

Sezonska varijabilnost plodova i utjecaj klimatskih promjena na prirodnu rasprostranjenost oskoruše (*Sorbus domestica* L.) u Hrvatskoj

Drvodelić, Damir; Oršanić, Milan; Poljak, Igor; Paulić, Vinko; Pintar, Valentino

Source / Izvornik: **Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti; Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, 2020, 37 - 48**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:351361>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Repository / Repozitorij:

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



UDK/UDC 630*164.7:111.83+181.1+176.1 Sorbus domestica
Izvorni znanstveni rad
Original scientific paper

DOI: 10.21857/mwo1vcj21y
Prispjelo/Received: 14. 2. 2019.
Prihvaćeno/Accepted: 2. 4. 2019.

SEZONSKA VARIJABILNOST PLODOVA I UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA PRIRODNU RASPROSTRANJENOST OSKORUŠE (*SORBUS DOMESTICA L.*) U HRVATSKOJ

SEASONAL VARIABILITY OF FRUITS AND THE IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON THE NATURAL DISTRIBUTION OF SERVICE TREE (*SORBUS DOMESTICA L.*) IN CROATIA

Damir Drvodelić, Milan Oršanić, Igor Poljak, Vinko Paulić, Valentino Pintar

Sažetak

Istražena je varijabilnost četiri populacije oskoruše (*Sorbus domestica L.*) iz kontinentalnoga i mediteranskoga područja Hrvatske. Ukupno su sakupljeni uzorci s 13 stabala, a sa svakoga stabla analizirano je po 30 plodova. Plodovi su analizirani tijekom pet godina. Istraživanjem je utvrđena morfološka diferencijacija između kontinentalne i mediteranske biogeografske regije. Kontinentalne populacije odlikovale su se dužim i širim plodovima u odnosu na mediteranske populacije. Navedenim analizama utvrđena je i sezonska varijabilnost plodova oskoruše u svim istraživanim populacijama. Osim toga, utvrđena je i značajna unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost. U ovom istraživanju analizirano je i sedam ekoloških čimbenika te su napravljena tri modela ekološke niše za oskorušu u Hrvatskoj. Godišnja količina padalina daje najveći doprinos modelu s 30%, zatim slijedi prosječna godišnja temperatura s 25% i godišnji raspon temperatura s 20% doprinosa. Prema dobivenom modelu pogodnosti staništa, najveća vjerojatnost pojavnosti oskoruše u Hrvatskoj jest pri prosječnoj godišnjoj temperaturi od 15 °C te godišnjoj količini padalina od 1.300 mm. Korišteni globalni klimatski model podrazumijeva povećanje koncentracije stakleničkih plinova unutar trenutnog areala oskoruše u Hrvatskoj, što će u 2070. godini rezultirati povećanjem prosječne godišnje temperature zraka za 2,2 °C i prosječne godišnje količine oborina za 17 mm. Naši rezultati upućuju na to da bi ove promjene mogle dovesti do povećanja ekološke niše oskoruše u Hrvatskoj za 26% u odnosu na sadašnje stanje.

Ključne riječi: oskoruša; sezonska varijabilnost; morfometrijska analiza; ekološko modeliranje; pogodnost staništa.

UVOD / INTRODUCTION

Oskoruša je rasprostranjena u južnoj i srednjoj Europi, sjevernoj Africi, na Krimu i u Maloj Aziji. Sjeverna granica rasprostranjenja u Europi nalazi se u južnoj Švicarskoj, u južnom Tirolu i u južnom dijelu Mađarske. Teško je odrediti točne granice prirodne rasprostranjenosti s obzirom na to da je od davnina sađena i supspontanost proširena. Težište je areala na Balkanskom i Apeninskom poluotoku te u južnoj Francuskoj (Herman 1971).

U Hrvatskoj je središte rasprostranjenosti oskoruše u eumediteranskoj zoni u zajednicama hrasta crnike i u submediteranskoj zoni u zajednici hrasta medunca i bijeloga graba. U kontinentalnom je dijelu rijetka, i to na suhim, izloženim položajima u zajednici hrasta medunca i crnoga graba. Također dolazi kultivirana, u voćnjacima, uz vinograde, putove i sl. (Matić i Vukelić 2001).

Prema Rotach (2003), ta vrsta u prirodnoj ekološkoj niši na siromašnim, suhim staništima naraste kao drvo srednje visine, odnosno visine 15 – 20 m. Na bogatim svježim tlima, tijekom ophodnje od 130 godina, oskoruša naraste u visinu od 30 m i doseže prsni promjer od 60 cm te preraste dimenzije hrasta.

Iako je oskoruša otporna na hladnoću i može podnijeti temperature i do -30 °C te je manje osjetljiva na kasni proljetni mraz nego hrast kitnjak, pogoduje joj topla i umjerena klima s duljim vegetacijskim periodom. U središnjoj Europi raste na toplim, južnim, prisojnim ekspozicijama ispod 650 m nadmorske visine, dok se u mediteranskoj regiji može pronaći i na većim nadmorskim visinama (1.400 m).

Oskoruša je heliofilna i kalcifilna vrsta koja zasjenu podnosi samo u ranoj mladosti. Unatoč dobrim prirastima, ima vrlo slabu sposobnost kompeticije. Ne uspijeva u gustom sklopu i nikad se ne uspije izboriti za dominantan položaj u sastojini. Po nekoliko stabala oskoruše obično raste u smjesi s vrstama manje sposobnosti kompeticije. Vrlo dobro podnosi sušu kao i hrast medunac te pronalazi ekološke niše na toplim, suhim do ekstremno suhim, siromašnim i plitkim tlima. Kao rezultat antropogenog djelovanja, možemo je pronaći u panjačama i bivšim panjačama na tipičnim šumskim staništima ili na drugim položajima koji joj odgovaraju poput rubova šuma ili na velikim nagibima. Općenito gledano, ekološki zahtjevi oskoruše vrlo su bliski ili jednaki uvjetima za uspijevanje vinove loze.

Idžojić i Drvodelić (2005) ističu da oskoruša raste sporo (osim u mladosti), a doživi starost 200 – 300 (500) godina. Preferira toplu i blagu klimu. Nema posebne zahtjeve u vezi s tlom, ali najbolje uspijeva na dubokim i plodnim tlima. Dobro podnosi sušu (slično kao medunac), a osjetljiva je na kasne proljetne mrazove (nešto manje nego kitnjak). Pionirska je vrsta sa širokom ekološkom valencijom.

Oskoruša je od davnina vrlo važna plemenita listača koja se uzgajala zbog plodova i kvalitetnoga drva (Müller-Kroehling i Franz 1999, Rudow 2001, 2009, Idžojić i Drvodelić 2005). Prema Drvodeliću i dr. (2015), zbog ograničene količine, cijena 1 m³

drva oskoruše na europskom tržištu doseže i do 6.000 eura. Osim toga, oskoruša ima i značajnu ukrasnu i ljekovitu vrijednost, a plodovi se koriste umedeni, za žele, kom-pote, marmelade i sl. Od plodova se rade i skupocjena alkoholna pića, kao što su raki-je i voćna vina. Osim toga, sušeni plodovi koriste se za pripremu uvaraka i oparaka.

Prema obliku i veličini plodova, razlikuju se dvije forme: jabučasta (f. *maliformis* /Kirchn. et. J.Eichler/ Hegi) i kruškolika (f. *domestica*).

Ciljevi ovog istraživanja bili su: (1) utvrditi sezonsku varijabilnost plodova osko-ruše; (2) utvrditi raznolikost i strukturiranost populacija; i (3) istražiti utjecaj klimat-skih promjena na prirodnu rasprostranjenost oskoruše.

MATERIJALI I METODE / MATERIAL AND METHODS

U istraživanje su uključene četiri populacije oskoruše, dvije iz mediteranskoga (Rab i Novi Vinodolski) i dvije iz kontinentalnoga (Ogulin i Nova Kapela) područja Hrvatske. Ukupno su sakupljeni uzorci s 13 stabala, a sa svakoga stabla analizirano je po 30 plodova. Plodovi su analizirani tijekom pet godina, 2003. – 2007. godine. Točnost mjerenja iznosila je 0,1 mm, a za svaki plod izmjerene su sljedeće značajke: dužina i širina ploda.

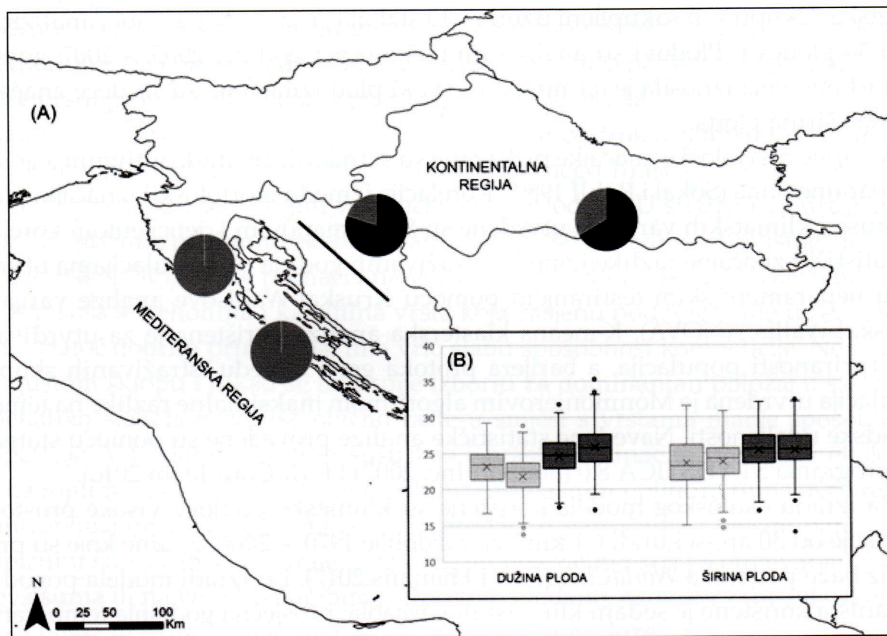
Mjerene morfološke značajke prikazane su standardnim deskriptivnim statistič-kim parametrima (Sokal i Rohlf 1989). Korelacije između morfoloških značajki ploda oskoruše i klimatskih varijabla utvrđene su Spearmanovim koeficijentom korelaci-je. Statistički značajne razlike između istraživanih godina po populacijama utvrđe-ne su neparametrijskim testiranjem pomoću Kruskal-Wallisove analize varijance (Kruskal-Wallis ANOVA). K-means klusterska analiza korištena je za utvrđivanje strukturiranosti populacija, a barijera protoka gena između istraživanih skupina populacija utvrđena je Monmonierovim algoritmom maksimalne razlike na temelju euklidske udaljenosti. Navedene statističke analize provedene su pomoću statistič-kog programa STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc. 2007) i R (R Core Team 2016).

Za izradu ekološkog modela korištene su klimatske podloge visoke prostorne rezolucije od 30 arc-sekundi (~1 km²) za razdoblje 1970. – 2000. godine koje su preu-zete iz baze podataka *WorldClim* (Fick i Hijmans 2017). Pri izradi modela pogodno-sti staništa korišteno je sedam klimatskih varijabla: prosječna godišnja temperatura (BIO1), izotermija (BIO3), temperaturna sezonalnost (BIO4), godišnji raspon tempe-ratura (BIO7), srednja temperatura najvlažnijeg kvartala (BIO8), godišnja količina padalina (BIO12) i količina padalina najtoplijeg kvartala (BIO18). Podaci o pridola-sku oskoruše na području Republike Hrvatske preuzeti su iz gospodarskih osnova i baze podataka *Flora Croatica Database* (Nikolić 2018). Predviđene klimatske promjene za razdoblje 2041. – 2060. godine i 2061. – 2080. godine (Hijmans i dr. 2005) prikazane su kroz CCSM 4.0 model (Gent i dr. 2011), pri čemu je korišten scenarij RCP4.5 po-većanja koncentracije stakleničkih plinova (Peacock i dr. 2012). Za izradu ekološkog modela korišten je program *Maxent* (Phillips i dr. 2006, 2008, 2017).

REZULTATI / RESULTS

Rezultati provedene deskriptivne statističke analize prikazani su po populacijama na slici 1. Istraživanjem je utvrđena morfološka diferencijacija između kontinentalne i mediteranske biogeografske regije. Kontinentalne populacije odlikovale su se dužim i širim plodovima u odnosu na mediteranske populacije. Osim toga, na slici 1 prikazan je i geografski raspored istraživanih populacija, kao i barijera protoka gena između četiri istraživane populacije oskoruše.

U tablici 1 prikazani su rezultati univarijatne Kruskal-Wallisove analize varijance. Navedenim analizama utvrđena je sezonska varijabilnost plodova oskoruše u svim istraživanim populacijama. Jedino u slučaju plodova sakupljenih iz populacije Nova Kapela nisu postojale signifikantne razlike za značajku dužina ploda.



Slika 1. Lokacije uzorkovanja četiri populacije oskoruše. (A) Geografski raspored dvije skupine populacija na temelju klusterske metode *K-means* (udjeli porijekla svake populacije u svakom od definiranih klastera određeni su bojom: klaster A – siva, klaster B – crna); (B). Deskriptivna statistika; morfološka diferencijacija između mediteranske i kontinentalne biogeografske regije.

Figure 1 Sampling locations of four service tree populations, (A) Geographical distribution of two groups of populations on the basis of the *K-means* method (proportions of the origin of each population in each of the defined clusters were denoted with colours: cluster A – gray, cluster B – black); (B) Descriptive statistics; morphological differentiation between the Mediterranean and continental biogeographical regions.

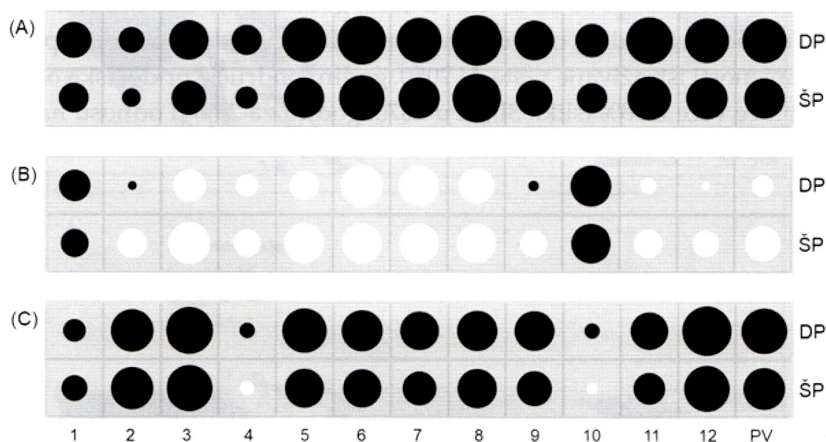
Tablica 1. Rezultati Kruskal-Wallisove analize varijance (Kruskal-Wallis ANOVA).

Table 1 Results of the Kruskal-Wallis analysis of variance (Kruskal-Wallis ANOVA).

Značajka Features	df	Test	Populacija/Population			
			Rab	Novi Vinodolski	Ogulin	Nova Kapela
Dužina ploda Length of the fruit	4	H	139,52***	145,96***	135,36***	25,87***
		χ^2	96,67***	157,05***	76,50***	7,82 ^{NS}
Širina ploda Width of the fruit	4	H	140,06***	119,38***	82,44***	35,77***
		χ^2	82,99***	112,18***	62,75***	24,30**

*** $P < 0,0001$; ** $0,0001 < P < 0,001$; * $0,001 < P < 0,01$; NS $P > 0,05$

Iz slike 2 vidljivo je kako su dužina i širina ploda oskoruše u negativnoj korelaciji s temperaturom zraka u svim mjesecima, a posebno u svibnju, lipnju, srpnju i kolovozu te u studenom i prosincu. Za razliku od toga, oborine su u pozitivnoj korelaciji s dužinom i širinom ploda. Negativna korelacija između dužine i širine plodova i oborina utvrđena je za listopad. Trajanje sijanja sunca u negativnoj je korelaciji s dužinom i širinom ploda.



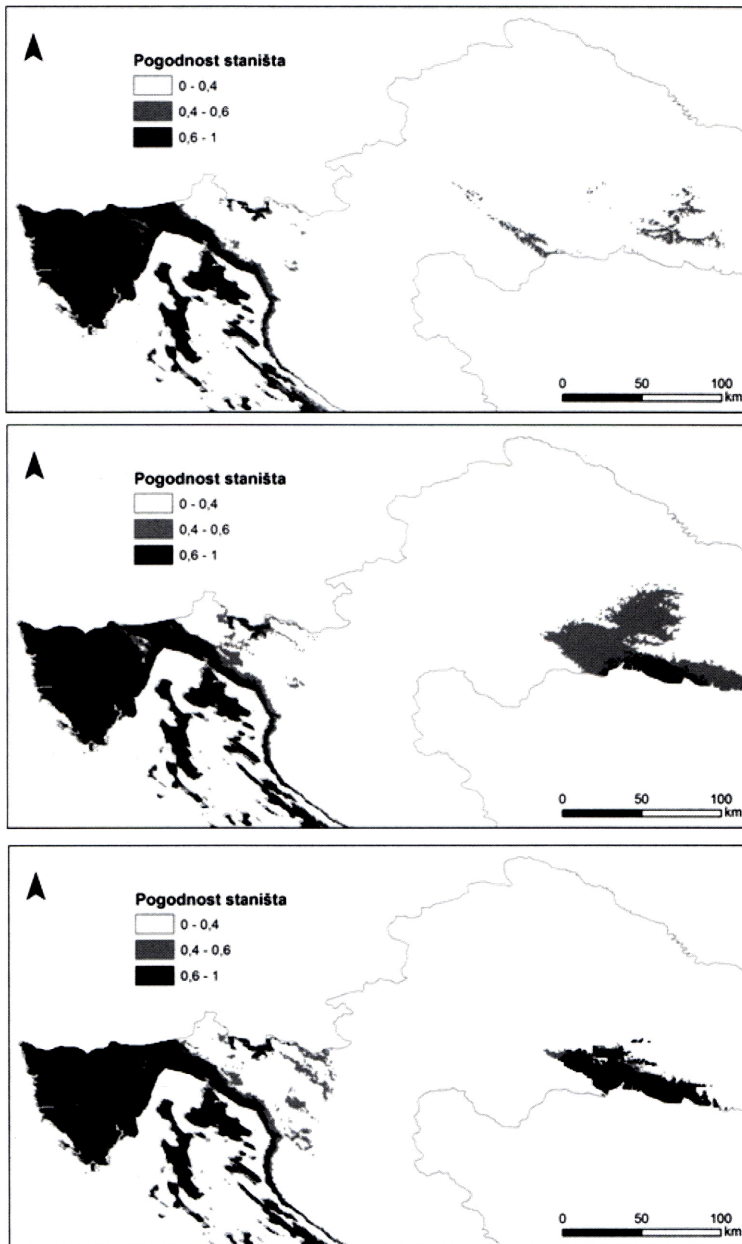
Slika 2. Korelacije između morfoloških značajki plodova oskoruše (dužina ploda – DP; širina ploda – ŠP) i klimatskih varijabla po mjesecima: (A) temperatura; (B) oborine; i (C) trajanje sijanja sunca. Crnom bojom označeni su negativni, a bijelom pozitivni korelacijski koeficijenti. Što su krugovi veći, to je korelacija značajnija. PV – prosječna vrijednost.

Figure 2 Correlations between the morphological characteristics of service tree fruits (fruit length – DP; fruit width – ŠP) and monthly climate variables: (A) temperature; (B) rainfall; and (C) sunshine duration. Negative correlation coefficients are marked black and positive correlation coefficients are marked white. The larger the circles, the more significant the correlation. PV – average value.

Od ukupno 19 bioklimatskih varijabla preuzetih iz baze podataka *WorldClim*, Spearmanovim koeficijentom korelacije izdvojeno je sedam ($r > 0,7$) koje su korištene pri modeliranju. Indeks procjene modela, odnosno prosječna AUC vrijednost bila je veća od 0,95. Navedena vrijednost ukazuje na to da je pogodnost staništa dobivena modeliranjem visoke točnosti (Manel i dr. 2001, Araújo i dr. 2005, Elith i dr. 2002, 2006). Godišnja količina padalina (BIO12) daje najveći doprinos modelu s 30%, zatim slijedi prosječna godišnja temperatura (BIO1) s 25% i godišnji raspon temperatura (BIO7) s 20% doprinosa. Prema dobivenom modelu pogodnosti staništa, najveća vjerojatnost pojavnosti oskoruše u Hrvatskoj jest pri prosječnoj godišnjoj temperaturi od 15 °C te godišnjoj količini padalina od 1.300 mm.

Ukupna površina potencijalnog staništa prema prognoznom modelu iznosi 663.100 ha ($p = 0,6 - 1$), što odgovara 12% ukupne površine Republike Hrvatske (slika 3A). Ekološkim modeliranjem za razdoblje sadašnjosti najveća pogodnost staništa (0,6 – 1,0) za oskorušu utvrđena je na prostoru submediterana i eumediterana, dok je neznatna (0,4 – 0,6) pogodnost utvrđena na području Požeške i Zrinske gore te u tragovima na Moslavačkoj gori.

Prema primijenjenom modelu, prosječna godišnja temperatura u 2050. godini porast će za 1,9 °C, a u 2070. godini za 2,2 °C. Isto tako, prosječna količina oborina tijekom godine smanjit će se za 20 mm u 2050. godini, odnosno povećat će se za 17 mm u 2070. godini. Slijedom navedenih promjena doći će do značajnijih promjena u rasprostranjenosti istraživane vrste. U 2050. godini područje pridelaska oskoruše ($p = 0,6 - 1$) bit će veće za 8% (slika 3B), a u 2070. godini za 26% u odnosu na današnje stanje (slika 3C).



Slika 3. Prostorna distribucija ekološke niše (pogodnosti staništa) oskoruše: a) sadašnjost, b) 2050. godina, c) 2070. godina

Figure 3 Spatial distribution of the ecological niche (site suitability) of the service tree. a) present; b) the year 2050; c) the year 2070

RASPRAVA I ZAKLJUČCI / DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Rezultati morfometrijske analize ukazuju na značajnu sezonsku varijabilnost populacija oskоруše u mediteranskom i kontinentalnom području Hrvatske. Veće prosječne temperature tijekom vegetacijskoga razdoblja u konačnici su rezultirale sitnijim plodovima. Nasuprot tome, prosječno veće količine padalina u kontinentalnoj regiji rezultirale su prosječno krupnijim plodovima. Osim toga, za dužinu i širinu ploda utvrđene su i razlike između stabala unutar populacija, kao i razlike između populacija, a do sličnih rezultata dolaze i drugi autori (Džekov 1974, Mondeška 1990, Nikolić i dr. 1996, Popov 1958, Stančević 1986, Végvári i Pallagi 1994, Nikolić i dr. 1998, Ballian i dr. 2006, Miko i Gažo 2002, Miko i Gažo 2003, Mikić i dr. 2008, Poljak i dr. 2015). Istraživanjem je potvrđen i trend variranja populacija po ekološko-geografskom principu. Populacije iz klimatski različitih i geografski udaljenih staništa, odnosno iz mediteranske i kontinentalne regije, razlikuju se za sve istraživane značajke. Rezultati ukazuju na to da okoliš utječe na strukturiranost populacija. Prema obliku i veličini plodova, razlikujemo dvije forme: *f. maliformis* ima jabučaste plodove koji su 2 – 3 cm dugački; i *f. domestica* ima kruškolike plodove dugačke 3 – 4 cm. Osim toga, značajna je varijabilnost ušiljenosti i nazubljenosti liski u oskоруše (Scheller i dr. 1979).

Povećana razina ugljikova dioksida (CO_2) i ostalih stakleničkih plinova (CH_4 , N_2O , CFC-11 i CFC-12) u atmosferi posljedica je antropogenog djelovanja: izgaranja fosilnih goriva, procesa industrijskih postrojenja, sječa šuma i razvoja poljoprivrede te neadekvatnog odlaganja otpada (Hartmann i dr. 2013). Rezultat povećanja stakleničkih plinova jest promjena temperature zraka, količine oborina i ostalih klimatskih čimbenika. Prosječna godišnja temperatura unutar razdoblja industrijalizacije povećala se za 0,85 °C, a do 2100. godine očekuje se dvostruko veći porast, odnosno za 1,5 – 2 °C (IPCC 2014, Pecl i dr. 2017). Kako klimatske promjene utječu na ekosustav na globalnoj razini, tako djeluju i na rasprostranjenost pojedinih vrsta drveća. Oskоруša uspijeva u uvjetima tople i umjerene klime s duljim vegetacijskim periodom. Prema dobivenom modelu pogodnosti staništa, najveća je vjerojatnost pojavnosti oskоруše u Hrvatskoj pri prosječnoj godišnjoj temperaturi od 15 °C te godišnjoj količini padalina od 1.300 mm. Iz naših istraživanja vidljivo je kako je oskоруša vrsta drveća prilagođena globalnim klimatskim promjenama s višim temperaturama zraka i češćim sušnim razdobljima. U buduća istraživanja važno je uključiti i ostale čimbenike koji utječu na razvoj i uspijevanje vrste na određenom lokalitetu, kao što su pedološka svojstva tla, geološka podloga, inklinacija itd.

U posljednjih nekoliko godina uzgajivački pristup usmjeren je na sadnju i popularizaciju trenutno rijetkih zavičajnih vrsta drveća otpornih na sušu (Brang i dr. 2008, Grundmann i Roloff 2009), a jedna od njih je i oskоруša (Rotach 2003, Pagan

i Paganová 2000). Vrste drveća poput brekinje, oskoruše i javora klena smatraju se vrlo otpornim na sušu (Ellenberg i Leuschner 2010, Hemery i dr. 2010). Kunz i dr. (2018) pišu kako brekinja pokazuje značajnu otpornost na sušu, a za javor klen i oskorušu navode da su vrlo elastične vrste nakon sušnog razdoblja.

Ekološkim modeliranjem najveća pogodnost staništa za oskorušu utvrđena je na području eumediterana u zajednicama hrasta crnike te na području submediterana u zajednici hrasta medunca i bijeloga graba. Zasigurno će globalno zatopljenje utjecati na povećanje prirodnog areala oskoruše u Hrvatskoj i boljeg potencijala za antropogenu sadnju i osnivanje šumskih kultura oskoruše za dobivanje visokokvalitetnoga drva kao i voćnjaka oskoruše za dobivanje plodova za višenamjensku uporabu. Kod podizanja voćnjaka bit će neizostavno potrebno osigurati sustav navodnjavanja, posebno ljeti. Oskoruša je vrijedna i plodonosna vrsta šumske voćkarice koja će se dobro adaptirati promjenama klime s višim temperaturama i češćim sušnim razdobljima. Iz navedenih razloga doći će do sve većeg interesa šumara i voćara za tu vrstu.

Literatura / References

- Araújo, M. B., R. G. Pearson, W. Thuiller, M. Erhard, 2005: Validation of species–climate impact models under climate change. *Global change biology*, 11 (9): 1504–1513.
- Ballian, D., T. Mikić, S. Bogdan, S. Orlović, 2006: Varijabilnost nekih morfoloških svojstava ploda i semena oskoruše (*Sorbus domestica* L.) u Istočnoj Srbiji. *Savremena poljoprivreda*, 55(5): 146–152.
- Brang, P., H. Bugmann, A. Bürgi, U. Mühlethaler, A. Rigling, R. Schwitter, 2008: Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. *Schweiz. z. forst.* 159: 362–373.
- Brickell, C., 1996: A-Z Encyclopedia of garden plants (2 volume). The Royal horticultural society, London.
- Drvodelić, D., 2010: Značajke sjemena i rasadnička proizvodnja nekih vrsta roda *Sorbus* L.. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 568 str.
- Drvodelić, D., T. Jemrić, M. Oršanić, 2015: Oskoruša: važnost, uporaba i uzgoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, 182 str.
- Džekov, S., 1974: Njakoi podatoci za vidovite od rod *Sorbus* L. Zbornik 12: Diva ovošna flora na Makedonija. Univerzitet. Skopje, str. 175–178.
- Eliith, J., M. A. Burgman, H. M. Regan, 2002: Mapping epistemic uncertainties and vague concepts in predictions of species distribution. *Ecological modelling*, 15 (2–3): 313–329.
- Eliith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, 2006: Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2): 129–151.
- Ellenberg, H., C. Leuschner, 2010: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht, sixth ed. Ulmer, Stuttgart.

- Fick, S. E., R. J. Hijmans, 2017: WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12): 4302–4315.
- Fielding, A. H., J. F. Bell, 1997: A Review of Methods for the Assessment of Prediction Errors in Conservation Presence/Absence Models. *Environmental conservation*, 24: 38–49.
- Gent, P. R., G. Danabasoglu, L. J. Donner, M. M. Holland, E. C. Hunke, S. R. Jayne, D. M. Lawrence, R. B. Neale, P. J. Rasch, M. Vertenstein, P. H. Worley, 2011: The community climate system model version 4. *Journal of climate*, 24(19): 4973–4991.
- Grundmann, B. M., A. Roloff, 2009: Use of Forest Tree Species Under Climate Change. In: Feldmann, F., Alford, D. F., Furk, C. (eds.), *Crop Plant Resistance to Biotic and Abiotic Factors*, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig, p. 53–65.
- Hartmann, D. L., A. M. G. Klein Tank, M. Rusticucci, L. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F. Dentener, E. Dlugokencky, D. Easterling, A. Kaplan, B. Soden, P. Thorne, M. Wild, P. M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface Supplementary Material. I: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. U: Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley (ur.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA.
- Hemery, G. E., J. R. Clark, E. Aldinger, H. Claessens, M. E. Malvolti, E. O'Connor, Y. Raf-toyannis, P. S. Savill, R. Brus, 2010: Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities. *Forestry*, 83: 65–81.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija. Stanbiro, Zagreb, 470 str.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 25(15): 1965–1978.
- Idžojtić, M., D. Drvodelić, 2005: Oskoruša, *Sorbus domestica* L., naša rijetka i zaboravljena voćkarica. *Šumarski list*, 129(3–4): 112–117.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R. K. Pachauri, L. A. Meyer (ur.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 str.
- Kunz, J., G. Löffler, J. Buhus, 2018: Minor European broadleaved tree species are more drought-tolerant than *Fagus sylvatica* but not more tolerant than *Quercus petraea*. *Forest ecology and management*, 414: 15–27.
- Manel, S., J. M. Dias, S. Buckton, S. J. Ormerod, 2001: Alternative methods for predicting species distribution: An illustration with Himalayan river birds. *Journal of applied ecology*, 36(5): 734–747.
- Matić, S., J. Vukelić, 2001: Speierling und Elsbeere in den Wäldern Kroatiens. *Corminaria*, 16: 31–33.
- Mikić, T., S. Orlović, M. Marković, B. Kovačević, A. Pilipović, 2008: Variability in service tree (*Sorbus domestica* L.) population in Serbia. *Forestry journal*, 54: 61–67.
- Miko, M., J. Gažo, 2002: Genofond ovocných a okrajových druhov. U. J. Brindza, *Zachrana ohrozeného genofondu starych a krajovych odrod z rastlinnych druhov na Slovensku*, SPU Nitra, str. 54–60.
- Miko, M., J. Gažo, 2003: Morphological diversity of *Sorbus domestica* at the level of fruits and leaves in the selected localities of Slovakia. *Biologia*, 58: 35–39.

- Mondeška, P., 1990: Skoruša. Semizdat. Sofija.
- Müller-Kroehling, S., C. Franz, 1999: Elsbeere und Speierling in Bayern – Bemühungen um ihren Erhalt, Anbau, Waldbau und Holzverwertung. *Corminaria*, 12: 3–8.
- Nikolić, M., D. Ogašanić, R. Cerović, 1996: Selekcija biotipova oskoruše. *Jugoslavensko voćarstvo*, 32(121–122): 27–35.
- Nikolić, M., D. Ogašanić, M. Stanisavljević 1998: Selection of service tree (*Sorbus domestica* L.). *Acta hortic.*, 484: 101–104.
- Nikolić, T., 2015: Flora Croatica, baza podataka (<http://hirc.botanic.hr/fcd>). Botanički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, pristupljeno 20. veljače 2018.
- Pagan, J., V. Paganová, 2000: Variability of service tree (*Sorbus domestica* L.) in Slovakia. *Acta facultatis forestalis*, 42: 51–57.
- Peacock, S., 2012: Projected twenty-first-century changes in temperature, precipitation, and snow cover over North America in CCSM4. *Journal of climate*, 25(13): 4405–4429.
- Pecl, G. T., M. B. Araújo, J. D. Bell, J. Blanchard, T. C. Bonebrake, I. C. Chen, T. D. Clark, R. K. Colwell, F. Danielsen, B. Evengård, L. Falconi, et al., 2017: Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332): p.eaai9214.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, R. E. Schapire, 2006: Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190: 231–259.
- Phillips, S. J., M. Dudík, 2008: Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161–175.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, M. Dudík, R. E. Schapire, M. Blair, 2017: Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7): 887–893.
- Phillips, S. J., M. Dudík, R. E. Schapire, 2017: Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1).
- Poljak, I., D. Kajba, I. Ljubić, M. Idžojtić, 2015: Morphological variability of leaves of *Sorbus domestica* L. in Croatia. *Acta societatis botanicorum Poloniae*, 84(2): 249–259.
- Popov, K. P., 1958: Rjabina krupnoplodnaja v Kriu. *Izvestija Kriiskog pedagoškog instituta*, t. XXXI.
- R. Core Team, 2016: „Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.” R: A language and environment for statistical computing.
- Rotach, P., 2003: EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for service tree (*Sorbus domestica* L.). Rome: IPGRI.
- Rudow, A., 2001: Speierling (*Sorbus domestica* L.). In: Barengo N., Rudow A., Schwab P. (ur.). Förderung seltener Baumarten der Schweizer Alpennordseite. Bern: Merkblätter ETH/BAFU. Bundespublikationen, BBL, CH-003.
- Scheller, H., U. Bauer, T. Butterfass, T. Fischer, H. Grasmück, H. Rottmann, 1979: Der Speierling (*Sorbus domestica* L.) und seine Verbreitung im Frankfurter Raum. *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.*, 71: 5–65.
- Stančević, A. S., 1986: Dunja, mušmula, oskoruša. Nolit, Beograd, 189 str.
- Statsoft, Inc., 2007: Statistica 8.0 for Windows. Tulsa: StatSoft, Inc.
- Végvári, G., M. Pallagi, 1994: The sorb apple. *Horticultural science*, 26(2): 56–66.

Végvári, G., 2000: Sorb apple (*Sorbus domestica* L.) selection in Hungary. *Acta hort.* (ISHS), 538: 155–158.

<https://hirc.botanic.hr/fcd/> (7. 9. 2018.)

www.worldclim.org (7. 9. 2018.)

<http://www.cesm.ucar.edu/models/ccsm4.0/> (7. 9. 2018.)

Seasonal variability of fruits and the impact of climate changes on the natural distribution of Service tree (*Sorbus domestica* L.) in Croatia

Summary

*The variability of four service tree (*Sorbus domestica* L.) populations from the continental and Mediterranean region of Croatia was studied. Samples from 13 trees in total were collected and 30 fruits per tree were analyzed. The fruits were analyzed over the period of five years. Research confirmed morphological differentiation between the continental and Mediterranean biogeographic region. Continental populations were characterized by longer and wider fruits in relation to Mediterranean populations. The conducted analyses also confirmed seasonal variability of service tree fruits in all the studied populations. In addition, a significant within and between population variability was also found. Seven ecological factors were analyzed and three ecological niches were modelled for the service tree in Croatia. The annual rainfall quantity gives the highest share to the model with 30%, followed by the mean annual temperature with 25% and the annual temperature range with 20% of the share. According to the obtained site suitability model, the highest probability of the service tree occurring in Croatia is at an average annual temperature of 15 °C and an annual precipitation amount of 1,300 mm. The applied global climate model presupposes an increased concentration of greenhouse gases within the current range of the service tree in Croatia, which will result in an increased average annual air temperature by 2.2 °C and the average annual precipitation quantity by 17 mm in the year 2070. Our results suggest that these changes might lead to an increase in the ecological niche of the service tree in Croatia by 26% in comparison with the current situation.*

Keywords: *Service tree; seasonal variability; morphometric analysis; ecological modelling; site suitability.*

Doc. dr. sc. Damir Drvodelić

Doc. dr. sc. Vinko Paulić

Prof. dr. sc. Milan Oršanić

Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma

Svetošimunska 23

HR – 10000 Zagreb

ddrvodelic@inet.hr

Doc. dr. sc. Igor Poljak

Valentino Pintar, mag. ing. silv.

Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet

Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku

Svetošimunska 23

HR – 10000 Zagreb