

UDK: 630*892.53:551.583(497.11)

UDK: 630*18:551.583(497.11)

Оригинални научни рад

DOI: 10.2298/GSF1613077R

УТВРЂИВАЊЕ ОБИМА САКУПЉАЊА ВРГАЊА И ЛИСИЧАРКЕ У СРБИЈИ У ОДНОСУ НА РАЗЛИЧИТЕ СЦЕНАРИЈЕ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

Ненад Ранковић, редовни професор, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд
(nenad.rankovic@sfb.bg.ac.rs)

Јелена Недељковић, научни сарадник, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

Зоран Подушка, истраживач-сарадник, Институт за шумарство, Београд

Драган Нонић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

Извод: У раду је испитиван утицај појединих климатских елемената на обим сакупљених количина две комерцијално најзначајније врсте гљива у Србији (вргањ и лисичарка). Основни циљ истраживања је да се утврди обим сакупљених количина вргања и лисичарке, које се могу очекивати у различитим сценаријима климатских промена ($A1B_{min}$, $A1B_{max}$, $A2_{min}$ и $A2_{max}$), заснованих на прогнозама промена температуре и падавина. У истраживању су коришћене опште (дијалектичка) и посебне (метода моделовања), као и класичне научне методе закључивања. Обрачун просечне годишње експоненцијалне стопе раста (I_s) вршен је формирањем експоненцијалних регресионих модела тренда обима сакупљених количина вргања и лисичарке. Истраживањем је утврђено да се, према подацима везаним за периоде до 2014. године, и код вргања и код лисичарке, може очекивати пад у кретању I_s , а тиме и обим сакупљања. Са друге стране, према подацима везаним за периоде до 2040. године, у оба случаја се може очекивати извесна колебљивост (падови и скокови) у кретању I_s . Према подацима везаним за периоде после 2041. год. (посебно за период до 2100. год.), у оба случаја, могу се очекивати падови у обиму сакупљања као последица промена T и P , изазваних претпостављеним климатским променама.

Кључне речи: клима, температура, падавине, вргањ, лисичарка

УВОД

У последње време постоји изражено интересовање за климатске промене и ефекте њиховог утицаја. Из тог разлога, потребно је вршити бројна истраживања везана за промене климе и ефеката који то прате. Један од таквих правца је и истраживање могућности задовољења људских потреба у односу на производе шумар-

ства у зависности од промена стања шумских екосистема, које изазивају климатске промене. Посебно се то односи на производе шумарства који служе људској исхрани (категорија недрвних шумских производа), без обзира што производи од дрвета и даље задржавају значајно место у свеукупним људским потребама.

Као један од значајнијих производа шумарства, који служи за исхрану, су различите врсте гљива. Оне спадају у недрвне шумске производе материјалног типа, а њихова производња и даље се највећим делом одвија у шуми, и резултат је спонтаних процеса у природном окружењу (Belcher, Schreckenber, 2007, Vidale, 2008). Имајући то у виду, у Србији су већ предузета истраживања којима се чини покушај да се објасни утицај појединих климатских елемената¹ на обим сакупљених количина гљива (Ranković et al., 2014). Као наставак тих истраживања, спроведена су нова, која се баве истим односом, али у светлу неких сценарија климатских промена (2015), да би се извршила процена могућности задовољења потреба за овим извором хране у будућности. Из тог разлога, за ова истраживања одабрани су вргањ (*Boletus* sp.) и лисичарка (*Cantharellus cibarius*), као две комерцијално најважније гљиве у Србији (Ranković et al., 2014; Nedeljković, 2015).

Истраживање се односи на територију Републике Србије, без аутономних покрајина (Косово и Метохија и Војводина). Период истраживања се дефинише периодом за који су дефинисани основни подаци (1993.-2100. год.) и оним у коме су спроведена истраживања (2015.-2016. год.).

Као сценарији, који одговарају сврси истраживања, коришћени су А1Б и А2 (2015). Посматрани климатски елементи, температура и падавине, генерисани су у две варијанте - минимум (*min*) и максимум (*max*), па се тако оперише са следећим варијантама сценарија климатских промена: А1Б_{min}, А1Б_{max}, А2_{min} и А2_{max}.

Основни **циљ** истраживања је да се утврди обим сакупљених количина вргања и лисичарке које се могу очекивати у различитим сценаријима климатских промена, заснованих на прогнозама промена температуре и падавина. **Сврха** предузетих истраживања је да се, на бази предвиђања промена у количинама, утврде просечне стопе раста обима сакупљања ових производа у наредном периоду и тако утврди утицај климатских промена на обим сакупљања. **Предмет** истраживања су били

просечна годишња температура (*T*), просечна годишња количина падавина (*P*) и сакупљене количине вргања (*Q_v*) и лисичарке (*Q_l*).

У складу са тим, формирана је следећа основна **хипотеза**:

- у односу на посматрану комбинацију утицаја висине температуре и обима падавина, генерисаних на бази датих сценарија климатских промена, може се очекивати да обим сакупљених количина вргања и лисичарке, у просеку, опада.

МЕТОД РАДА И ОБРАДА ПОДАТАКА

У истраживању је од општих метода коришћена дијалектичка метода, а од посебних метода моделовања, као и метода процене. Поред њих, коришћене су и класичне методе закључивања, као што су: индукција и дедукција, анализа и синтеза, апстракција и конкретизација, итд.

Метода моделовања је коришћена за формирање одговарајућих аналитичких модела. Односно, употребљена је при формирању експоненцијалних модела тренда посматраних величина (регресиони модели тренда), као при формирању модела кретања обима сакупљања на бази висине температуре и обима падавина (регресиони модели).

Метода процене² коришћена је за добијање информација о висини температуре и обиму падавина на основу различитих сценарија промена климе, у комбинацији са применом регресионе и корелационе анализе. Ова метода се обично користи у завршним фазама

2 „Метод процене и предикције предвиђања облик индуктивне методике, која припада посебним научним методама и њена употреба је рационална и целисходна. Заснована је на процесу сазнања, којим се антиципирају будућа искуства у неком домену“ (Зажељариновић, 1987). Поред тога, „овом методом се, на основу обрађених релевантних података, предвиђају будућа искуства, јојаве и догађаји да би се на основу њих сазнања донеле одговарајуће одлуке у савремености“ (Кеџа, 2009). Због тога се решавање таквих проблема редовно своди на неку врсту процене (мање или више прецизне). Значи, „...потреба имају у виду чињеницу да је добијени резултат процене у извесном степену оштрећен грешком, јојојово када се у обзир узимају неки немерљиви фактори“ (Кеџа, 2009).

1 Климатски елементи обухватају: зрачење, притисак ваздуха, релативна влажност, температура ваздуха, испаравање, облачност, трајање осунчавања, падавине и ветар (Ункашевић, 2005).

истраживања када су обављени експерименти и анализирани резултати, да би се употпунила слика о одређеним појавама које су истраживане, па је треба разумети као помоћну методу у истраживању. Примењује се у случајевима кад не постоји могућност тачног и прецизног обрачуна који би у потпуности уважавао све оно што се дешава у стварности.

У наредном кораку истраживања, тако добијене информације (процењене) коришћене су као основа за формирање регресионих модела тренда обима сакупљања, па из тог разлога и нумерички подаци добијени на тај начин имају карактер процене.

Табела 1. Температура (T) и падавине (P) - измерене (1993.-2014. год.) и прогноза према климатским сценаријима (2015.-2100. год.)

Година	T				P			
	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$
	°C				mm·m ⁻²			
1993.	10,28				522,07			
1994.	11,66				587,19			
1995.	10,30				754,05			
1996.	9,89				742,32			
1997.	9,95				694,23			
1998.	10,59				716,67			
1999.	10,88				829,28			
2000.	11,86				452,30			
2001.	10,99				779,37			
2002.	11,45				758,30			
2003.	10,83				610,56			
2004.	10,67				796,70			
2005.	9,93				841,22			
2006.	10,59				734,32			
2007.	11,86				747,28			
2008.	11,71				639,43			
2009.	11,42				830,20			
2010.	11,25				837,73			
2011.	10,81				468,84			
2012.	11,56				589,49			
2013.	11,67				673,94			
2014.	11,81				1.023,98			
2015.-2040.	11,40	11,79	11,19	11,60	737,32	737,32	842,65	842,65
2041.-2070.	12,70	13,09	12,49	12,90	561,77	561,77	842,65	842,65
2071.-2100.	14,10	14,49	14,49	14,90	561,77	561,77	561,77	491,55

Извор: (Ранковић *et al.*, 2014) и (2015)

База података је формирана на следећи начин:

1. формирани су низови података о висини температуре и обиму падавина (табела 1);
 - за период од 1993. до 2014. год. коришћени су стварни (измерени) подаци (Ranković et al., 2014);
 - за период после 2014. год. коришћени су подаци из сценарија промене климе (2015);
2. формирани су низови података за вргањ и лисичарку (табела 2);
 - за период од 1993. до 2011. год. коришћени су стварни подаци (1993-2011);
 - за период од 2012. до 2014. год. коришћени су подаци генерисани на основу регресионих модела из претходних истраживања (Ranković et al., 2014) и стварних података за T и P (1993-2014);
 - за период после 2014. год. коришћени су подаци обрачунати на основу регре-

сионих модела из претходних истраживања (Ranković et al., 2014) и подаци за T и P из сценарија промене климе (2015).

Обрачун просечне годишње експоненцијалне стопе раста (I_s) вршен је формирањем експоненцијалних регресионих модела тренда обима сакупљених количина вргања и лисичарке и то у три варијанте..

Прва варијанта је стопа која се односи на период у коме су доступни стварни подаци (1993.-2011. год.), друга се односи на период када су подаци обрачунати према моделима добијеним у претходним истраживањима, а трећа се односи на све податке за посматране периоде после 2014. године. Трећа варијанта има своје подваријанте (има их четири - $A1B_{min}$, $A1B_{max}$, $A2_{min}$ и $A2_{max}$), које су везане за одговарајући сценарио климатских промена, а подељена је на три периода (2015.-2040. године, 2041.-2070. године и 2071.-2100. године).

Табела 2. Сакупљене количине вргања (Q_v) и лисичарке (Q_L) - регистроване (1993.-2011. год.) и пројекција према моделима (2012.-2014. год.) и климатским сценаријима (2015.-2100. год.)

Година	Q_v				Q_L			
	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$
t								
1993.		5.186,10					2.605,50	
1994.		1.212,98					631,00	
1995.		3.792,04					1.502,03	
1996.		3.948,68					1.192,95	
1997.		3.128,33					729,53	
1998.		3.407,72					634,29	
1999.		3.063,55					1.075,37	
2000.		1.723,39					807,43	
2001.		941,32					400,99	
2002.		1.147,62					452,06	
2003.		1.302,49					405,50	
2004.		2.934,99					744,50	
2005.		3.588,30					1.274,70	
2006.		2.478,96					1.130,70	
2007.		3.215,44					1.201,04	

Година	Q_v				Q_L			
	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$
	t							
2008.	2.466,80				906,90			
2009.	4.823,80				1.123,90			
2010.	4.262,75				1.142,40			
2011.	2.082,62				1.004,72			
2012.	2.174,48				858,79			
2013.	2.261,23				816,51			
2014.	2.838,66				699,85			
2015.-2040.	2.681,34- 3.800,62	2.341,78- 3.319,32	3.104,11- 4.399,87	2.711,02- 3.842,68	869,88- 1.064,25	787,24- 963,14	880,18- 1.076,85	796,56- 974,54
2041.-2070.	2.176,84- 3.262,64	1.901,17- 2.849,47	2.873,31- 4.306,51	2.509,44- 3.761,14	826,53- 1.044,37	748,00- 945,15	784,80- 991,64	710,24- 897,43
2071.-2100.	2.059,73- 3.087,11	1.798,89- 2.696,17	1.798,89- 2.696,17	1.490,77- 2.234,36	742,37- 938,03	671,84- 848,91	671,84- 848,91	623,67- 788,05

Извор: (Ранковић *et al.*, 2014) и (2015)

Тако добијене просечне годишње стопе раста (I_s) су међусобно упоређиване, да би се разумели односи између промена величине I_s , а које су могуће услед промена T и P у различитим климатским сценаријима ($A1B_{min}$, $A1B_{max}$, $A2_{min}$ и $A2_{max}$).

Подаци су обрађени у одговарајућем програму за унакрсна табеларна израчунавања, коришћењем уграђених могућности обрачуна, чувања, груписања и сортирања информација и њиховог графичког приказа, као и одговарајућег додатка програму за статистичку обраду.

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ЊИХОВА АНАЛИЗА

Ради бољег прегледа и разумевања резултата, њихов приказ ће бити подељен у две целине. Посебно ће бити приказана ситуација везана за вргањ, а посебно за лисичарку.

Вргањ

Код вргања су добијене стопе раста (табела 3) које у периоду од 1993.-2011. год. имају позитивну експоненцијалну просечну годишњу стопу раста ($I_s=0,03-0,30\%$) за сва четири кори-

шћена климатска сценарија. Очито је у том периоду дошло до повећања обима сакупљања, уз одговарајуће констатоване промене T и P .

Табела 3. Промене у стопама раста количине сакупљања вргања (I_s) у зависности од климатског сценарија по посматраним периодима

Период	Климатски сценарио			
	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$
1993.-2011.	0,25	0,30	0,03	0,30
1993.-2014.	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
1993.-2040.	0,09	0,50	1,36	0,94
1993.-2070.	0,02	-0,06	0,61	0,40
1993.-2100.	-0,03	-0,20	-0,02	-0,40

Извор: оригинал

Када се прикључе подаци из наредне три године, у свим сценаријима се јављају негативне вредности I_s , што указује на опадање сакупљених количина са променом T и P , које су забележене у те три године. Из тога се може закључити да су се промене T и P у те три године тако кретале да су изазвале успорење повећања обима сакупљања вргања.

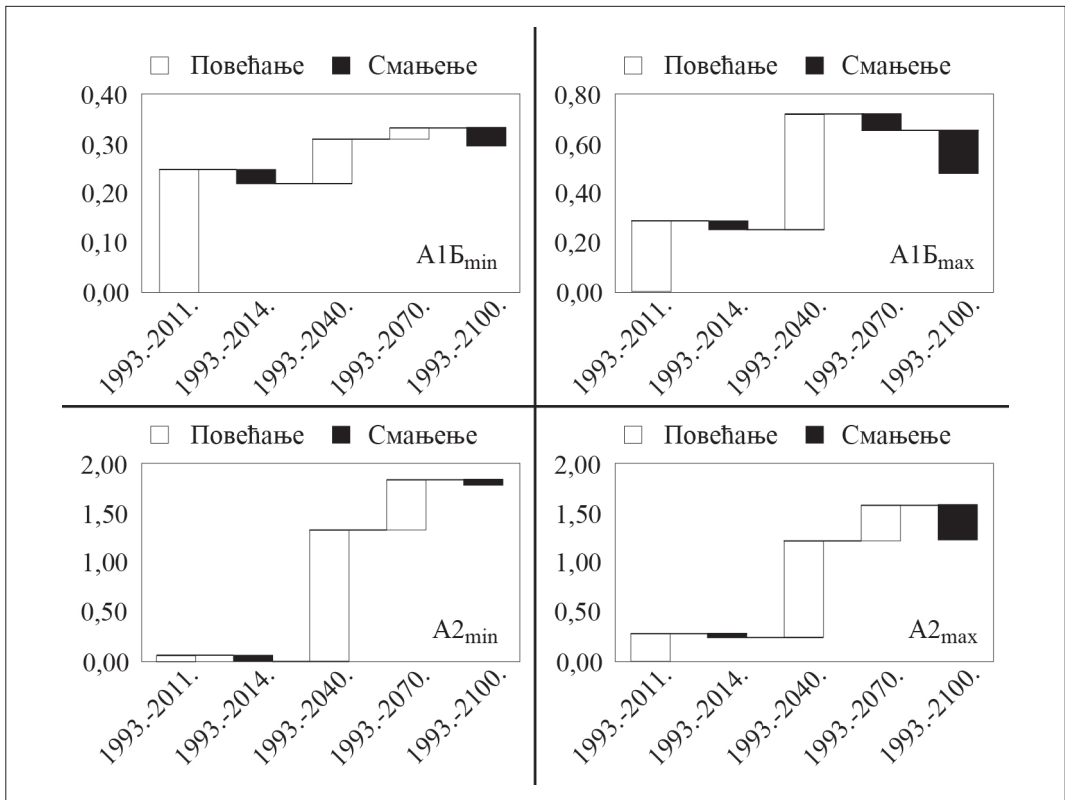
Са продужавањем података за T и P , генерисаних на бази климатских сценарија, у будућност до 2040. године, ситуација се мења и према свим сценаријима се може очекивати повећање I_s (од 0,09% до 1,36%).

Прикључивањем података за T и P , генерисаних према климатским сценаријима за период од 2041.-2070. године, I_s је и даље позитивна, изузев у случају климатског сценарија $A1B_{max}$ где се већ јавља негативна вредност, али су на значајно нижем нивоу у односу на вредности из претходног периода ($I_s=0,02-0,61\%$). То говори да се у том периоду може очекивати успорење раста обима сакупљања вргања.

Последњи, најдужи, период (1993.-2100. год.) карактерише се у свим климатским сценаријима негативним вредностима I_s (од $-0,02\%$ до $-0,40\%$), што говори да ће промене T и P у том периоду бити такве да се могу очекивати успорење раста, односно умањења обима сакупљања вргања.

Овако уочене промене вредности I_s још боље се могу сагледати када се те информације визуелно прикажу (графикон 1). Ту се може јасно запазити да према свим сценаријима кретање I_s има, уз мање падове, у периоду од 1993. до 2070. год. тренд повећања. Међутим, карактеристично је да се у свим сценаријима може очекивати да ће дугорочно до 2100. год. утицај промена T и P имати као ефекат опадање обима сакупљања вргања (најмање према климатском сценарију $A2_{min}$, а највеће према $A2_{max}$).

На основу апсолутног нивоа промена у сакупљеним количинама вргања (табела 4), може се констатовати одређена колебљивост. Ипак, према свим сценаријима климатских промена процењује се да ће укупна количина сакупљених вргања бити мања до 2100. године, иако се може очекивати одређени мањи пораст унутар сваког посматраног периода.



Графикон 1. Промене I_s сакупљања вргања по периодима и климатским сценаријима

Табела 4. Процењене количине вргања (у *kg*) које се могу очекивати да ће бити сакупљене у односу на временске периоде и сценарије промена климе (А1Б и А2)

Период	Климатски сценарио			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015.-2040.	2.681,34-3.800,62	2.341,78-3.319,32	3.104,11-4.399,87	2.711,02-3.842,68
2041.-2070.	2.176,84-3.262,64	1.901,17-2.849,47	2.873,31-4.306,51	2.509,44-3.761,14
2071.-2100.	2.059,73-3.087,11	1.798,89-2.696,17	1.798,89-2.696,17	1.490,77-2.234,36

Извор: оригинал

Лисичарка

Када се ради о лисичарки, ситуација се разликује од оне код вргања. Наиме, код лисичарке су добијене стопе раста (табела 5), које у периоду од 1993. до 2011. год. имају негативну експоненцијалну просечну годишњу стопу раста ($I_s = -0,40\%$) за сва четири климатска сценарија. То указује на такве промене *T* и *P*, које утичу на смањење сакупљених количина лисичарке.

Табела 5. Промене у стопама раста сакупљених количине лисичарке (I_s) у зависности од климатског сценарија по посматраним периодима

Период	Климатски сценарио			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A1B _{min}	A2 _{max}
1993.-2011.	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40
1993.-2014.	-0,70	-0,40	-0,70	-0,70
1993.-2040.	0,33	0,02	0,40	0,05
1993.-2070.	0,10	-0,03	0,03	-0,10
1993.-2100.	-0,05	-0,10	-0,02	-0,20

Извор: оригинал

Када се низ података продужи са подацима из наредне три године (од 2012. до 2014. год.), у свим сценаријима се и даље може констатовати пад I_s , и то скоро дупло већи него у претходном периоду (најнижа $-0,40\%$, а највиша $-0,70\%$). На основу тога се може закључити да су се промене *T* и *P* у посматране три године кретале тако да су могле да изазову још

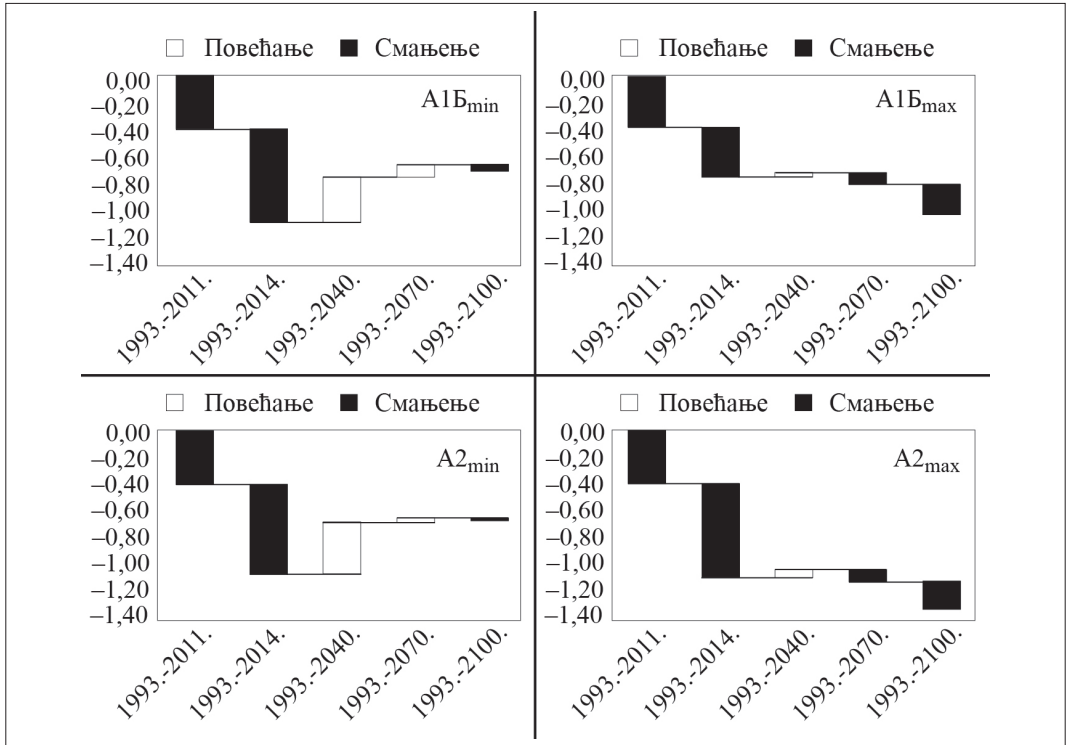
веће смањење обима сакупљања лисичарке у Србији.

Са продужавањем података за *T* и *P*, генерисаних на бази климатских сценарија, у будућност до 2040. године, ситуација се мења и према свим сценаријима се може очекивати извесно повећање I_s (од 0,02 до 0,40%) сакупљања лисичарке у Србији.

Прикључивањем података за *T* и *P*, генерисаних према климатским сценаријима за период од 2041. до 2070. године, I_s варира од сценарија до сценарија, али се свакога ради о веома малим променама (слабо повећање или слабо умањење). То упућује на закључак да се у том периоду може очекивати успоравање раста, а у неким сценаријима и опадање, обима сакупљања лисичарке у Србији.

Последњи период који је разматран (1993.-2100. год.) карактерише се у свим климатским сценаријима негативним вредностима I_s (од $-0,02\%$ до $-0,40\%$), чиме се наставља негативни ефекат промена *T* и *P* у том периоду, па се може очекивати умањење обима сакупљања лисичарке у Србији.

Све констатоване промене вредности I_s најбоље се уочавају када се подаци визуелно прикажу (графикон 2). Ту се може јасно запазити да према свим климатским сценаријима и свим посматраним периодима кретање I_s код лисичарке има, уз мања повећања (редовно, у свим климатским сценаријима, у периоду од 1993. до 2040. год.), општи тренд смањења. При томе, свеукупна стопа раста је негативна, што указује да констатована повећања у неким периодима нису никако могла да преокрену опште кретање стопе раста у позитивном смеру.



Графикон 2. Промене I_s обима сакупљања лисичарке по периодима и климатским сценаријима

Табела 6. Процењене количине лисичарке (y kg) које ће бити сакупљене у односу на временске периоде и сценарије промена климе (A1B и A2)

Период	Климатски сценарио			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015-2040.	869,88-1.064,25	787,24- 963,14	880,18- 1.076,85	796,56- 974,54
2041-2070.	826,53- 1.044,37	748,00- 945,15	784,80- 991,64	710,24- 897,43
2071-2100.	742,37- 938,03	671,84- 848,91	671,84- 848,91	623,67- 788,05

Извор: оригинал

Посматрајући процене апсолутних промена сакупљених количина лисичарке (табела 6), може се запазити константно смањење према свим сценаријима климатских промена и за све посматране временске периоде.

ДИСКУСИЈА

Производња гљива је „...ишк недавно йо-сйала йрейознайа као цйль йаздовања шума-

ма“ (Bonet et al., 2008). Да би се гљиве и остали недрвни шумски производи интегрисали у процес планирања газдовања шумама, потребно је изградити моделе (Bonet et al., 2008, Bonet et al., 2010, Kucuker, Baskent, 2015), који су засновани на емпиријским истраживањима којима се може предвидети њихов принос (Bonet et al., 2008). Изградња поузданих модела за предвиђање приноса гљива захтева прикупљање велике количине емпиријских података током неколико година, јер постоји више фактора

који су одговорни за високе варијације у количинама гљива које су доступне у природи. Ово укључује варијације у падавинама, температури, мразу, евапотранспирацији, релативној влажности ваздуха и водном дефициту (Bonet et al., 2008).

Резултати истраживања су показали да постоје значајне разлике у кретању експоненцијалне просечне годишње стопе раста (I_s) сакупљања између вргања и лисичарке, јер се у случају вргања све промене (смањење или повећање) одвијају у позитивном смислу, док се код лисичарке све промене одвијају у негативном. То указује да се код вргања генерално може говорити о успорењу раста, а код лисичарке о константном смањењу. Један од могућих узрока овакве реакције вргања у односу на лисичарку може бити и распрострањеност ових врста гљива у шумама Србије, јер количине сакупљених вргања и по 2-3 пута премашају обим сакупљања лисичарке, па су код лисичарке све промене у правцу смањења уочљивије.

Када се ради о променама у апсолутном износу, добијени резултати говоре да повећање просечне температуре и промене укупне количине падавина (у почетку расте, а касније опада), могу да имају променљив (периодично позитиван и негативан) утицај на процењене сакупљене количине вргања, и константно негативан на процењене сакупљене количине лисичарке.

Процењено успоравање раста обима сакупљања вргања и његово константно смањење код лисичарке, може се оправдати, поред распрострањености и укупног обима сакупљања ових гљива, и периодом откупа (2012). Периоди сакупљања вргања су лето и јесен. Према сценаријима климатских промена, до 2100. године се, у летњем периоду, предвиђа смањење количине падавина за 20-30% у појединим деловима Србије. Управо ово смањење количине падавина, може неповољно да утиче на развој вргања, посебно у летњем циклусу бербе („прво коло“). Уколико би се продужио сушни период и на јесен, смањено би се обим сакупљања вргања и из другог циклуса („друго коло“). Претходним истраживањима је, такође, утврђено да годишњи принос гљива значајно варира у односу на временске услове, пре све-

га на време и количину падавина (O'Dell et al., 2000, Bonet et al., 2004, Bonet et al., 2010). Тако је, нпр. у Шпанији утврђено да се може очекивати „...*їейї ııııа веїи ııринос ııлива, уколико се количина ııадавина ııоком јесени угвосııручу*“ (Bonet et al., 2010).

На количину сакупљених вргања могу да утичу и високе летње температуре. С тим у вези откупљивачи гљива упозоравају да изложеност већ сакупљених вргања, топлотним ударима, када је температура већа од 30°C, утиче на нагло кварење или смањење квалитета убраних печурки (2012). Овакве тврдње у потпуности се уклапају у процену сакупљених количина вргања према најнеповољнијим сценаријима, посебно из разлога што је забележен пораст летњих дана (дани са високом температуром) за 5 дана по декади (2010).

Уколико се у обзир узме отпорност лисичарке, која је доста већа него код вргања (2012), треба бити опрезан у доношењу закључака о утицају екстремно високих температура на смањење обима сакупљања лисичарке. Међутим, с обзиром да лисичарка бира влажније станиште у шуми (2012), сасвим је оправдана процена о повезаности смањења количина сакупљених лисичарки са смањењем укупне количине падавина до 2100. године (2010, 2015).

Резултати претходних истраживања указују да климатски елементи, као што су укупне годишње количине падавина, укупне сезонске (септембар и октобар) падавине, просечна годишња температура и просечне сезонске температуре значајно утичу на вероватноћу да се предвиди принос гљива (Kucuker, Baskent, 2015). Ипак, треба нагласити да, иако значајни, то свакако нису једини фактори, који утичу на присутне количине гљива у природи. Наиме, утврђен је директан и индиректан утицај и нагиба терена, шумског склопа, старости састојине, броја стабала по хектару и др. (Bonet et al., 2008, Bonet et al., 2010, Kucuker, Baskent, 2015).

Европска истраживања указују на неопходност дугорочног предвиђања утицаја климатских промена на шумске екосистеме, јер су због дугог животног века стабала, шумски екосистеми неопорни на брзу адаптацију у односу на настале промене (Lindner et al. 2008). Овакво истраживање које појектује и пред-

виђања резултата за дужи временски период (до 2100. год.), постаје упоредиво са сличним истраживањима о утицају климатских промена на шуме у Европи, где је указано на рањивост шумских екосистема, посебно са аспекта производа и услуга (Lindner et al., 2008).

ЗАКЉУЧЦИ

На бази добијених резултата, могу се формирати следећи закључци:

- вредност I_s код вргања, без обзира на извесне падове у случају неких климатских сценарија, указује да се за већину климатских сценарија може претпоставити скромно повећање обима сакупљања;
- вредност I_s код лисичарке, у случају већине климатских сценарија, указује да се може очекивати константно смањење обима сакупљања;
- у оба случаја, и код вргања и код лисичарке, према подацима везаним за периоде до 2014. године, може се очекивати пад у кретању I_{sr} , а тиме и обим сакупљања;
- у оба случаја, и код вргања и код лисичарке, према подацима везаним за периоде до 2040. године, може се очекивати извесна колебљивост, (падови и скокови) у кретању I_{sr} ;
- у оба случаја, и код вргања и код лисичарке, према подацима везаним за периоде после 2041. год. (то посебно важи за период до 2100. год.), може се јасно запазити да се могу очекивати падови у обиму сакупљања као последица промена T и P , изазваних претпостављеним климатским променама;
- код вргања најнеповољнији сценарио је $A1B_{min}$, а најповољнији је $A2_{min}$;
- код лисичарке најнеповољнији сценарио је $A2_{max}$, а најповољнији је $A2_{min}$.

Ови резултати указују да код обе врсте гљива, дугорочно посматрано, треба очекивати умањење ефеката сакупљања. Код вргања се то манифестује успоравањем раста обима сакупљања, док се код лисичарке то испољава као перманентно умањење обима сакупљања. На бази тога, може се закључити да је полазна хипотеза потврђена.

Спроведена истраживања су посебно важна са аспекта примене принципа одрживог и мултифункционалног газдовања шумама, јер је потребно изучити факторе који имају најинтензивније деловање на распрострањеност врста у природи, како би се обезбедио њихов опстанак и рационално коришћење. Поред тога, недрвни шумски производи су од изузетно значаја за економски развој руралних подручја, па спроведена истраживања имају значаја и са аспекта одрживог развоја локалних заједница и региона.

Наредна истраживања би требало да буду усмерена на:

- изучавање утицаја одабраних климатских елемената на обим сакупљања других економски значајних недрвних шумских производа (добичасти плодови и друго шумско воће и лековито и ароматично биље);
- испитивање утицаја одабраних климатских елемената на промене стања шумских екосистема (број, димензије и прираст стабала, склоп састојина, састав земљишта и сл.) и, са тим у вези, промене у количинама сакупљених недрвних шумских производа.

Напомена: Рад је финансиран средствима пројекта 43007/16 - „Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину - праћење утицаја, адаптација и ублажавање“, подпројекат „Социо-економски развој, ублажавање и адаптација на климатске промене“, Министарства просвете и науке Републике Србије.

DETERMINATION OF COLLECTED PORCINI AND CHANTERELLE QUANTITIES DEPENDING ON DIFFERENT CLIMATE CHANGE SCENARIOS

Dr. Nenad Ranković, full professor, University of Belgrade-Faculty of Forestry, Belgrade (nenad.rankovic@sfb.bg.ac.rs)

Dr. Jelena Nedeljković, assistant professor, University of Belgrade-Faculty of Forestry, Belgrade

Dipl. Ing. Zoran Poduška, research assistant, Institute for forestry, Belgrade

Dr. Dragan Nonić, full professor, University of Belgrade-Faculty of Forestry, Belgrade

Abstract: This study examines the influence of some climate elements on the collected quantities of two commercially most significant types of mushrooms in Serbia (porcini and chanterelle). The main objective of the research is to determine the extent of the collected quantity of porcini and chanterelle, which can be expected in different scenarios of climate change ($A1B_{min}$, $A1B_{max}$, $A2_{min}$ и $A2_{max}$), based on forecasts of temperature and rainfall changes. The general (dialectical) and specific (modelling methods) are used in the research, as well as the classical scientific methods of reasoning. The calculation of the average annual exponential growth rate (I_s) was carried out by forming exponential regression models of the trend of porcini and chanterelle collected quantities. In the research it was found that, according to the data related to the period up to 2014, one can expect a decrease in the movement of both porcini and chanterelle I_s , and thus a decrease in the collected quantities. On the other hand, according to the data related to the period up to 2040, in both cases one can expect some fluctuation (increase and decrease) in the movement of I_s . According to the data related to periods after 2041 (especially for the period until 2100), in both cases, one can expect a decrease in the collected quantities, as a result of changes in T and P , caused by the assumed climate change.

Keywords: climate, temperature, rainfall, porcini, chanterelle

INTRODUCTION

Many people have lately expressed interest in climate change and the effects of its influence. For this reason, it is necessary to carry out numerous studies related to climate change and the effects that accompany it. One of these directions is exploring the possibilities of satisfying human needs for forest products, depending on the change of the state of forest ecosystems, which causes climate change. In particular, this applies to forestry products that serve for human consumption (category of non-wood forest products), considering that wood products still retain an important place in the overall human needs.

Different types of mushrooms are one of the most important forest products, serving for nutrition. They belong to the non-timber forest prod-

ucts of material type, and their production still largely takes place in the forest, and is the result of spontaneous processes in a natural environment (Belcher, Schreckenber, 2007, Vidale, 2008).

Bearing this in mind, a research which attempts to explain the influence of some climatic elements¹ on the collected quantities of mushrooms has already been undertaken in Serbia (Ranković et al., 2014). As a continuation of these studies, new research is conducted, dealing with the same relationship, but in the light of some climate change scenarios (2015), in order to estimate the possibilities of meeting the needs for

¹ Climate elements include: radiation, air pressure, relative humidity, air temperature, evapotranspiration, cloud cover, isolation, rainfalls, and wind (Unkašević, 2005).

this food-source in future. For this reason, porcini (*Boletus* sp.) and chanterelle (*Cantharellus cibarius*) were selected for this research, as two commercially the most important mushroom species in Serbia (Ranković et al., 2014; Nedeljković, 2015).

The research refers to the territory of the Republic of Serbia, without the autonomous provinces (Kosovo and Metohija and Vojvodina). The research period is defined by the period determined on the basis of basic data (1993-2100), and those in which the research was conducted (2015-2016).

As scenarios that fit the research purpose, A1B and A2 scenarios were used (2015). The observed climate elements (temperature and rainfall) were generated in two variants - the minimum (*min*) and maximum (*max*), and, thus, we operate with the following variants of climate change scenarios: A1B_{min}, A1B_{max}, A2_{min} и A2_{max}.

The main objective of this research is to determine the quantity of collected porcini and chanterelle that can be expected in different scenarios of climate change, based on the forecasts of changes in temperature and rainfall. The purpose of this research is to determine the average rate of increase in the quantity of collection of these products in the future based on predictions of changes in the quantities, and thus determine the impact of climate change on the quantity of the collection. The subject of the study were average annual temperature (*T*), average annual rainfall (*P*) and collected quantities of porcini (*Q_p*) and chanterelle (*Q_c*).

Accordingly, the following hypothesis was formed:

- in relation to the observed combination of influence of temperature and rainfall, generated on the basis of given scenarios of climate change, it can be expected that the volume of collected quantities of porcini and chanterelle, on average, decreases.

METHODS AND DATA ANALYSIS

The general (dialectical), and specific scientific methods (modelling) were used in the research, as well as the assessment method. In addition,

classical methods of reasoning were used, such as induction and deduction, analysis and synthesis, abstraction and concretization, etc.

The modelling method was used for the formation of appropriate analytical models. It was used in the formation of the exponential models of trend (regression models of trend). In addition, it was used for the formation of models of movement of collection, based on temperature and rainfall (regression models).

The assessment method² was used to obtain information on the temperature and rainfall, based on different scenarios of climate change, combined with the use of regression and correlation analysis. This method is commonly used in the final stages of research when the experiments are performed and the results are analyzed in order to complete the picture of the studied phenomena. So, it shall be understood as an auxiliary method in the research. It is used in cases where there is no possibility for accurate and precise calculation, which would fully respect everything that happens in reality.

In the next step of the research, the provided (estimated) information was used as the basis for the formation of the regression model of collection trends. For this reason, numeric data obtained in this way have assessment character.

The database is formed as follows:

1. The series of data on temperature and rainfall were formed (Table 1);
 - for the period 1993-2014, we used the actual (measured) data (Ranković et al., 2014);
 - for the period after 2014, we used data from the climate change scenarios (2015);

² "The methods of assessment and prediction are of form of inductive methods, which belongs to a specific scientific methods and its use is rational and expedient. It is based on a process of knowledge, which anticipates future experiences in a domain" (Zaječaranović, 1987). In addition, "this method, based on the processed relevant data, predicts future experiences, phenomena and events, so that one can bring appropriate decisions in the present on the basis of these findings" (Keča, 2009). Therefore, solving those problems regularly comes down to some kind of assessment (more or less accurate). This means that, "...we should bear in mind the fact that the obtained result is to some degree burdened by mistake, especially when taking into account some unmeasurable factors" (Keča, 2009).

Table 1. Temperature (T) and rainfall (P) - measured (1993-2014) and forecasted by climate scenarios (2015-2100)

Year	T				P			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
	°C				mm·m ⁻²			
1993			10.28					522.07
1994			11.66					587.19
1995			10.30					754.05
1996			9.89					742.32
1997			9.95					694.23
1998			10.59					716.67
1999			10.88					829.28
2000			11.86					452.30
2001			10.99					779.37
2002			11.45					758.30
2003			10.83					610.56
2004			10.67					796.70
2005			9.93					841.22
2006			10.59					734.32
2007			11.86					747.28
2008			11.71					639.43
2009			11.42					830.20
2010			11.25					837.73
2011			10.81					468.84
2012			11.56					589.49
2013			11.67					673.94
2014			11.81					1,023.98
2015-2040	11.40	11.79	11.19	11.60	737.32	737.32	842.65	842.65
2041-2070	12.70	13.09	12.49	12.90	561.77	561.77	842.65	842.65
2071-2100	14.10	14.49	14.49	14.90	561.77	561.77	561.77	491.55

Source: (Ranković *et al.*, 2014) and (2015)

2. series of data for porcini and chanterelle were formed (Table 2);

- for the period 1993-2011, we used actual data (1993-2011);
- for the period 2012-2014, we used data generated on the basis of regression models from previous research (Ranković *et*

al., 2014) and the actual data for T and P (1993-2014);

- for the period after 2014, we used data calculated on the basis of regression models from previous research (Ranković *et al.*, 2014) and data for T and P from climate change scenarios (2015).

Table 2. The collected quantities of porcini (Q_v) and chanterelle (Q_l) - registered (1993-2011) and projections based on models (2012-2014) and climate scenarios (2015-2100)

Year	Q_v				Q_l			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
	t							
1993		5,186.10			2,605.50			
1994		1,212.98			631.00			
1995		3,792.04			1,502.03			
1996		3,948.68			1,192.95			
1997		3,128.33			729.53			
1998		3,407.72			634.29			
1999		3,063.55			1,075.37			
2000		1,723.39			807.43			
2001		941.32			400.99			
2002		1,147.62			452.06			
2003		1,302.49			405.50			
2004		2,934.99			744.50			
2005		3,588.30			1,274.70			
2006		2,478.96			1,130.70			
2007		3,215.44			1,201.04			
2008		2,466.80			906.90			
2009		4,823.80			1,123.90			
2010		4,262.75			1,142.40			
2011		2,082.62			1,004.72			
2012		2,174.48			858.79			
2013		2,261.23			816.51			
2014		2,838.66			699.85			
2015-2040	2,681.34- 3,800.62	2,341.78- 3,319.32	3,104.11- 4,399.87	2,711.02- 3,842.68	869.88- 1,064.25	787.24- 963.14	880.18- 1,076.85	796.56- 974.54
2041-2070	2,176.84- 3,262.64	1,901.17- 2,849.47	2,873.31- 4,306.51	2,509.44- 3,761.14	826.53- 1,044.37	748.00- 945.15	784.80- 991.64	710.24- 897.43
2071-2100	2,059.73- 3,087.11	1,798.89- 2,696.17	1,798.89- 2,696.17	1,490.77- 2,234.36	742.37- 938.03	671.84- 848.91	671.84- 848.91	623.67- 788.05

Source: (Ranković et al., 2014) and (2015)

The calculation of the average annual exponential growth rate (I_s) was carried out by forming exponential regression models of the trend of collected quantity of porcini and chanterelle in three variants.

The first variant is the rate that applies to the period in which actual data are available (1993-2011). The second one refers to the period when the data are calculated according to the models obtained in previous studies. The third one re-

fers to all the data for the observed periods after 2014, and has sub-variants (there are four of them - $A1B_{min}$, $A1B_{max}$, $A2_{min}$ и $A2_{max}$), which are linked to the appropriate climate change scenarios, and are divided into three periods (2015-2040, 2041-2070, and 2071-2100).

The resulting average annual growth rates (I_s) were mutually compared in order to understand the relationships between the changes in I_s , which are possible due to changes in T and P in different climate scenarios ($A1B_{min}$, $A1B_{max}$, $A2_{min}$ and $A2_{max}$).

The data are processed in an appropriate program for cross-spreadsheet, by using the built-in capabilities of calculation, storage, grouping and sorting information and its graphic representation as well as the additional appropriate program for statistical analysis.

RESEARCH RESULTS AND THEIR ANALYSIS

For a better overview and understanding of the results, they are divided into two parts (porcini and chanterelle).

Porcini

Porcini growth rates (Table 3), in the period 1993-2011 have a positive exponential average annual growth rate ($I_s=0.03-0.30\%$) for all four climate change scenarios. It is obvious that in this period there was an increase in the quantity of collection, with appropriate changes in T and P .

When data from the next three years are added, negative values occur of I_s in all scenarios, indicating a decrease in collected quantities with the change of T and P , which were recorded in these three years. From this it can be concluded that the change in T and P in these three years caused a slowing increase in the collected quantities of porcini.

With the lengthening of data for T and P , generated on the basis of climate scenarios up to 2040, the situation has changed, and according to all scenarios the increase of I_s can be expected (0.09%-1.36%).

Table 3. Changes in growth rates of collected quantities of porcini (I_s), depending on the climate scenarios for the observed periods

Period	Climate scenario			
	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$
1993-2011	0.25	0.30	0.03	0.30
1993-2014	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
1993-2040	0.09	0.50	1.36	0.94
1993-2070	0.02	-0.06	0.61	0.40
1993-2100	-0.03	-0.20	-0.02	-0.40

Source: authors

Adding data for T and P , generated by the climate scenarios for the period 2041-2070, I_s is still positive, except in the case of climate scenario $A1B_{max}$, where a negative value already occurs, but at a significantly lower level compared to the value from the previous period ($I_s=0.02-0.61\%$). This suggests that in this period one can expect a slowing growth rate in the collected quantity of porcini.

And finally, the longest period (1993-2100) is characterized by the negative values of I_s (from -0.02% to -0.40%) in all climate scenarios, which indicates that the changes in T and P in this period will be such that one can expect a slowing of growth or decrease of the quantity of collected porcini.

The observed changes in the I_s value can be better seen when this information is visually displayed (Diagram 1). It can be clearly observed that in all scenarios the movement of I_s has, with minor declines an increasing trend in the period 1993-2070. However, it is characteristic that in all scenarios it can be expected that by 2100, the impact of changes in T and P have the effect of decrease in the quantity of collected porcini (the smallest according to the climate scenario $A2_{min}$, and the largest by $A2_{max}$).

On the basis of the absolute level of change in the collected quantities of porcini (Table 4), certain fluctuation is observed. However, according to all scenarios of climate change, it is estimated that the total quantity of collected porcini will be smaller by 2100, although a small increase can be expected within each period.

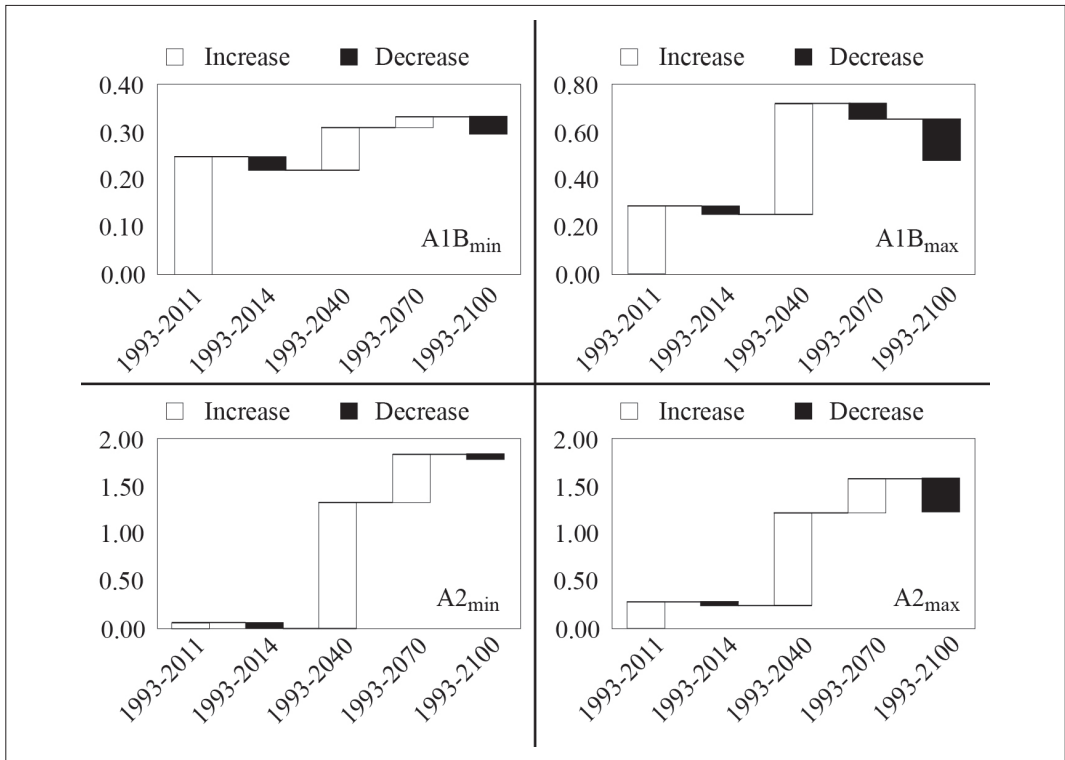


Diagram 1. Changes in I_s of porcini collection by periods and climate scenarios

Table 4. Estimated quantities of porcini (in kg) to be collected in relation to the periods of time and climate change scenarios (A1B and A2)

Period	Climate scenario			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015-2040	2,681.34-3,800.62	2,341.78-3,319.32	3,104.11-4,399.87	2,711.02-3,842.68
2041-2070	2,176.84-3,262.64	1,901.17-2,849.47	2,873.31-4,306.51	2,509.44-3,761.14
2071-2100	2,059.73-3,087.11	1,798.89-2,696.17	1,798.89-2,696.17	1,490.77-2,234.36

Source: authors

Chanterelle

When it comes to the chanterelle, the situation is different from the one regarding porcini. Namely, the growth rates of chanterelle (Table 5), have a negative exponential average annual growth rate ($I_s = -0.40\%$) for the four climate scenarios in the 1993-2011 period. This means that changes in T and P reduce the quantity of collected chanterelle.

When a series of data is extended with the data for the next three years (from 2012 to 2014), in all scenarios there is decrease of I_s , which is almost twice higher than in the previous period (minimum -0.40% and maximum -0.70%). Based on projections, it can be concluded that the changes in T and P observed in three years varied in the way that they could cause even greater reduction in the quantity of chanterelle collected in Serbia.

Table 5. Changes in growth rates of the collected quantities of chanterelle (I_s), depending on the climate scenarios for the observed periods

Period	Climate scenario			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A1B _{min}	A2 _{max}
1993-2011	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
1993-2014	-0.70	-0.40	-0.70	-0.70
1993-2040	0.33	0.02	0.40	0.05
1993-2070	0.10	-0.03	0.03	-0.10
1993-2100	-0.05	-0.10	-0.02	-0.20

Source: authors

With the lengthening of data for T and P, generated on the basis of climate scenarios up to 2040, the situation has changed, and according to all scenarios, one can expect an increase in the I_s (0.02-0.40%) of collected quantities of chanterelle in Serbia.

With the addition of data for T and P, generated by the climate scenarios for the period

2041-2070, I_s varies, but certainly the changes are very small (small increase or small decrease). This suggests that in this period one can expect a slow-down in growth, and in some scenarios even a decrease in the quantity of collected chanterelle in Serbia.

The last period under consideration (1993-2100) is characterized by negative values of I_s (from -0.02% to -0.20%) in all climate scenarios, continuing the negative effect of changes in T and P during this period, so one can expect a decrease of the quantity of collected chanterelle in Serbia.

All changes in the value of I_s are better observed when data are visually displayed (Diagram 2). It can be clearly observed that the I_s movement of chanterelle has, with a small increase, the general trend of decrease under all climate scenarios and all observed periods (regular, in all climate scenarios, in the period 1993-2040). At the same time, the overall growth rate is negative, indicating that ascertained increase in some periods were not able to reverse the movement of growth rate in the positive direction.

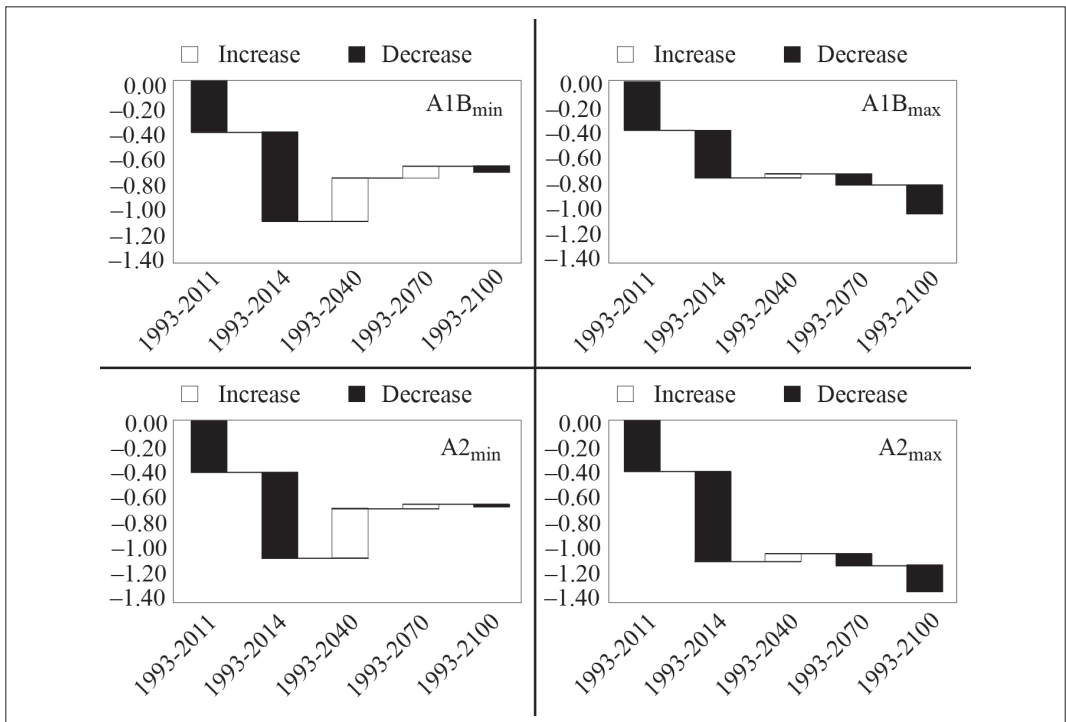


Diagram 2. Changes in I_s of chanterelle collection by periods and climate scenarios

Table 6. Estimated quantities of chanterelle (in kg) to be collected in relation to the periods of time and climate change scenarios (A1B and A2)

Period	Climate scenario			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015-2040	869.88-1,064.25	787.24- 963.14	880.18- 1,076.85	796.56- 974.54
2041-2070	826.53- 1,044.37	748.00- 945.15	784.80- 991.64	710.24- 897.43
2071-2100	742.37- 938.03	671.84- 848.91	671.84- 848.91	623.67- 788.05

Source: authors

The estimations of the absolute change in the quantity of collected chanterelle (Table 6) show a constant decrease in all scenarios of climate change and for all observed periods.

DISCUSSION

The mushroom production “...has only recently become a recognised management objective in forest planning” (Bonet et al., 2008). To integrate mushrooms and other non-wood forest products into the forest management planning process, it is necessary to build models (Bonet et al., 2008, Bonet et al., 2010, Kucuker, Baskent, 2015), which are based on empirical research which can predict their yield (Bonet et al., 2008). The construction of reliable models for predicting the yield of mushrooms requires the collection of large amounts of empirical data over several years, because there are several factors responsible for the high variation in the quantity of mushrooms that are available in nature. These include variations in precipitation, temperature, cold, evapotranspiration, relative humidity and the water deficit (Bonet et al., 2008).

The results showed that there were significant differences in the movement of the exponential average annual growth rate (I_s) between the collection of porcini and chanterelle. In the case of porcini, all changes (decrease or increase) take place in a positive way, while in the case of chanterelle, all changes take place in the negative way. This indicates that with porcini, one can generally talk about slowing growth, and with chanterelle, there is a constant decrease. One of the possible causes of these reactions of porcini compared to

chanterelle can be distribution of these species in the forests of Serbia, because the quantities of collected porcini exceeds the scope of collected chanterelle 2-3 times, so all changes in the decrease of chanterelle are more visible.

When it comes to changes in absolute terms, the results show that an increase in average temperatures and changes in total rainfalls (initially increase and subsequently decreases) may have variable (periodic positive and negative) impact on the estimated quantities of harvested porcini, and constantly negative on the estimated quantities of collected chanterelle.

The estimated slowing growth in the quantity of collected porcini and its constant decrease in chanterelle can be justified, in addition to the distribution and collection of the total quantity of these mushrooms, by period of purchase (2012). The periods of porcini collection are summer and fall. According to the climate change scenarios by 2100, there is an estimation that rainfalls will decrease by 20-30% in the summer period in some parts of Serbia. This reduction in rainfalls can adversely affect the development of porcini, especially in the summer harvest cycle (“first round”). If dry period extends to fall, the collected quantities of porcini from the other cycle (“second round”) will also be reduced. Previous research has also found that the annual yield of mushrooms varies considerably depending on weather conditions, especially on the timing and volume of rainfalls (O’Dell et al., 2000, Bonet et al., 2004, Bonet et al., 2010). Thus, for example, in Spain, “...the models predict five times greater mushroom yields when autumn rainfall is doubled” (Bonet et al., 2010).

The quantity of collected porcini can be influenced by high summer temperatures. The purchasers of mushrooms are warning that the exposure of already collected porcini to heat waves, when the temperature is higher than 30°C, causes sudden deterioration or reduction in the quality of harvested mushrooms (2012). These statements completely fit into the evaluation of the collected quantity of porcini to the most unfavourable scenarios, especially because an increase of summer days (days with a high temperature) by 5 days per decade (2010) was recorded.

If the resistance of chanterelle is considered, which is much higher than that of porcini (2012), one should be cautious in drawing conclusions about the impact of extremely high temperatures on the reduction of chanterelle collection. However, since chanterelle prefers wetter habitats in the forest (2012), it is quite reasonable to estimate the connection between the decrease in the quantity of collected chanterelle with a reduction of total precipitation up to 2100 (2010, 2015).

The results of previous research suggest that climate elements, such as the total annual rainfall, the total seasonal (September and October) rainfall, the average annual temperature and mean seasonal temperature significantly affect the probability to predict the yield of mushrooms (*Kucuker, Baskent, 2015*). However, it should be noted that although significant, they are certainly not the only factors that affect the amount of mushrooms present in nature. There has been a direct and indirect impact of slope, canopy, stand age, number of trees per hectare, etc. (*Bonet et al., 2008, Bonet et al., 2010, Kucuker, Baskent, 2015*).

European studies suggest the necessity of long-term predictions of climate change impacts on forest ecosystems, as due to the longevity of trees, forest ecosystems are vulnerable to rapid adaptation in relation to such a change (*Lindner et al. 2008*). Such a study that projects results and forecasts for a longer period of time (by 2100), becomes comparable to similar studies on the impact of climate change on forests in Europe, where the vulnerability of forest ecosystems, particularly in terms of products and services was highlighted (*Lindner et al., 2008*).

CONCLUSIONS

The following conclusions can be reached on the basis of the obtained results:

- the value of porcini I_s , regardless of a certain decrease in the case of some climate scenarios, suggests that for most climate scenarios a modest increase in the quantity of collection can be assumed;
- the value of chanterelle I_s , in the case of most climate scenarios, suggests that a constant reduction of collection might be expected;
- in both cases (porcini and chanterelle), according to the data related to the period up to 2014, a decrease in the movement of I_s can be expected, and thus the quantity of collection;
- in both cases (porcini and chanterelle), according to the data related to the period up to 2040, a fluctuation (decrease and increase) in the movement of I_s can be expected;
- in both cases (porcini and chanterelle), according to the data related to periods after 2041 (this is especially valid for the period until 2100), a decrease in the collected quantities can be expected, as a result of changes in T and P , caused by the assumed climate change;
- for porcini, the most unfavourable scenario is $A1B_{min}$, and the most favourable one is $A2_{min}$;
- for chanterelle, the most unfavourable scenario is $A2_{max}$, and the most favourable one is $A2_{min}$.

These results indicate that for both species of mushrooms, in the long term, we should expect a decrease in collection. For porcini, there is a slowing growth in the quantity of collection, while for chanterelle there is a permanent decrease in the quantity of collection. On that basis, it can be concluded that the initial hypothesis was confirmed.

This research is particularly important from the point of implementation of sustainable and multifunctional forest management principles, because the factors that have the most intense impact on the distribution of species in nature shall be studied, in order to ensure their survival and rational use. In addition, non-wood forest products are of great importance for the economic development of rural areas, and the studies conducted are also important from the aspect of sustainable development of local communities and regions.

Further research should be focused on:

- the analysis of the effect of selected climate elements on the quantity of collection of other economically important non-wood forest products (berries and other forest fruits and medicinal and aromatic plants);
- the analysis of the influence of selected climate elements on changes in the state of forest ecosystems (number, dimensions and growth of trees, the stands structure, soil composition, etc. and so on.), and, in this regard, changes in the collected quantities of non-wood forest products.

Acknowledgment: The research was realized as part of the project „Studying climate change and its influence on the environment - monitoring the impacts, adaptation and mitigation“ (43007), subproject „Socio-economic development, mitigation and adaptation to climate change“ (43007/16), financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia within the framework of integrated and interdisciplinary research.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Belcher B., Schreckenberk K. (2007): *Commercialisation of Non-timber Forest Products: A Reality Check*, Development Policy Review 25(3), Blackwell Publishing Ltd., London (355-377)
- Bonet J.A., Fischer C.R., Colinas, C. (2004): *The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in Pinus sylvestris forests of the central Pyrenees*. Forest Ecology and Management 203(1-3), Elsevier, Amsterdam (157-175)
- Bonet J.A., Palahi M., Colinas C., Pukkala T., Fischer C.R., Miina J., de Aragon J.M. (2010): *Modelling the production and species richness of wild mushrooms in pine forests of the Central Pyrenees in northeastern Spain*, Canadian Journal of Forest Research 40, NRC Research Press (347-356)
- Bonet J.A., Pukkala T., Fischer C., Palahi M., de Aragon J.M., Colinas C. (2008): *Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scots pine (Pinus sylvestris L.) forests in the Central Pyrenees*, Annals of Forest Science 62(2), Institut National de la Recherche Agronomique (206)
- Keča Lj. (2009): *Ekonomska isplativost proizvodnje drveta u zasadima topole u Ravnom Sremu*, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd
- Kucuker D.M., Baskent E.Z. (2015): *Spatial prediction of Lactarius deliciosus and Lactarius salmonicolor mushroom distribution with logistic regression models in the Kizilcasu Planning Unit, Turkey*, Mycorrhiza 25, Springer, Berlin (1-11)
- Lindner M., Garcia-Gonzalo J., Kolström M., Green T., Reguera R., Maroschek M., Seidl R., Lexer M.J., Netherer S., Schopf A., Kremer A., Delzon S., Barbati A., Marchetti M., Corona P. (2008): *Impacts of Climate Change on European Forests and Options for Adaptation*, Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development, AGRI-2007-G4-06, European Forest Institute, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection, INRA - UMR Biodiversité Gènes et Communautés, Italian Academy of Forest Sciences
- (1993-2014): *Meteorološki godišnjak - 1. klimatološki podaci*, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd
- Nedeljković J. (2015): *Mala i srednja preduzeća za otkup, preradu i plasman nedravnih šumskih proizvoda, kao činilac razvoja šumarstva privatnog sektora u Srbiji*, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd (404)
- O'Dell T.E., Ammirati J.F., Schreiner E.G. (2000): *Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the Tsuga heterophylla zone*, Canadian Journal of Botany 77(12), NRC Research Press (1699-1711)
- (2010): *Prvi izveštaj republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih Nacija o promeni klime*, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Beograd
- Ranković N., Nonić D., Nedeljković J., Stamatović S. (2014): *Relationship of some climate elements and collected quantities of non-wood*

forest products in Serbia in the period 1993-2011, In: „Challenges: Sustainable Land Management-Climatic Change“, Zlatić M., Kostadinov S. (Eds.), *Advances in GeoEcology* 43 (231-242)

(2015): *Rezime poglavlja promene klime, pogođenost i adaptacija drugog izveštaja R. Srbije prema okvirnoj konvenciji UN o promeni klime*, radna verzija, Ministarstvo poljoprivrede i životne sredine, Beograd

Unkašević M. (2005): *Šumarska ekoklimatologija*, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (231)

Vidale E. (2008): *Non-Timber Forest Product Marketing: the case-study of the Company „DallaValle Oy“ in Finland*, Master thesis, Università Di Padova, Facoltà Di Agraria, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali, Padova (63)

Zaječaranović G. (1987): *Osnovi metodologije nauke*, Naučna knjiga, Beograd (239)

(2012): *Uputstvo za berače*, Udruženje „Šumski plodovi Srbije“, Čačak

