao i u prethodnom istraživanju, dobiveni rezultati upućuju na to da su se najmanje varijabilnim značajkama pokazale varijable koje opisuju oblik ploda i hiluma te odnos dužine i širine hiluma prema širini i debljini ploda. Isto tako, niži koeficijenti varijabilnosti bili su svojstveni za visinu i širinu ploda, dok se srednje varijabilnom značajkom pokazala debljina ploda. Za masu ploda dobiveni su visoki koeficijenti varijabilnosti, a najvarijabilnijim značajkama pokazale su se varijable koje se odnose na broj i dužinu ureza endokarpa u sjemenku te njihov odnos s debljinom ploda. Provedenom analizom varijance ustanovljene su statistički značajne razlike između stabala unutar populacija, kao i između populacija unutar regija za sva analizirana svojstva.

Morfološka i kemijska analiza plodova pitomog kestena provedena je i na uzorku od osam prirodnih populacija iz Hrvatske, Slovenije, Bosne i Hercegovine te Italije (Poljak i dr. 2022). Istraživane populacije obuhvaćale su različite klimatske uvjete i šumsko-uzgojne oblike. Rezultati istraživanja pokazali su odsustvo geografske ili ekološke diferenciranosti između populacija, ali su potvrdili značajnu koreliranost između morfoloških i kemijskih značajki. Nadalje, autori su utvrdili i visok stupanj fenotipske varijabilnosti na unutar- i međupopulacijskoj razini.

## CILJ RADA

Cilj rada bio je ispitati utjecaj značajki tla na morfološku varijabilnost i kemijski sastav plodova pitomog kestena u gospodarenim sastojinama srednjeg uzgojnog oblika na području UŠP Sisak, Šumarija Hrvatska Kostajnica.

Istraživanje morfološke varijabilnosti plodova provedeno je na osnovi sedam morfoloških svojstava plodova, dok su analize kemijskog sastava obuhvaćale utvrđivanje udjela vode, pepela, masti i škroba.

Na temelju postavljenog cilja provedene su sljedeće aktivnosti:

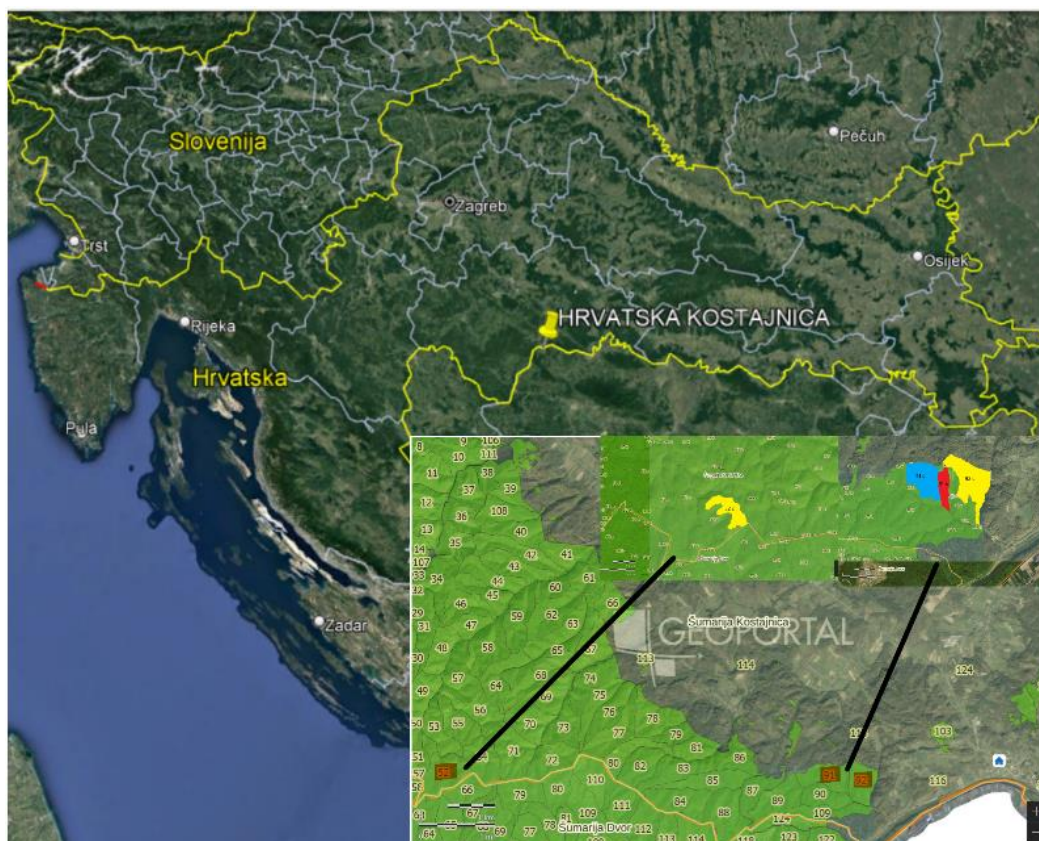
- (1.) prikupljena je literatura o relevantnim istraživanjima;
- (2.) prikupljeni su podaci o istraživanoj vrsti i području istraživanja;
- (3.) napravljen je plan uzorkovanja;
- (4.) sakupljeni su uzorci tla i biljnoga materijal za morfometrijska i kemijska istraživanja;
- (5.) izvršene su analize uzoraka u laboratoriju;
- (6.) statistički su obrađeni i analizirani dobiveni rezultati te su interpretirati u skladu s ciljevima istraživanja;
- (7.) izvedeni su zaključci na temelju dobivenih rezultata.



# MATERIJAL I METODE

## Područje istraživanja

Istraživanje je provedeno u sastojinama pitomog kestena na području UŠP Sisak, Šumarija Hrvatska Kostajnica u gospodarskoj jedinici Šamarica I u četiri odjela/odsjeka (slika 6 i tablica 1).



Slika 6. Područje istraživanja.

Tablica 1. Opći podaci istraživanog područja.

Odjel/odsjek	Tip tla	Starost	Bonitet	Nadmorska visina (m)
91 d	Distrični kambisol	30	III	169-243
91 b	Distrični kambisol	30	III	144-247
92 c	Distrični kambisol	30	II	125-246
52 c	Distrični kambisol	25	II	433-509

## Klimatske i reljefne značajke istraživanog područja

Područje istraživanja spada u brežuljkasti vegetacijski pojas. Teren je izbrazdan grebenima i jarcima. Najniža je točka na rijeci Uni kod sela Rosulje (110 m n.v.), a najviša Rajković vis u odsjeku 21b (581 m n.v.). Područje je bogato izvorima, te većim i manjim potocima.

Prema Köppenu istraživano područje karakterizira umjereno topla kišna klima. Na području gospodarske jedinice gdje je provedeno istraživanje dovoljno je vlage i vode za razvitak šumskih vrsta drveća, mezofita, koji uglavnom pridolaze na tom području. Srednja godišnja temperatura je 10,4 °C. Temperatura apsolutnog minimuma i maksimuma kreće se u granicama od -22 °C do +39,4 °C. Najhladnije godišnje doba je zima kada je srednja vrijednost temperature zraka za razdoblje mjerenja 0,7 °C. Ljeto je najtoplije godišnje doba sa srednjom vrijednošću temperature 19,7 °C. Proljeće i jesen su podjednako topla godišnja doba. Prosječna vrijednost temperature zraka za vegetacijsko razdoblje iznosi 16,8 °C. Prosječna godišnja količina padalina u Hrvatskoj Kostajnici iznosi 1071,2 mm. Jesen je godišnje doba u kojem padnu najveće količine padalina. Zima je najsiromašnija padalinama, svega 22 % od ukupne količine padalina. U vegetacijskom periodu padne 564,5 mm ili 53 % od ukupne godišnje količine padalina. Jeseni su vrlo često uz prisustvo magle na koju znatno utječe neposredna blizina rijeke Une.

## Tlo istraživanog područja

Pitomi kesten dolazi na debljim, svježijim i plodnijim tlima, koja su nastala na škriljevcima ili pješčenjacima (Rauš 1976). Geološke podloge područja istraživane gospodarske jedinice naslage su lapora, gline, pješčenjaka, ugljevitih gline, pijeska i šljunka, a mogu se pronaći i vapnenci. Geološku podlogu najvećeg dijela gospodarske jedinice čine konglomerati koji predstavljaju krupno šljunkaste slojeve koji se smjenjuju sa sitnozrnatim slojevima ili s pješčenjacima. Dominantni tip tla istraživanog područja je distrični kambisol (slika 7). Distrično smeđe tlo (distrični kambisol) formira se na kamenosilikatnim supstratima s malom količinom bazičnih kationa. Dominantan je proces posmeđivanja tla; braunizacije (raspadanje primarnih minerala). Nizak sadržaj baza u supstratu i intenzivna ispiranja u humidnoj klimi dovode do osjetne acidifikacije mobilizacije aluminija. Distrični kambisoli najrasprostranjeniji su u gorskim i brdskim predjelima, gdje se, ovisno o nagibu, izmjenjuje s distričnim rankerom i ilimeriziranim tlom. Razlikuju se podtipovi, odnosno prijelazni razvojni stadiji: tipični, humozni, lesivirani, pseudoglejni i podzolirani. Distrični kambisol je dublji od 30 cm, najčešće 60 – 80 cm, a rjeđe više od 100 cm. U pravilu to su pjeskovite ilovače propusne za vodu i dobro prozračne. Sadržaj humusa jako varira. Sadržaj dušika varira usporedno sa sadržajem humusa, a odnos C i N iznosi 15 i više %. Reakcija distričnog kambisola je kisela (pH 4,5 – 5,5), zasićenost bazama je najčešće od 30 – 50 %. Gotovo uvijek je tlo slabo opskrbljeno topljivim fosforom, dok kalija ima dovoljno. Tla pokazuju širok raspon mehaničkog sastava i s time u vezi provodnih svojstava. Za distrični kambisol obično se kaže da je tipično šumsko tlo. U poljodjelstvu mu je plodnost ograničena, a



u šumarstvu ovisi o teksturnim značajkama i dubini. Zbog lošijih kemijskih značajki, florni sastav je oskudniji, nego što je to u eutričnog smeđeg tla (Pernar 2017).



Slika 7. Distrično smeđe tlo (distrični kambisol).

## Šumske zajednice istraživanog područja

Prema Osnovi gospodarenja (obrazac O2), na području Gospodarske jedinice Šamarica I rastu sljedeće šumske fitocenoze kestena: šuma pitomog kestena s prasećim zeljem i šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena.

### Šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena

(*Querco-Castanetum sativae* Horvat 1938)

Šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena (slika 8) izgrađuje najveće komplekse na Zrinskoj gori, Medvednici i ostalom gorju sjeverozapada Hrvatske. Ova zajednica uspijeva na visini od 250 do 550 m n.v., na blažim nagibima i kiselim tlima tipičnim, srednje dubokim do dubokim, povrh glinenih škriljavaca, brusilovaca i filita, postiže svoj puni razvoj u sociološkom i taksacijskom smislu. To su u pravilu nešto topliji lokaliteti, platoi, sedla ili blaže padine koje omogućuju deblje naslage tla u kojima se kestenov korijen razgranjuje do 1 m dubine.

Sloj drveća čine pitomi kesten (*Castanea sativa*) i hrast kitnjak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), dok su česti još obični grab (*Carpinus betulus* L.) i bukva (*Fagus sylvatica* L.). Međutim, većina sastojina, često i cijeli kompleksi znatno su zbog propadanja pitomog kestena izgubili tipičan florni sastav i strukturu pa se u nekadašnjim bujnim kestenicima mijenja vegetacija i način gospodarenja.

Sloj grmlja vrlo često je bujno razvijen, a čine ga poznati acidofiti: *Chamaecystus supinus* (L.) Link, *Cytisus nigricans* L., *Genista tinctoria* L., *G. germanica* L., *Vaccinium myrtillus* L. i vrste iz sloja drveća.

Od prizemnog rašća za fitocenozu su najznačajnije također acidofilne vrste: *Melanpyrum pratense* L., *Hieracium sylvaticum* (L.) Gouan, *H. racemosum* Waldst. et Kit. Ex Willd., *Festuca heterophylla* Lam., *Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Lathyrus linifolius* (Reichard) Bässler, *Silene viscaria* Jess., mahovi *Hypnum cupressiforme* Hedw. i *Polytrichum commune* Hedw. Osim tih vrsta potrebno je istaknuti da zbog povoljnih klimatskih i edafskih uvjeta uspijevaju i mnoge slabije acidofilne i neutrofilne vrste, pa čak i termofiti.

Svakako je važan udio bukve i običnog graba, koji u nekim sastojinama na platoima znatno popunjavaju praznine nastale sušenjem kestena. To im omogućavaju povoljni edafski uvjeti u sindinamici zajednice, ovisno o izloženosti, ona manje-više prelazi u acidofilne bukove ili kitnjakove šume uz znatnije primjese graba na položenijim terenima i platoima.



Slika 8. Šuma hrasta kitnjaka i pitomog kestena.

### Šuma pitomoga kestena s prasećim zeljem

(*Aposeri foetidae-Castanetum sativae* Medak 2011)

Šuma pitomoga kestena s prasećim zeljem (slika 9) na području Zrinske gore tvori suvisle sastojine na nadmorskim visinama od 230 do 300 metara, na terenima blagih nagiba, sjevernih i sjeveroistočnih ekspozicija. Tlo je najčešće duboki luvisol, slabo do umjereno kisele reakcije (pH 4,77 – 6,57).

U sloju drveća, najvažnija je vrsta pitomi kesten, a uz njega se redovito pojavljuju obični grab, trešnja i hrast kitnjak. U otvorenijim sastojinama prisutne su brekinja, breza i trepetljika.

Sloj grmlja uz vrste iz sloja drveća tvore *Crataegus monogyna* Jacq., *C. laevigata* (Poir.) DC. *Acer campestre* L., *Ligustrum vulgare* L., *Pyrus pyrastrer* (L.) Burgsd., *Fraxinus ornus* L., *Tilia tomentosa* Moench, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz i dr.

Sloj prizemnoga rašća uglavnom je bujno razvijen, a čine ga pretežno neutrofilne vrste reda Fagetalia: *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Circaea lutetiana* L.,



*Brachypodium sylvaticum* P. Beauv., *Carex sylvatica* Huds., *Viola reichenbachiana* Jord. Ex Boreau, *Sanicula europaea* L., *Pulmonaria officinalis* L., *Asarum europaeum* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Lectuca muralis* (L.) Gaertn. i druge. Značajan je i udio acidofilnih vrsta od kojih su česte: *Pteridium aquilinum*, *Melampyrum pratense*, *Luzula forsteri* DC., *Hieracium racemosum*, *Luzula luzuloides* i *Veronica officinalis* L. Za sistematsku pripadnost zajednice važna je prisutnost ilirskih vrsta sveze *Aremonio-Fagion* od kojih su načešće *Ruscus hypoglossum* L., *Lamium orvala* L., *Aremonia agrimonoides* (L.) DC., *Primula vulgaris* Huds. te naravno praseće zelje, *Aposeris foetida* Less. Od ostalih vrsta konstantno su prisutni bršljan (*Hedera helix* L.), oštrodlakava kupina (*Rubus hirtus* Waldst. et Hit.) i dlakavi šupljozub (*Galeopsis pubescens* Besser).

Sloj mahova znatno je manje zastupljen nego u ostale dvije acidofilnije zajednice s kestenom. Sastojine Zrinske gore opredijeljene su kao tipična subasocijacija zajednice, nema izrazitih razlikovnih vrsta i sadrži vrlo rasprostranjenu, antropogenu uvjetovanu, vrstama siromašnu varijantu *Rubus hirtus*.



**Slika 9.** Šuma pitomog kestena s prasećim zeljem.

## Terensko prikupljanje uzoraka

U istraživanje je uključeno 80 stabala pitomog kestena iz gospodarenih sastojina. Terenski rad obuhvaćao je uzimanje kompozitnog uzorka tla s dubine od 0 do 10 cm ispod svakog stabla (slika 10) te sakupljanje plodova za morfometrijsku i kemijsku analizu. Terenski rad obavljen je tijekom jeseni 2020. godine. Nakon što je završen terenski dio istraživanja, uzorci tla dopremljeni su u Ekološko-pedološki laboratorij u Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma, a biljni materijal u Molekularno-biološki laboratorij u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu. Odmah po povratku s terena biljni materijal je pohranjen u hladnjak na 5 °C do daljnje manipulacije.



**Slika 10.** Sakupljanje uzoraka tla na terenu.

## **Pedološke analize tla**

Priprema uzoraka tla za analize obuhvaćala je sušenje uzoraka, potom drobljenje u tarioniku te prosijavanje kroz dva sita gustoće pletiva  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  te  $0,2\text{ mm} \times 0,2\text{ mm}$  (slika 11). Nakon što su uzorci prosijani, pohranjeni su u plastične posudice s odgovarajućim oznakama (u skladu s ISO 11464, 1994) (Pernar i dr. 2013).

Analize provedene u Ekološko-pedološkom laboratoriju su sljedeće: određivanje reakcije tla odnosno pH-vrijednosti (u skladu s ISO 10390, 1994) (slika 11). Na uzorcima čija je pH-vrijednost u  $\text{CaCl}_2$  bila veća od 5,5 određen je i udjel karbonata u tlu (u skladu s ISO 10693, 1995).

Granulometrijski sastav tla, odnosno određivanje raspodjele veličina čestica u mineralnom dijelu tla na temelju kojeg je određena tekstura tla napravljena je u skladu s ISO standardima (ISO 11277, 2009). Određivanje udjela organskog i ukupnog ugljika (ISO 10694, 1995) te ukupnog dušika (ISO 13878, 1998) napravljeno je metodom suhog spaljivanja u uređaju CHNSO/O Flash 112 tvrtke Thermo-scientific (slika 11).

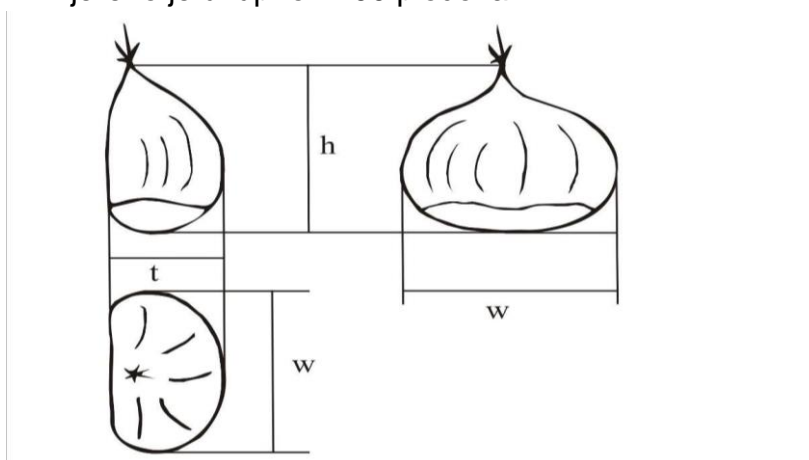




**Slika 11.** Priprema uzoraka i kemijske analize tla

## Morfometrijska analiza plodova

Sa svakog stabla sakupljeno je po 30 plodova, a za izmjeru su u obzir uzimani samo oni plodovi koji su se nalazili postrano u kupulama (Poljak 2014; Poljak i dr. 2012, 2016, 2022). Plodovi su nakon sakupljanja najprije izvagani kako bi im se utvrdila masa ( $m$ ). Potom su pomoću digitalne pomične mjerke, s preciznošću od 0,1 mm izmjerena sljedeća morfološka svojstva (slika 12): visina ploda ( $h$ ), širina ploda ( $w$ ) i debljina ploda ( $t$ ). Nakon toga, plodovi su prerezani na najširem dijelu i utvrđen je broj sjemenki ( $NS$ ), broj ureza endokarpa u sjemenku ( $NI$ ) te dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku ( $LI$ ). Izmjereno je ukupno 2400 plodova.



**Slika 12.** Mjerene značajke ploda (Poljak i dr. 2016).

## **Analiza kemijskog sastava plodova**

Na svakom od uzoraka određen je udjel vode, pepela, masti i škroba, prema standardiziranim analitičkim metodama (AOAC 2000).

Udjel vode u uzorcima određen je fizikalnom, indirektnom metodom, kojom se uzorak poznate mase suši u zračnoj sušnici pri temperaturi od 105 °C do postizanja konstantne mase (AOAC 925.40, 2000). Ukupni mineralni ostatak u uzorcima određen je kao udjel pepela, koji je anorganski dio preostao nakon što je spaljena sva organska tvar. Pri određivanju udjela mineralnog ostatka (pepela) uzorak je najprije karboniziran na plameniku, nakon čega je uslijedila mineralizacija u mufolnoj peći pri temperaturi od 580 °C do postizanja konstantne mase (AOAC 950.49, 2000). Udio masti utvrđen je metodom višekratne kontinuirane ekstrakcije masti organskim otapalom (medicinski benzin) u Soxhlet uređaju (AOAC 948.22, 2000). Udjel škroba utvrđen je polarimetrijskom metodom, gdje se uzorak najprije obradio klorovodičnom kiselinom, a nakon bistrenja i filtriranja izmjerena je optička rotacija otopine.

## **Statistička obrada podataka**

Za potrebe statističke obrade podataka korištene su standardne deskriptivne i multivarijatne statističke metode (Sokal i Rohlf 1989; McGarigal i dr. 2000), a korišten je programski paket Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M) i koeficijent varijacije (CV%). Testirana je i normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test). Za pedološke značajke koje nisu imale homogene varijance korišten je Kruskal-Wallis test. Kako bi se utvrdile razlike između odjela/odsjeka i između stabala unutar odjela/odsjeka, korištena je analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori varijabilnosti bili su odjel/odsjek i stablo, i to tako da je faktor stablo ugniježđen unutar faktora odjel/odsjek. Također je provedeno i particioniranje ukupne varijance, alociranjem izračunate komponente varijabilnosti pripadajućem izvoru (između odjela/odsjeka, između stabala unutar odjela/odsjeka, unutar stabla), za sve analizirane značajke. U tu svrhu korištena je REML metoda (*Restricted Maximum Likelihood Method*).

# REZULTATI

## Pedološka istraživanja

### Granulometrijski sastav tla

Deskriptivni statistički pokazatelji za granulometrijski sastav tla prikazani su u tablici 2. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da se teksturna oznaka u istraživanim odjelima/odsjecima kreće u rasponu praškaste ilovače u odjelu 52c do praškasto glinaste ilovače u ostalim odjelima/odsjecima (91b, 91d i 92c). Prosječni udjel gline u odjelima/odsjecima 91b, 91d i 92c kreće se u rasponu od 26 do 28 %, dok je udjel pijeska oko 5 % (zbroj krupnog i sitnog pijeska). Odjel 52c ima manji udjel frakcije gline (17 %) i veći udjel pijeska (29 %) i statistički se značajno razlikuje u odnosu na ostale istraživane odjele/odsjeke (tablica 2 i tablica 3).

### Kemijske analize tla

Za kemijske značajke tla prikazani su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M) i koeficijent varijabilnosti (CV%). Razlike između odjela/odsjeka utvrđivane su ANOVA-om za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallis testom za varijable s nehomogenom varijancom (tablica 3).

Analizirane značajke su: pH-vrijednost u otopini vode ( $pH_{H_2O}$ ), pH-vrijednost u otopini kalcijeva klorida ( $pH_{CaCl_2}$ ), razlika pH vrijednosti ( $\Delta pH$ ), ukupni ugljik u postotku ( $C_{uk}\%$ ), totalni dušik u postotku ( $N_{tot}\%$ ) i C/N odnos. Najmanje vrijednosti reakcije tla odnosno pH-vrijednosti u vodi i  $CaCl_2$  na istraživanim odjelima/odsjecima zabilježene su u 91d, ( $pH_{H_2O}$  4,96;  $pH_{CaCl_2}$  3,90), a najveće vrijednosti u 52c ( $pH_{H_2O}$  5,25;  $pH_{CaCl_2}$  4,29) (slika 13). Analizom varijanci utvrđene su statistički značajne veće pH-vrijednosti u odjelu 52 u odnosu na odsjeke 91b i 91d (tablica 3). Prema Schefferu i Schachtschabelu (Blume dr. 2010) reakcija tla se kreće u rasponu od vrlo jako kiselo (91b i 91d) do jako kiselo (92c i 52c) (slika 13 i tablica 3).

$\Delta pH$  u istraživanim odjelima/odsjecima se kreće u rasponu od 0,96 do 1,07 (razlika između  $pH_{H_2O}$  i  $pH_{CaCl_2}$ ) (tablica 4).

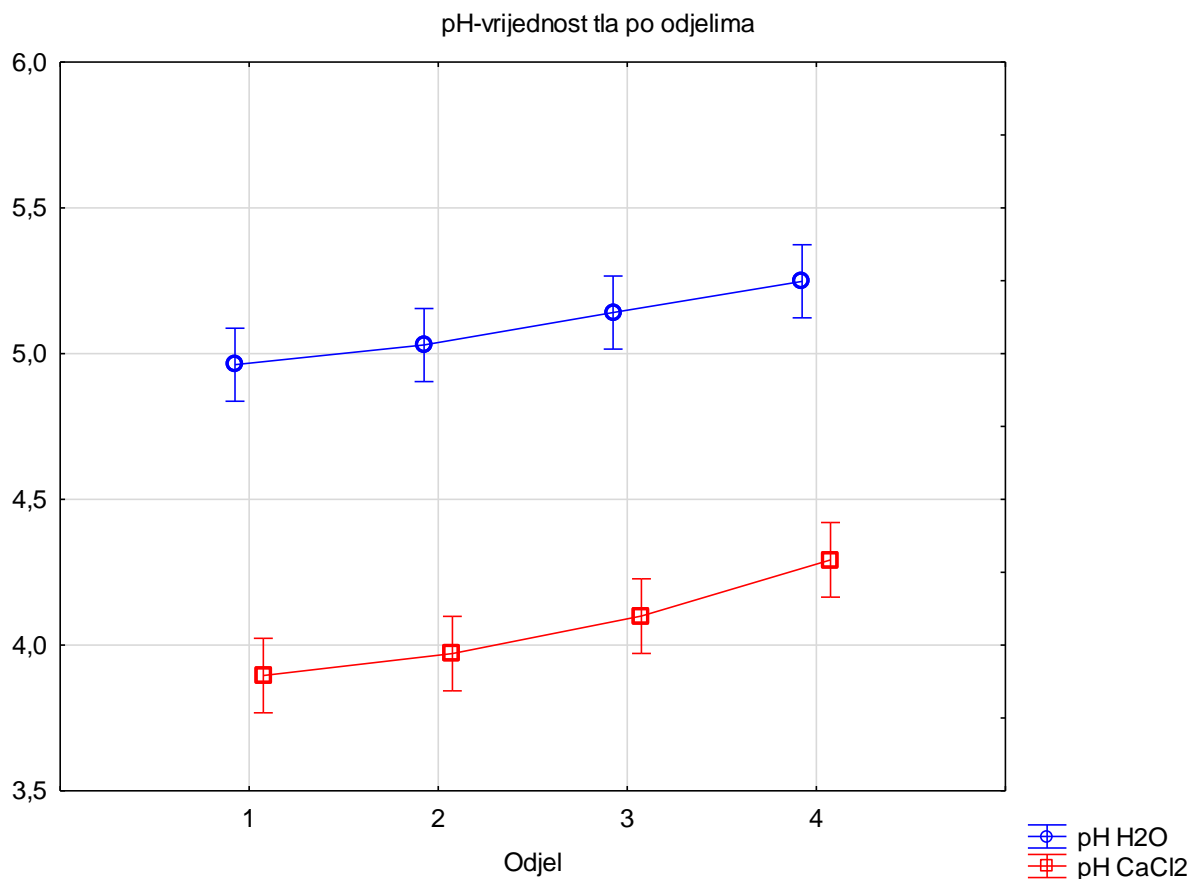
**Tablica 2.** Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla po odjelima i odsjecima.

Odjel/odsjek	K. pijesak		S. pijesak		K. prah		S. prah		Glina		Teksturna oznaka
	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	M	CV	
91d	1,47	38,74	2,49	38,74	21,48	42,48	47,78	18,32	26,78	13,16	Praškasta glinasta ilovača
91b	3,26	196,93	2,49	64,10	17,34	44,19	49,19	13,96	27,72	21,92	Praškasta glinasta ilovača
92c	2,57	93,88	2,20	50,04	14,75	78,46	52,10	20,64	28,39	15,78	Praškasta glinasta ilovača
52c	20,35	26,36	8,83	31,76	14,37	86,52	39,77	18,27	16,68	20,91	Praškasta ilovača
Ukupno	6,91	129,18	4,01	83,10	16,98	62,22	47,21	20,25	24,89	26,25	Praškasta ilovača

**Tablica 3.** Tukey HSD test za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenim varijancama.

	91d	91b	92c
91b	C/N		
92c		C/N	
52c	pH <sub>H2O</sub> , pH <sub>CaCl2</sub> , ΔpH, K. pijesak, S. pijesak, S. prah, Glina	pH <sub>CaCl2</sub> , ΔpH, C/N, K. pijesak, S. pijesak, S. prah, Glina	ΔpH, K. pijesak, S. pijesak, S. prah, Glina





**Slika 13.** pH-vrijednost tla po odjelima.

Prosječni udjeli ukupnog ugljika u površinskom sloju tla u populacijama pitomog kestena kretao se u rasponu od 3,77 % (92c) do 4,61 % (91b) (tablica 4). Za navedeno svojstvo nisu utvrđene statistički značajne razlike između odjela/odsjeka (tablica 5). Prosječni udjeli totalnog dušika kretali su se u rasponu od 0,28 % (91b) do 0,33 % (52c). C/N odnos površinskog sloja tla u istraživanim odjelima/odsjecima kretao se od 13,43 (92c) do 14,73 (91b). Odjel/odsjek 91b imao je statistički značajno veće vrijednosti u odnosu na odjele/odsjeke 91d i 92c (tablica 3 i tablica 4).

**Tablica 4.** Deskriptivna statistika kemijskih parametra tla po odjelima/odsjecima.

Parametar tla	Deskriptivni pokazatelji	91d	91b	92c	52c	Ukupno
pH <sub>H2O</sub>	M	4,96	5,03	5,14	5,25	5,10
	CV%	4,21	5,09	6,69	5,70	5,83
pH <sub>CaCl2</sub>	M	3,90	3,97	4,10	4,29	4,06
	CV%	4,48	7,55	9,13	6,15	7,87
Δ pH	M	1,07	1,06	1,04	0,96	1,03
	CV%	6,78	8,91	6,68	13,12	9,86
C <sub>uk</sub> %	M	4,00	4,61	3,77	4,43	4,20
	CV%	14,87	34,79	22,03	20,34	25,82
N <sub>tot</sub> %	M	0,30	0,32	0,28	0,33	0,31
	CV%	18,04	35,44	19,07	21,49	25,09
C/N	M	13,45	14,73	13,43	13,65	13,81
	CV%	12,10	8,48	8,74	4,56	9,51

**Tablica 5.** Levenov test homogenosti varijance, ANOVA za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom.

Parametar tla	Levenov test homogenosti varijance				ANOVA i Kuskal-Wallisov test			
	MS	MS	F	p	SS	MS	F	p
pH <sub>H2O</sub>	0,030	0,032	0,941	0,4253	0,95	0,32	4,00	0,0106
pH <sub>CaCl2</sub>	0,064	0,037	1,755	0,1629	1,81	0,60	7,31	0,0002
Δ pH	0,009	0,004	2,390	0,0753	0,16	0,05	6,02	0,0010
C/N	1,475	0,593	2,486	0,0670	22,86	7,62	5,11	0,0028
K. prah	11,371	50,083	0,227	0,8773	643,12	214,37	1,99	0,1222
S. prah	37,628	33,179	1,134	0,3407	1669,79	556,60	7,62	0,0002
Glina	19,634	7,356	2,669	0,0535	1822,82	607,61	29,80	> 0,0001
C <sub>uk</sub> %	1,647	0,409	4,027	0,0103	H ( 3, N= 80) =6,521667 p =,0888			
N <sub>tot</sub> %	0,010	0,002	4,485	0,0059	H ( 3, N= 80) =4,403519 p =,2211			
K. pijesak	50,431	11,660	4,325	0,0072	H ( 3, N= 80) =42,92648 p > ,0001			
S. pijesak	9,699	0,818	11,855	> 0,0001	H ( 3, N= 80) =42,35315 p > ,0001			

## Morfometrijska analiza

### Deskriptivna statistika

Unutar tablice 6 navedeni su rezultati deskriptivne statistike za mjerene morfološke značajke plodova. Podaci su prikazani za svaki odjel/odsjek te ukupno za sve odjele/odsjeke zajedno. Svaka izmjerena morfološka značajka prikazana je pomoću aritmetičke sredine (M) i koeficijenta varijacije (CV%). Maksimalne vrijednosti prikazane su crvenom bojom, a minimalne zelenom.

#### Masa ploda (m)

Prosječna masa plodova za četiri istraživana odjela/odsjeka pitomog kestena iznosi 6,07 g (ukupni CV = 31,02 %). Koeficijenti varijabilnosti za masu plodova kreću se od 27,81 % za 52c do 32,15 % za 92c. Od istraživanih odjela/odsjeka prosječno najvećom masom plodova odlikuje se 52c, 6,80 g, dok prosječno najmanju masu plodova ima odjel/odsjek 91b, 5,40 g.

#### Visina ploda (h)

Prosječna visina ploda za sve istraživane odjele/odsjeke iznosi 23,50 mm (ukupni CV=10,13 %). Koeficijenti varijabilnosti za ovu značajku kreću se od 9,09 % za odjel/odsjek 92c do 10,60 % za odjel/odsjek 91d. Prosječno najveće dimenzije za navedenu značajku karakteriziraju odjel/odsjek 52c, 24,19 mm, a najmanje odjel/odsjek 2 91b, 22,19 mm.

#### Širina ploda (w)

Prosječno najveću širinu ploda ima odjel/odsjek 52c, 26,52 mm, a najmanju odjel/odsjek 91b, 24,46 mm. Najmanjom varijabilnošću odlikuje se odjel/odsjek 91b, CV = 11,56 %, a najvećom odjel/odsjek 91b, CV = 12,42 %. Prosječna širina ploda za ukupni uzorak iznosi 25,58 mm (ukupni CV = 12,28 %).

#### Debljina ploda (t)

Prosječna debljina ploda pitomoga kestena u istraživanim odjelima/odsjecima iznosi 15,45 mm (ukupni CV = 15,45 %). Isto kao i u prethodne tri značajke, najveću debljinu ploda ima odjel/odsjek 52c, 16,42 mm, a najmanju odjel/odsjek 91b, 14,89 mm. Najvarijabilniji plodovi karakterizirali su odjel/odsjek 91d, CV = 15,44 %, a najmanje varijabilni odjel/odsjek 52c, CV = 14,03 %.

#### Broj sjemenki (NS)

Prosječan broj sjemenki na istraživanom području iznosi 1,01, a prosječni koeficijent varijacije 8,34 %. Najvarijabilniji plodovi s obzirom na broj sjemenki karakterizirali su odjel/odsjek 91d, CV = 10,69 %, a najmanje varijabilni odjel/odsjek 92c, CV = 7,02 %.

## Broj ureza (NI)

Prosječan broj ureza na istraživanom području iznosi 1,88, a ukupni koeficijent varijacije 83,75 %. Najveći prosječni broj ureza zabilježen je u odjelu/odsjeku 92c, a najmanji u odjelu/odsjeku 91b. Najmanjom varijabilnošću odlikuje se odjel/odsjek 52c, CV = 77,93 %, a najvećom odjel/odsjek 91b, CV = 89,87%.

## Dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku (LI)

Najduži prosječni urez endokarpa u sjemenku ima odjel/odsjek 52c, 4,07, a najmanji odjel/odsjek 91b, 3,20. Najmanjom varijabilnošću odlikuje se odjel/odsjek 52c, CV = 60,36 %, a najvećom odjel/odsjek 91b, CV = 72,75 %. Prosječna dužina najdužeg ureza u endokarp na istraživanom području iznosi 3,67, a ukupni CV = 66,95 %.

**Tablica 6.** Rezultati deskriptivne statistike za morfološka obilježja plodova po odjelima/odsjecima. Analizirana morfološka obilježja: m–masa ploda; h–visina ploda; w–širina ploda; t–debljina ploda; NS–broj sjemenki; NI–broj ureza endokarpa u sjemenku; LI–dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku.

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	91d	91b	92c	52c	Ukupno
m (g)	M	6,02	5,40	6,05	6,80	6,07
	CV	30,56	29,04	32,15	27,81	31,02
h (mm)	M	23,82	22,19	23,82	24,19	23,50
	CV	10,60	9,09	9,15	9,32	10,13
w (mm)	M	25,60	24,46	25,73	26,52	25,58
	CV	12,03	11,56	12,42	11,70	12,28
t (mm)	M	15,22	14,89	15,25	16,42	15,45
	CV	15,44	15,36	15,24	14,03	15,45
NS	M	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
	CV	10,69	8,09	7,02	7,03	8,34
NI	M	1,97	1,65	2,00	1,90	1,88
	CV	84,50	89,87	82,02	77,93	83,75
LI	M	3,65	3,20	3,74	4,07	3,67
	CV	67,90	72,75	66,21	60,36	66,95

## Analiza varijance – ANOVA

Rezultati analize varijance za mjerene značajke plodova prikazani su u tablici 7. Crvenom bojom označene su statistički značajne *p* vrijednosti. Navedenom analizom je utvrđeno da se istraživani odjeli/odsjeci razlikuju za četiri istraživane značajke: masa ploda (m), visina ploda (h), širina ploda (w) i debljina ploda (t). Stabala unutar odjela/odsjeka statistički značajno su se razlikovala za sve istraživane značajke, osim za broj sjemenki po plodu. Za značajke broj sjemenki po plodu (NS), broj ureza endokarpa u sjemenku (NI) i dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku (LI) nisu

utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih odjela/odsjeka. Varijabilnost plodova između odjela/odsjeka bila je manja u odnosu na varijabilnost stabala unutar odjela/odsjeka. Komponenta ostatka koja se odnosi na varijabilnost plodova unutar stabala kretala se je od 42,00 do 99,65 %.

**Tablica 7.** Rezultati analize varijance za morfološka obilježja plodova. Analizirana morfološka obilježja: m–masa ploda; h–visina ploda; w–širina ploda; t–debljina ploda; NS–broj sjemenki; NI–broj ureza endokarpa u sjemenku; LI–dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku.

Značajka	Sastavnice varijance	df	% Varijabilnost	F	p
m	Između odjela/odsjeka	3	6,54	3,65	0,016267
	Unutar odjela/odsjeka	76	47,89	32,53	0,000000
	Ostatak		45,57		
h	Između odjela/odsjeka	3	11,25	5,67	0,001467
	Unutar odjela/odsjeka	76	46,75	34,39	0,000000
	Ostatak		42,00		
w	Između odjela/odsjeka	3	4,77	2,98	0,036785
	Unutar odjela/odsjeka	76	46,68	29,85	0,000000
	Ostatak		48,55		
t	Između odjela/odsjeka	3	5,66	3,83	0,013030
	Unutar odjela/odsjeka	76	38,15	21,37	0,000000
	Ostatak		56,19		
NS	Između odjela/odsjeka	3	0,00	0,20	0,910013
	Unutar odjela/odsjeka	76	0,35	1,10	0,194197
	Ostatak		99,65		
NI	Između odjela/odsjeka	3	0,00	0,80	0,495392
	Unutar odjela/odsjeka	76	22,13	9,60	0,000000
	Ostatak		77,87		
LI	Između odjela/odsjeka	3	1,13	2,14	0,101996
	Unutar odjela/odsjeka	76	17,07	7,26	0,000000
	Ostatak		81,80		

## Kemijski sastav plodova

U tablici 8 prikazani su rezultati deskriptivne statistike i analize varijance za analizirani kemijski sastav plodova. Rezultati su u tablici prikazani na sirovu i suhu tvar, a u nastavku slijedi opis rezultata za masti, pepeo i škrob na sirovu tvar.

### Voda

Najveći prosječni udio vode ima odjel/odsjek 52c, 54,87 %, a najmanji odjel/odsjek 92c, 53,52 %. Najmanjom varijabilnošću odlikuje se odjel/odsjek 92c, CV = 3,41 %, a najvećom odjel/odsjek 91b, CV = 8,33%. Prosječni udio vode za sva četiri odjela/odsjeka zajedno iznosi 53,92 %, ukupni CV = 5,26 %.

### Masti

Najveći udio masti ima odjel/odsjek 52c, 1,04 g, a najmanji odjel/odsjek 91d, 0,93 %. Najmanjom varijabilnošću odlikuje se odjel/odsjek 91b, CV = 34,45 %, a najvećom odjel/odsjek 91d, CV = 47,14%. Prosječni udio masti za ukupno sva četiri odjela/odsjeka iznosi 1,01 % (ukupni CV = 38,33 %).

### Pepeo

Količina pepela u prosjeku za četiri odjela/odsjeka iznosi 1,36 %, ukupni CV = 14,28%. Najveći udio pepela ima odjel/odsjek 52c, 1,40 %, a najmanji odjel/odsjek 92c, 1,32 g. Najmanjom varijabilnošću odlikuje se odjel/odsjek 92c, CV = 9,81 %, a najvećom odjel/odsjek 52c, CV = 16,75%.

### Škrob

Najveći udio škroba ima odjel/odsjek 92c, 35,18 %, a najmanji odjel/odsjek 91d, 33,76 %. Najmanjom varijabilnošću odlikuje se odjel/odsjek 92c, CV = 5,16 %, a najvećom odjel/odsjek 92b, CV = 9,18%. Prosječni udio škroba za ukupno sva četiri odjela/odsjeka iznosi 34,52 %, a ukupni CV = 7,12 %.

**Tablica 8.** Rezultati deskriptivne statistike i analize varijance za kemijski sastav plodova po odjelima, na sirovu i suhu tvar (s.t.).

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	91d	91b	92c	52c	Ukupno	ANOVA	
% vode	M	54,87	53,58	53,52	53,72	53,92	F	1,00
	CV	3,59	8,33	3,41	4,19	5,26	p	0,397225
% masti	M	0,93	1,03	1,03	1,04	1,01	F	0,36
	CV	47,14	34,45	39,22	34,64	38,33	p	0,780171
% masti s.t.	M	2,04	2,18	2,23	2,23	2,17	F	0,25
	CV	46,21	28,10	38,51	33,48	36,32	p	0,863549
% pepela	M	1,36	1,36	1,32	1,40	1,36	F	0,60
	CV	15,25	14,39	9,81	16,75	14,28	p	0,619617
% pepela s.t.	M	3,04	2,97	2,84	3,02	2,97	F	0,65
	CV	18,52	19,74	11,47	16,71	16,92	p	0,583830
% škroba	M	33,76	34,20	35,18	34,96	34,52	F	1,46
	CV	6,76	9,18	5,16	6,65	7,12	p	0,232756
% škroba s.t.	M	74,84	73,86	75,75	75,51	74,99	F	0,77
	CV	6,01	7,28	5,28	3,81	5,69	p	0,511563

## Korelacijska analiza

Rezultati korelacijske analize između istraživanih morfoloških i kemijskih značajki plodova prikazani su u tablici 9. Signifikantne vrijednosti u tablici označene su crvenom bojom. Iz tablice 9 je vidljivo da su utvrđene visoke i statistički značajne pozitivne korelacije između mase ploda (m) i sljedećih morfoloških svojstava: visina ploda (h), širina ploda (w) i debljina ploda (t). Masa ploda (m) bila je i u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji s brojem ureza endokarpa u sjemenku (NI) i dužinom najdužeg ureza endokarpa u sjemenku (LI). Visina (h), širina (w) i debljina (t) ploda također su bile u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji. Isto tako, statistički značajna pozitivna korelacija utvrđena je između udjela vode i pepela. Značajke udjel vode i udjel škroba, zatim udjel masti i vode te pepela i škroba bile su u statistički značajnoj negativnoj korelaciji. Statistički značajne negativne korelacije između morfoloških svojstava ploda nisu utvrđene.

Rezultati korelacijske analize između istraživanih morfoloških i kemijskih značajki i pedoloških značajki prikazani su u tablici 10. Korelacijskom analizom utvrđena je pozitivna korelacija između dužine najdužeg ureza endokarpa u sjemenku i sljedećih pedoloških značajki: pH vrijednosti u vodi ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), pH vrijednost u vodenoj otopini kalcijeva klorida ( $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ), krupni pijesak i sitni pijesak. S druge strane, utvrđene su statistički značajne negativne korelacije između pH vrijednosti i mase ploda (m), visine ploda (h), širine (w) i debljine ploda (t). Statistički značajna negativna korelacija utvrđena je i između frakcije gline i mase (m) i debljine (t) ploda.



**Tablica 9.** Rezultati korelacijske analize istraživanih morfoloških i kemijskih značajki. Analizirana morfološka obilježja: m–masa ploda; h–visina ploda; w–širina ploda; t–debljina ploda; NS–broj sjemenki; NI–broj ureza endokarpa u sjemenku; LI–dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku.

Značajka	M	H	W	T	NS	NI	LI	voda	mast	pepeo	škrob
M		0,783	0,921	0,893	-0,065	0,361	0,476	-0,067	-0,110	0,057	0,082
H	0,783		0,766	0,610	-0,056	0,351	0,425	-0,001	-0,173	-0,021	0,062
W	0,921	0,766		0,853	-0,075	0,279	0,420	-0,019	-0,114	0,041	0,057
T	0,893	0,610	0,853		-0,082	0,231	0,388	-0,031	-0,120	0,087	0,030
NS	-0,065	-0,056	-0,075	-0,082		0,023	0,021	0,083	0,101	0,105	-0,085
NI	0,361	0,351	0,279	0,231	0,023		0,833	-0,133	0,092	-0,015	0,056
LI	0,476	0,425	0,420	0,388	0,021	0,833		-0,122	0,129	0,064	0,043
voda	-0,067	-0,001	-0,019	-0,031	0,083	-0,133	-0,122		-0,407	0,265	-0,602
mast	-0,110	-0,173	-0,114	-0,120	0,101	0,092	0,129	-0,407		-0,212	0,247
pepeo	0,057	-0,021	0,041	0,087	0,105	-0,015	0,064	0,265	-0,212		-0,358
škrob	0,082	0,062	0,057	0,030	-0,085	0,056	0,043	-0,602	0,247	-0,358	

**Tablica 10.** Rezultati korelacijske analize istraživanih morfoloških i kemijskih značajki s pedološkim značajkama. Analizirana morfološka obilježja: m–masa ploda; h–visina ploda; w–širina ploda; t–debljina ploda; NS–broj sjemenki; NI–broj ureza endokarpa u sjemenku; LI–dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku.

Značajka	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>CaCl2</sub>	pH	Udio vode %	N <sub>tot</sub> %	C <sub>uk</sub> %	C/N	K. pijesak	S. pijesak	K. prah	S. prah	Glina
m	0,086	0,179	-0,311	0,113	0,076	0,046	-0,082	0,223	0,188	-0,028	-0,083	-0,234
h	0,044	0,141	-0,315	0,112	-0,053	-0,065	-0,075	0,163	0,098	-0,035	-0,028	-0,174
w	0,145	0,229	-0,296	0,109	0,009	-0,042	-0,133	0,172	0,122	0,036	-0,120	-0,179
t	0,149	0,248	-0,344	0,120	0,172	0,131	-0,122	0,285	0,228	-0,022	-0,164	-0,231
NS	0,097	0,041	0,152	0,007	0,051	0,063	0,040	-0,011	-0,114	0,035	0,035	-0,036
NI	0,135	0,136	-0,035	0,023	-0,098	-0,166	-0,179	0,124	0,123	-0,139	0,011	-0,025
LI	0,243	0,265	-0,123	0,040	-0,060	-0,132	-0,190	0,277	0,293	-0,157	-0,059	-0,187
voda	-0,117	-0,068	-0,130	0,030	0,161	0,176	0,029	-0,045	-0,045	0,029	0,006	0,029
mast	-0,043	-0,033	-0,023	-0,030	-0,061	-0,062	0,018	0,044	0,051	-0,008	-0,000	-0,073
pepeo	0,061	0,077	-0,065	0,080	0,224	0,191	-0,053	0,107	0,060	0,101	-0,132	-0,148
škrob	0,072	0,026	0,130	-0,081	-0,231	-0,182	0,070	0,036	0,080	-0,040	0,044	-0,090

## RASPRAVA

Ovim istraživanjem obuhvaćena su četiri odjela/odsjeka pitomoga kestena u gospodarskoj jedinici „Šamarica I“, UŠP Sisak, Šumarija Hrvatska Kostajnica. U svakom odjelu/odsjeku ispod 20 stabala prikupljeno je 100 plodova i kompozitni uzorak tla.

Mjereno je sedam morfoloških značajka plodova (masa, visina, širina i debljina ploda, broj sjemenki, broj ureza i dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku), a na uzorcima tla određeno je pet kemijskih značajka ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ,  $\Delta \text{pH}$ , C/N,  $\text{C}_{\text{org}}$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ) kao i granulometrijski sastav tla na temelju kojeg je određena tekstura tla.

U istraživanim odjelima/odsjecima utvrđena je tekstura tla u rasponu praškaste ilovače u odjelu/odsjeku 52c do praškasto glinaste ilovače u ostalim odjelima/odsjecima (91b, 91d i 92c). Queijeiro (2000) navodi da kesten u Španjolskoj uspijeva na tlima teksture od pjeskovite ilovače do praškaste ilovače, što je potvrđeno i u ovom istraživanju. Također Glavaš (2004) i Beljan (2008) navode da kesten traži ocjedita, propusna i rahla tla, zbog čega mu prema mehaničkom sastavu najviše odgovara pjeskovita ilovača, dok su najnepovoljnija glinasta tla.

Raspon pH-vrijednosti pokazuje statistički značajne razlike između odjela/odsjeka 52c u zajednici *Aposeri foetidae-Castanetum sativae* gdje su veće pH-vrijednosti u odnosu na ostala tri odjela/odsjeka (91b, 91d i 92c) u zajednici *Quercu-Castanetum sativae*. U zajednici *Aposeri foetidae-Castanetum sativae* pH-vrijednost tla u vodi iznosi 5,25, a pH- vrijednost u  $\text{CaCl}_2$  iznosi 4,29, dok je u ostalim odjelima/odsjecima pH-vrijednost niža u prosjeku za 0,2 jedinice u obje otopine. Prema Schefferu i Schachtschabelu (Blume i dr. 2010) reakcija tla se kreće u rasponu od vrlo jako kiselo (91b i 91d) do jako kiselo (92c i 52c). Identični rasponi pH-vrijednosti tla utvrđeni su u kestenovim populacijama na području Medvednice (Puček 2020). Razlika pH vrijednosti ( $\Delta \text{pH}$ ) u istraživanim populacijama se kreće u rasponu od 0,96 do 1,07. Prema istraživanjima (Kerr i Evans 1993) pitomi kesten dolazi na tlima pH-vrijednosti u rasponu od 4,0 do 4,5, dok Bouergeois i dr. (2004) navode da je u kestenovim zajednicama pH-vrijednost oko 5,5. Queijeiro i dr. (2000) proučavajući tla površ kestenovih sastojina u Španjolskoj utvrđuju da su većina tala eutrični kambisoli razvijeni iznad metamorfnih stijena (filiti, škriljci), a rjeđe kristaliziranih minerala (muskovit, granit). Tla su kisela, s relativno visokim sadržajem organske tvari, a malom sposobnošću izmjene kationa (s dominacijom Al). Vukelić i dr. (2008) ističu da je obilježje tala u zajednici *Quercu-Castanetum sativae* jaka podzoliranost i jaka do osrednja kiselost, dok Martinović (2003) navodi da se pH-vrijednost tla u vodi kreće u rasponu od 4,0 do 5,9 te da ne prelazi 6.

Prosječne vrijednosti organskog ugljika u površinskom sloju tla kreću se u rasponu od 3,77 do 4,61, a prosječne vrijednosti dušika od 0,28 do 0,33 %. Slične vrijednosti su utvrđene i u kestenovim populacijama na području Medvednice gdje su se prosječne vrijednosti organskog ugljika kretale u rasponu od 3,74 do 6,58 %, a totalnog dušika u rasponu od 0,24 do 0,45 % (Puček 2020). C/N odnosi u ovom istraživanju kretali su se u rasponu od 1:13 do 1:15 što ukazuje na povoljnu razgradnju organske tvari (Batjes 1996), jer je prema (Swift i dr. 1979) spora dekompozicija procesa u tlu gdje je C/N odnos veći od 25.

Od istraživana četiri odjela/odsjeka s obzirom na značajke tla izdvaja se odjel/odsjek 52c u zajednici *Aposeri foetidae-Castanetum sativae* s većom pH-vrijednošću tla u odnosu na ostale odjele/odsjeke, kao i drugačijom teksturnom oznakom tla (veći udjel frakcije pijeska i manji gline).

Provedenim istraživanjem utvrđena je značajna varijabilnost morfoloških svojstava plodova na materijalu iz četiri istraživana odjela/odsjeka pitomoga kestena na području UŠP Sisak, gospodarske jedinice Šamarica I u sklopu Šumarije Hrvatska Kostajnica. Prema rezultatima deskriptivne statističke analize utvrđena je najveća varijabilnost s obzirom na masu plodova (m) te visinu ploda (h). Najmanji stupanj varijabilnosti zabilježen je za svojstvo broj sjemenki (NS). Širina (w) i debljina (t) ploda su varijable koje su se pokazale srednje varijabilnima. Do istih rezultata dolaze i drugi autori istražujući populacije pitomoga kestena u Hrvatskoj (Idžojtić i dr. 2009; Poljak i dr. 2012, 2022), Sloveniji (Solar i dr. 2005) i Češkoj (Bolvanský i Užík 2005).

Plodovi pitomog kestena u istraživanim populacijama prosječno su 23,5 mm dugački, 25,58 mm široki te 15,45 mm debeli, što ulazi u raspon opisan u literaturi (Idžojtić 2013). Ipak, navedene dimenzije nešto su manje u odnosu na ranije dobivene podatke za prirodne populacije na području kontinentalne Hrvatske. Prema Idžojtić i dr. (2009), prosječna dužina plodova je 25,3 mm, širina 27,0 mm, a debljina 17,0 mm. Slične rezultate dobivaju i Poljak i dr. (2012), koji navode dimenzije za dužinu, širinu i debljinu od 25,74 mm, 27,97 mm i 17,44 mm. U usporedbi s dimenzijama plodova iz prirodnih populacija iz Turske (Ertan 2007), plodovi analizirani ovom istraživanju prosječno su 9,3 mm kraći, 12,62 mm uži i 5,75 mm tanji. S druge strane, prirodne populacije iz Bosne i Hercegovine (Mujić i dr. 2010) i Grčke (Aravanopoulos i dr. 2001) pokazuju manje dimenzije plodova od onih dobivenih u ovom istraživanju.

Plodovi pitomog kestena su jedni od najpoznatijih orašastih plodova što potvrđuje sve veća potražnja na tržištima mnogih europskih zemalja (Borges i dr. 2008; de Vasconcelos i dr. 2010). Sve više autora ističe vrijednost orašastih plodova u ljudskoj prehrani (Blomhoff i dr. 2006), među kojima se posebice ističu plodovi pitomog kestena koji za razliku od ostalih orašastih plodova sadrže velike količine vode i škroba te manje količine masti i ulja te zbog takvog sastava imaju visoku nutricionističku vrijednost (Poljak 2014; Poljak i dr. 2016, 2021). U ovom istraživanju potvrđeno je da plodovi pitomog kestena imaju mali udio masti i visok udio škroba. Istraživanjem nisu utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih odjela/odsjeka što može biti posljedica slične genetičke raznolikosti subpopulacija pitomog kestena na području Banije, odnosno istog porijekla stabala koja su uključena u istraživanje.

Ovim istraživanjem utvrđeno je da plodovi pitomog kestena sadrže prosječno 53,92 % vode, 2,23 % masti na suhu tvar, 2,97 % pepela na suhu tvar te 74,99 % škroba na suhu tvar. Takvi rezultati su u skladu s ranije potvrđenim vrijednostima za hrvatske populacije (Poljak i dr. 2022), gdje je prosječan udio vode iznosio 57,57 %, masti 2,86 % te pepela 3,06 %. Udio vode, pepela i masti u skladu je i sa rezultatima iz drugih europskih zemalja (Pereira-Lorenzo i dr. 2006; De Vasconcelos i dr. 2007), međutim, udio škroba znatno odstupa od ranije dobivenih vrijednosti koje su se kretale od 42,2 do 66,5 %. Naši rezultati potvrđuju da plodovi

pitomog kestena sadrže visok udio ugljikohidrata i mali udio masti, po čemu se razlikuju od drugih orašastih plodova poput oraha, lješnjaka i badema.

Korelacijskom analizom utvrđeno je da morfološka svojstva plodova pitomog kestena slabo koreliraju s pedološkim svojstvima tla. Utvrđeno je da pH tla statistički značajno, negativno utječe na dio morfoloških svojstava plodova, dok granulometrijski sastav tla najviše utječe na debljinu ploda. Kemijski sastav plodova gotovo uopće ne korelira s pedološkim značajkama tla. Jedina korelacija utvrđena je između značajke  $N_{\text{tot}}$  % i značajki %pepela (pozitivno) i %škroba (negativno). Iako rezultati ovoga istraživanja upućuju na činjenicu da kemijski sastav tla može utjecati na morfologiju i kemiju plodova pitomoga kestena istraživanja je potrebno proširiti na veći broj uzoraka na različitim staništima. Zanimljivo, istraživanjem nisu utvrđene nikakve korelacije između morfologije i kemije plodova.

## ZAKLJUČCI

Na temelju analiziranih pedoloških značajki te morfoloških i kemijskih značajki plodova pitomoga kestena u četiri istraživana odjela/odsjeka na području Šumarije Hrvatska Kostajnica, proizlaze sljedeći zaključci:

1. Na istraživanim odjelima/odsjecima tekstura tla je u rasponu od praškaste ilovače do praškaste glinaste ilovače;
2. pH-vrijednost u H<sub>2</sub>O kreće se u rasponu od 4,96 do 5,25, a u CaCl<sub>2</sub> u rasponu od 3,90 do 4,29, zbog čega istraživana tla ubrajamo u vrlo jako do jako kisela tla;
3. Od istraživana četiri odjela/odsjeka s obzirom na značajke tla izdvaja se odjel/odsjek u zajednici *Aposeri foetidae-Castanetum sativae* s većom pH-vrijednošću tla u odnosu na ostale odjele kao i drugačijom teksturnom oznakom tla (veći udjel frakcije pijeska i manji gline);
4. Morfološke karakteristike plodova u skladu su s ranije potvrđenim vrijednostima;
5. Najmanja varijabilnost utvrđena je za broj sjemenki, dok su najvarijabilnije značajke broj ureza i dužina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku;
6. Unutar odjela/odsjeka, utvrđene su statistički značajne razlike za sve značajke osim za broj sjemenki;
7. Unutarpopulacijska varijabilnost značajno je veća u odnosu na međupopulacijsku varijabilnost;
8. Kemijski sastav plodova u skladu je s dosadašnjim istraživanjima, osim udjela škroba, koji pokazuje nešto veće vrijednosti;
9. Nisu utvrđene značajne korelacije između morfoloških i kemijskih značajki plodova pitomog kestena;
10. Od pedoloških značajki tla, na morfološke karakteristike plodova najviše utječe pH-vrijednost tla;
11. Granulometrijski sastav tla ne utječe na kemijski sastav plodova;
12. Nije utvrđen utjecaj načina gospodarenja na morfološka i kemijska svojstva plodova pitomog kestena.

## LITERATURA

- Adams, D. C., Rholff, F. J., Slice, D. E., 2004: Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *It. J. Zool.*, 71: 5-16. Doi: 10.1080/11250000409356545.
- Anić, I., 2009: Obnova šuma oplodnim sječama na malim površinama, Seminar Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije Zagreb, Hrvatska.
- Anić, M., 1940: Pitomi kesten u Zagrebačkoj gori. *Glasnik za šumske pokuse*, 7: 103 – 312.
- Anić, M., 1941: Čuvajmo i gajimo pitomi kesten. *Ibid.*, s. 5.
- Anić, M., 1953: Pitomi kesten na Cresu, *Glas. šum. pokuse*, 11: 321–356.
- Anić, M., 1942: O rasprostranjenosti evropskog pitomog kestena s naročitim obzirom na Hrvatsku i susjedne zemlje. Zagreb 1942., s. 1-143
- AOAC International (1995): Nuts and nut products—Ash of nuts and nut products. U: *AOAC Official Method 950.49*; AOAC International: Washington, DC, SAD.
- AOAC International (1995): Nuts and nut products—Moisture in nuts and nut products. U: *AOAC Official Method 925.40*; AOAC International: Washington, DC, SAD.
- AOAC International (2000): Nuts and nut products—Fat (crude) in nuts and nut products. U: *AOAC Official Method 948.22*; AOAC International: Washington, DC, SAD.
- Aravanopoulos, F. A., 2001: Electrophoretic and quantitative variation in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Hellenic populations in old-growth natural and coppice stands. *For. Snow Landsc. Res.*, 76(3): 429-434.
- Batjes, N. H., 1996: Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47: 151-163. Doi: 10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.
- Beljan, K., 2008: Šumskouzgojna svojstva pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.). Diplomski rad. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, 19 str.
- Blomhoff, R., Carlsen, M. H., Andersen, L. F., Jacobs, D. R. 2006: Health benefits of nuts: potential role of antioxidants. *Brit. J. Nut.*, 96(2): 52–60.
- Blume, H. P., Brümmer, G. W., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kökel-Knabner, I., Kretzschmar, R.; Stahr, K., Wilke, B.-M., 2010: Scheffer/Schachtschabel Soil Science, Springer, Berlin Heidelberg, Njemačka.
- Bolvanský, M., Užík, M., 2005: Morphometric variation and differentiation of European chestnut (*Castanea sativa*) in Slovakia, *Biologia (Bratislava)*, 60(4): 423–429.
- Bookstein, F. L., 1991: Morphometric tools for landmark data geometric and biology. Cambridge University, Cambridge.



- Borges, O., Gonçalves, B., Soeiro de Carvalho, J. L., Correia, P., Silva, A. P., 2008: Nutritional quality of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars from Portugal. Food Chem. 106: 976-984. Doi: 10.1016/j.foodchem.2007.07.011.
- Bourgeois, C., Sevrin, E., Lemaire, J., 2004. The chestnut tree and wood. 2nd revised Edn., Institut pour le Developpement Forestier, Paris.
- Brus, R., Ballian, D., Bogunić, F., Bobinac, M., Idžojić, M., 2011a: Leaflet morphometric variation of service tree (*Sorbus domestica* L.) in the Balkan Peninsula. Plant Biosyst. 145: 278-285. Doi: 10.1080/11263504.2010.549660.
- Brus, R., Ballian, D., Zhelev, P., Pandža, M., Bobinac, M., Acevski, J., Raftoyannis, Y., Jarni, K., 2011b: Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan Peninsula. Eur. J. Forest Res., 130: 657-670. Doi: 10.1007/s10342-010-0457-1.
- Conedera, M., Krebs, P., Tinner, W., Prandella, M., Torriani, D., 2004b: The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. Veg. Hist. Archaeobot., 13: 161–179.
- Conedera, M., Manetti, M.C., Giudici, F., Amorini, E., 2004a: Distribution and economic potential of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe, Ecol. Medit., 30: 179–193.
- Conedera, M., Tinner, W., Krebs, P., de Rigo, D., Caudullo, G., 2016: *Castanea sativa* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. U: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.): European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU: Luxembourg, pp. 78–79.
- Ćirić, M. 1984: Pedologija. Svjetlost, Sarajevo, 311 p
- De Vasconcelos, M. C. B. M., Bennett, R. N., Rosa, E. A. S., Ferreira-Cardoso, J. V., 2010: Composition of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and association with health effects: fresh and processed products. J. Sci. Food Agr., 90: 1578-1589. Doi: 10.1002/jsfa.4016.
- De Vasconcelos, M. C. B. M., Bennett, R. N., Rosa, E. A. S., Ferreira-Cardoso, J. V., 2007: Primary and secondary metabolite composition of kernels from three cultivars of Portuguese chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at different stages of industrial transformation. J. Agric. Food Chem. 55(9): 3508-3516. Doi: 10.1021/jf0629080.
- Ertan, E., 2007: Variability in leaf and fruit morphology and in fruit composition of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) in the Nazilli region of Turkey. Gen. Res. Crop Evol. 54: 691-699. Doi: 10.1007/s10722-006-0020-6.
- Fernández-López, J., Alía, R., 2003: Technical Guidelines for genetic conservation and use for chestnut (*Castanea sativa* Mill.), EUFORGEN International Plant Genetic Resources Institute, 6 str., Rim.
- Glavaš, M., 2004: Pitomi kesten i njegova bolest (*Castanea sativa* Mill.), Glasnik Zaštite Bilja, Vol 27 No. 6.

- Gondard, H., Romane, F., Santa Regina, I., Leonardi, S., 2006: Forest management and plant species diversity in chestnut stands of three Mediterranean areas, *Biodiversity and Conservation*, 15: 1129-1142.
- Hegi, G., 1981: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, izdanje 3, P. Parey, München: Verlag von J. F. Lehmann, 898 str.
- Herman, J., 1971: *Šumarska Dendrologija*; Stanbiro: Zagreb, Croatia, p. 470.
- Horvat, I., 1938: Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj, *Glas. šum. pokuse* 6, Zagreb, 127-279.
- Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Uprava šuma Podružnica Sisak, Šumarija Hrvatska Kostajnica;  
Osnova gospodarenja za gospodarsku jedinicu „Šamarica I“, važnost 1. 1. 2011. do 31.12.2020. godine
- Idžojić, M., 2005: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 256 str.
- Idžojić, M., 2013: *Dendrologija – Cvijet, češer, plod, sjeme*. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 672 str.
- Idžojić, M., Zebec, M., Poljak, I., Medak, J., 2009: Variation of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations in Croatia according to the morphology of fruits, *Sauteria*, 18: 323–333.
- Idžojić, M., Zebec, M., Poljak, I., Medak, J., Tutić, B., 2010: Slijedeći tragove pitomog kestena (*Castanea* spp.) – uzgoj i kultura, folklori povijest, tradicija i korištenje. Š. L. 5-6, str.294
- ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Genève
- ISO 10694, 1995: Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). ISO, Genève.
- ISO 11277, 2009: Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. ISO, Genève
- ISO 11464, 1994: Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO, Genève
- ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Genève
- Kerr, G., Evans J., 1993: *Growing broadleaves for timber*, Britain, United Kingdom.
- Krauze-Michalska, E., Boratyńska, K., 2013: European geography of *Alnus incana* leaf variation. *Plant Biosyst.* 147(3): 601-610. Doi: 10.1080/11263504.2012.753131.

- Krüssmann, G., 1962: Handbuch der Laubgehölze, Opseg 2, P. Parey, Sveučilište u Minnesoti, 608 str.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer Verlag, 283 str., New York.
- Medak, J., 2004: Fitocenološke značajke šuma pitomog kestena u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb.
- Medak, J., 2009: Šumske zajednice i staništa pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Medak, J., 2011: Šume pitomog kestena s prasećim zeljem (*Aposeri foetidae-Castanetum sativae* ass. nova) u Hrvatskoj, Diplomski rad. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, 23. str.
- Miljković, D., Stefanović, M., Orlović, S., Stanković Neđić, M., Kesić, L., Stojnić, S., 2019: Wild cherry (*Prunus avium* (L.) L.) leaf shape and size variations in natural populations at different elevations. Alp. Bot. 129: 163-174. Doi: 10.1007/s00035-019-00227-1.
- Mujić, I., Alibabić, V., Živković, J., Jahić, S., Jokić, S., Prgomet, Ž., Tuzlak, Z., 2010: Morphological characteristics of chestnut *Castanea sativa* from the area of Una-Sana Canton, JCEA, 11(2): 185–190.
- Novak-Agbaba, S., Liović, B., Pernek, M., 2000: Prikaz sastojina pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj i zastupljenost hipovirulentnih sojeva gljive *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr., Radovi Šumarskog instituta, 35 (1): 91–110.
- Paridari, I. C., Jalali, S. G., Sonboli, A., Zarafshar, M., Bruschi, P. Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran). J. For. Res., 24(2): 301-307. Doi: 10.1007/s11676-013-0353-x.
- Pereira-Lorenzo, S., Díaz-Hernández, M. B., Ramos-Cabrera, A., 2006: Use of highly discriminating morphological characters and isozymes in the study of Spanish chestnut cultivars. J. Am. Soc. Hortic., 131: 770–779.
- Pernar, N., 2017: Tlo nastanak, značajke, gospodarenje; Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Pernar, N., D. Bakšić, I. Perković, 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu; Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Hrvatske šume, Zagreb.
- Podjavoršek, A., Štampar, F., Solar, A., Batič, F., 1999: Morphological variation in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruits in Slovenia, Acta Hortic., 494: 129-132.
- Poljak, I., 2014: Morfološka i genetska raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj, doktorska disertacija, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb

- Poljak, I., Idžojić, M., Zebec, M., 2014: Leaf morphology of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) - a Methodological Approach, *Acta Horti*, 1043: 211-218.
- Poljak, I., Idžojić, M., Zebec, M., Perković, N., 2012: Varijabilnost europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području sjeverozapadne Hrvatske prema morfološkim obilježjima plodova, *Šumarski List*, 136, 9-10; 479-489.
- Poljak, I., Vahčić, N., Gačić, M., Idžojić, M., 2016: Morphological characterization and chemical composition of fruits of the traditional Croatian chestnut variety 'Lovran Marron', *Food Technol. Biotechnol.*, 54(2): 189–199.
- Poljak, I., Idžojić, M., Šatović, Z., Ježić, M., Ćurković-Perica, M., Simovski, B., Acevski, J., Liber, Z., 2017: Genetic diversity of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Central Europe and the western part of the Balkan Peninsula and evidence of marron genotype introgression into wild populations, *Tree Genetics & Genomes*, 13, 18. <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1107-2>
- Poljak, I., Vahčić, N., Liber, Z., Šatović, Z., Idžojić, M., 2022: Morphological and chemical variation of wild sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations. *Forests*, 13, 55. Doi: 10.3390/f13010055.
- Poljak, I., Vahčić, N., Liber, Z., Tumpa, K., Pintar, V., Zegnal, I., Vidaković, A., Valković, B., Kajba, D., Idžojić, M., 2021: Morphological and chemical diversity and antioxidant capacity of the service tree (*Sorbus domestica* L.) fruits from two eco-geographical regions. *Plants*, 10, 1691.
- Potočić, Z., 1980: Šumarska enciklopedija, 2. izdanje, Zagreb, JLZ, 727; 730; 681 str.
- Puček, M., 2020: Utjecaj značajki tla na morfološke karakteristike ploda pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području Medvednice, Diplomski rad. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, 46. str.
- Queijeiro, J. M., Diaz-Raviña, M., de la Montaña, J., 2000: Edaphic characterization of chestnut tree orchards in Monterrei (Southeast Galicia, Spain). *Ecologia Mediterranea*, 26: 163-167.
- Rauš Đ., 1976: Šumarska fitocenologija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, 142-143, 189-190, 214-216 str.
- Rohlf, F. J., 1998: NTSyS-p.c. Numerical taxonomy and multivariate analysis system (Version 2.0). Exeter Software Publishers Ltd., Setauket.
- Rohlf, F. J., Marcus, L. F., 1993: A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(4): 129-132. Doi: 10.1016/0169-5347(93)90024-J.
- Rubio, A., Gavilán, R., Escudero, A., 1999: Are soil characteristics and understorey composition controlled by forest management? *Management*, 113: 191-200. Doi: 10.1016/S0378-1127(98)00425-3.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 1989: *Biometry*, Freeman and Co., 887 str., San Francisco

- Solar, A., Podjavoršek, A., Osterc, G., Štampar, F., 2001: Evaluation and comparison of domestic chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations in Slovenia, For. Snow Landsc. Res., 76 (3): 455-459.
- Solar, A., Podjavoršek, A., Štampar, F., 2005: Phenotypic and genotypic diversity of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Slovenia – opportunity for genetic improvement, Genet. Resour. Crop Evol., 52: 391–394.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Sučić, J., 1953: O arealu pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području Srebrenice, sa kratkim osvrtom kratka nalazišta kestena u NR BiH, Institut za naučna šumarska istraživanja u Sarajevu.
- Swift, M. J., Heal, O. W., Anderson, J. M., 1979: Decomposition in terrestrial ecosystems. University of California Press, Berkeley.
- Trinajstić, I., 1974: Analitička flora Jugoslavije. Svezak I (3), 421-496 str, Zagreb.
- Valero Galván, J. Jorrin Novo, J. J., Gomez Cabrera, A., Ariza, D., Garcia-Olmo, J. Navarro Cerrillo, R. M., 2012: Population variability based on the morphometry and chemical composition of the acorn in holm oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota* [Desf.] Samp.) Eur. J. Forest Res. 131: 893-904.
- Villani, F., Benedettelli, S., Paciucci, M., 1991: Genetic variation and differentiation between natural populations of chestnut. (*Castanea sativa* Mill.) from Italy. U: Fineschi, S., Malvolti, M. E., Cannata, F., Hattermer, H. H., (Eds.): Biochemical markers in the population genetics of forest trees. SPB Academic Publishing, The Hague, Nizozemska. pp. 91-103.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 403 str.
- Vukelić, J., Mikac, S., Baričević, D., Bakšić, D., Rosavec, R., 2008: Šumske zajednice i šumska staništa Hrvatske, državni zavod za zaštitu prirode Republike Hrvatske, Zagreb, 263 str.
- Zebec, M., Idžojić, M., Poljak, I., Modrić, I., 2015: Raznolikost gorskog brijesta (*Ulmus glabra* Huds.) na području Gorsko-Kotlinske Hrvatske prema morfološkim obilježjima listova. Šumarski list, 139: 429-438.
- Zebec, M., Idžojić, M., Poljak, I., 2014: Morfološka varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. *sensu latissimo*) na području kontinentalne Hrvatske. Šumarski list, 138: 563-571.
- Zebec, M., Idžojić, M., Poljak, I., Mihaldinec, I., 2010: Varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. *sensu latissimo*) na području Hrvatske podravine prema morfološkim svojstvima listova. Šumarski list, 134: 569-579.
- Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, H., 2012: Geometric morphometrics for biologists, Academic Press, Cambridge, Massachusetts, SAD.