

UDK: 630*892.71:551.583

Оригинални научни рад

<https://doi.org/10.2298/GSF1716189R>

УТВРЂИВАЊЕ ОБИМА САКУПЉАЊА ШУМСКЕ ЈАГОДЕ, БОРОВНИЦЕ И КЛЕКЕ У СРБИЈИ У ОДНОСУ НА РАЗЛИЧИТЕ СЦЕНАРИЈЕ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

др Ненад Ранковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
дипл. инж. Зоран Подушка, истраживач-сарадник, Институт за шумарство, Београд
др Драган Нонић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
др Јелена Недељковић, доцент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
мр Мирјана Станишић, докторант, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

Извод: У раду је испитиван утицај климатских елемената на обим сакупљених количина боровнице, шумске јагоде и клеке у Србији. Основни циљ истраживања је да се предвиде количине одабраних шумских плодова у зависности од различитих сценарија климатских промена ($A1B_{min}$, $A1B_{max}$, $A2_{min}$ и $A2_{max}$). У истраживању су коришћене опште (метода моделовања), основне (дијалектичка) и посебне (индукција и дедукција, анализа и синтеза, апстракција и конкретизација) научне методе. Приликом обраде података коришћени су регресиони модели, где је тежиште дато на статистичкој значајности коефицијента корелације у односу на статистичку значајност параметара. Истраживањем је утврђено да се у наредном периоду, са порастом температуре и падавина, може очекивати пораст сакупљених количина шумских јагода и боровница, а опадање клеке. Дугорочније прогнозе указују да се код шумских јагода и боровница може очекивати раст, са тенденцијом успорења после 2040. године, док се код клеке може очекивати опадање, такође са тенденцијом успорења после 2040. године.

Кључне речи: шумска јагода, боровница, клека, температура, падавине, клима, стопа раста

УВОД

Шумски екосистеми значајни су због утицаја на климатске промене, али такође и због ефеката климатских промена на производе и услуге из шумских екосистема. У прилог томе говоре подаци да је вредност трговине шумским производима, у Европи процењена на 243 млрд. € годишње, при чему предузећа у сектору шумарства имају пословни промет око 300 млрд. € и запошљавају 2 мил. људи (Sisak, 2011). На тако богатом тржишту, поред

дрвета као главног производа, развијено је и тржиште мноштва недрвних шумских производа (НДШП). Коришћење НДШП заузима значајно место у мултифункционалном газдовању шумама, које има значајну улогу у ублажавању и прилагођавању на негативне ефекте климатских промена. Ови производи представљају битан фактор у процесу гајења и коришћења шума и, у том смислу, могу утицати на њихову одрживост (Vantomme, 2004).

Тржишна конкурентност НДШП у Србији је висока и заснована на компаративним предностима богатства ресурса (Dragović *et al.*, 2006). Укупна процењена нетржишна вредност бобичастих шумских плодова и другог шумског воћа (БПШВ) и биљака је 5,47 мил. €. Најважнија врста је боровница, са процењеном вредношћу од 2,2 мил. € (2007). Вредност сакупљених гљива процењена је на око 0,5 мил. € (2007). С обзиром да НДШП, за разлику од дрвета, могу у већој мери да мотивишу учеснике у ланцу снабдевања (који укључује процесе набавке, прераде и пласмана), предузета су истраживања о утицају климатских промена на обим сакупљања неких гљива (вргања и лисичарке) у Србији (Ranković *et al.*, 2016). Резултати ових истраживања су показали да постоје значајне разлике обиму сакупљања између вргања и лисичарке, под утицајем температуре (T) и падавина (P). Као наставак наведених истраживања, посматрани су БПШВ, а као најзначајнији представници одабрани су боровница, шумска јагода и клека. За боровницу је утврђено да је најзначајнија врста у Србији, како за сакупљаче тако и за откупљиваче (2007), а клека и шумска јагода имају значајан удео у укупним сакупљеним количинама БПШВ (Nedeljković, 2015).

У територијалном смислу истраживање је извршено на територији Републике Србије, без аутономних покрајина. Период истраживања који се односи на податке о количини сакупљених плодова боровнице, шумске јагоде и клеке, као и за количине падавина и просечне температуре је од 1993. до 2016. године. За податке о сценаријима климатских промена, тај период је од 2015. до 2100. год. Као сценарији, који одговарају сврси истраживања, коришћени су А1Б и А2 (2015). Посматрани климатски елементи, температура и падавине, процењени су за минималну (\min) и максималну (\max) варијанту, па је на основу тога истраживање вршено са подацима о следећим варијантама сценарија климатских промена: $A1B_{\min}$, $A1B_{\max}$, $A2_{\min}$ и $A2_{\max}$.

Основни **циљ** истраживања је да се утврди кретање обима сакупљања шумске јагоде, боровнице и клеке, које се може очекивати у различитим сценаријима климатских промена,

заснованих на прогнозама промена температуре и падавина. **Сврха** предузетих истраживања је у томе да се, на бази предвиђања промена у количинама, утврде просечне годишње стопе раста обима сакупљања ових производа у наредном периоду и тако сагледа утицај климатских промена на обим сакупљања БПШВ. **Предмет** истраживања су били просечна годишња температура (T), просечна годишња количина падавина (P) и сакупљене количине шумских јагода (Q_{sj}), боровнице (Q_b) и клеке (Q_k).

У складу с тим, формирана је следећа основна хипотеза:

- у односу на посматрану комбинацију утицаја висине температуре и обима падавина, при њиховом расту, може се очекивати да обим сакупљених количина шумске јагоде, боровнице и клеке, у просеку, расте.

МЕТОД РАДА

У истраживању је, од општих метода, коришћена метода моделовања, а од основних дијалектичка метода. Поред њих, коришћене су и посебне научне методе: индукција и дедукција, анализа и синтеза, апстракција и конкретизација, итд.

Метода моделовања је коришћена за формирање одговарајућих аналитичких модела (експоненцијални модели тренда посматраних величина и модели кретања обима сакупљања на бази висине температуре и обима падавина). Пошто је, у овом случају, основна сврха регресионих модела прогноза будућих вредности, тежиште је на статистичкој значајности коефицијента корелације (Јовић, 1981) у односу на статистичку значајност параметара.

Као помоћна метода за добијање информација о висини температуре и обиму падавина на основу различитих климатских сценарија, коришћена је метода процене (Zajčarapović, 1987), у комбинацији са применом регресионе и корелационе анализе. Ова метода се примењује у случајевима када не постоји могућност тачног и прецизног обрачуна, који би у потпуности уважавао све оно што се дешава у стварности.

У наредном кораку истраживања, на бази процењених вредности, формиран су регресиони модели тренда (Dragutinović Mitrović, Vošković, 2016) обима сакупљања, па из тог разлога и на тај начин добијени нумерички по-

даци имају карактер процене. Поред регресионих модела тренда, додатно је коришћена техника графички оријентисаног предвиђања, уграђена у коришћени програм за унакрсна табеларна израчунавања (опција „forecasting sheet“).

Табела 1. Време (t), температура (T) и падавине (P) - измерено (1993-2015. год.) и прогноза према климатским сценаријима (2016-2100. год.)

t	T				P			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
год.	°C				mm·m ⁻²			
1993.								
1994.								
1995.								
1996.								
1997.								
1998.								
1999.								
2000.								
2001.								
2002.								
2003.								
2004.								
2005.								
2006.								
2007.								
2008.								
2009.								
2010.								
2011.								
2012.								
2013.								
2014.								
2015.								
2016-2040.	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: (Ranković *et al.*, 2016) и (2015)

Табела 2. Сакупљене количине шумских плодова

Време	Шумска јагода	Боровница	Клека
t	Q_{sj}	Q_b	Q_k
god.	t		
1993.	/	1.072,80	2.142.900,00
1994.	7,60	17,10	313.800,00
1995.	2,15	61,37	2.507.500,00
1996.	3,00	51,85	984.216,00
1997.	3,00	6,50	562.200,00
1998.	0,52	59,20	815.200,00
1999.	1,22	365,74	438.180,00
2000.	11,63	253,46	258.420,00
2001.	5,21	166,12	/
2002.	4,55	180,51	31.385,00
2003.	2,74	488,45	10.150,00
2004.	14,53	277,11	206.850,00
2005.	20,69	681,85	200.980,00
2006.	9,00	1.580,40	305,50
2007.	66,05	2.023,50	402,60
2008.	61,00	2.260,65	843,05
2009.	88,75	1.342,23	493,52
2010.	197,05	2.482,65	811,36
2011.	161,50	2.262,10	1.009,63
2012.	125,32	1.446,95	406,03
2013.	137,40	1.672,50	316,15
2014.	122,15	2.062,19	1.264,58
2015.	161,60	1.848,15	1.331,90

Извор: (Ranković *et al.*, 2016) и интерна документа Управе за шуме

База података је формирана на следећи начин:

1. формирани су низови података о висини температуре и обиму падавина (табела 1);
 - за период од 1993-2015. год. коришћени су стварни (измерени) подаци (2016, Ranković *et al.*, 2016);
 - за период после 2015. год. коришћени су подаци генерисани на основу одабраних сценарија промене климе (2015);

2. формирани су низови података за шумску јагоду, боровницу и клеку (табела 2);

- за период од 1993-2015. год. коришћени су стварни (измерени) подаци (1993-2015);
- за период после 2015. год. коришћени су подаци обрачунати на основу регресионих модела и процењених вредности за T и P према одабраним сценаријима промене климе (2015).

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ЊИХОВА АНАЛИЗА

Процена кретања обима сакупљања посматраних БПШВ у наредном периоду (2016-2100. год.), рађена је за различите сценарије промене климе (A1B и A2), на основу промена одабраних климатских елемената T и P), а за различите варијанте регресионих модела (комбиновани и експоненцијални).

Ради бољег прегледа и разумевања резултата, њихова структура је приказана у три целине. Посебно су приказани резултати везани за сваку врсту посматраних шумских плодова (шумска јагода, боровница и клека).

Шумска јагода

Када се ради о кретању обима сакупљања шумских јагода (Q_{sj}), у периоду 1993-2015. године, видљива је растућа тенденција, а у будућности се предвиђа наставак таквог раста. При томе, постоји могућност да се у песимистичкој варијанти сценарија (PV) таква тенденција измени и дође до опадања (графикон 1).

Утицај T и P на Q_{sj} , исказан је кроз два регресиона модела (експоненцијални и комбиновани), а њихови елементи дати су у табели 3. Обе варијанте модела задовољавају услов за прогнозу на скоро идентичан начин ($R_e=0,8024$ и $R_k=0,8028$, а оба су сигнификантна).

Регресионе једначине имају следећи облик:

- експоненцијални модел

$$Q_{sj}=0,062 \cdot 1,397^T \cdot 0,999^P \cdot 1,266^t;$$

- комбиновани модел

$$Q_{sj}=0,120 \cdot T^{3,29} \cdot P^{-0,87} \cdot 1,267^t.$$

Табела 3. Елементи регресионих модела обима сакупљања шумских јагода

$\ln a$	$t_{(\ln a)}$	b	$t_{(b)}$	c	$t_{(c)}$	d	$t_{(d)}$	R^2	R	F
Експоненцијални модел										
-2,787	-0,66	0,334	0,94	-0,001	-0,73	0,236	6,60*	0,896	0,8024	24,36*
Комбиновани модел										
-2,120	-0,16	3,290	0,84	-0,870	-0,83	0,240	6,66*	0,896	0,8028	24,42*

* - Статистички сигнификантно на нивоу $\alpha=0,05$.

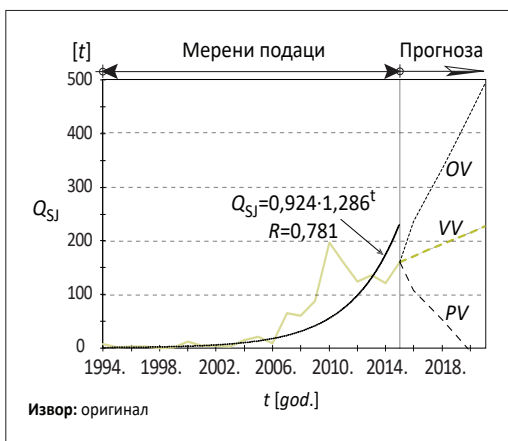
Извор: оригинал

Табела 4. Обим сакупљања шумских јагода (Q_{sj}) према сценаријима климатских промена и варијантама регресионих модела (y t)

Време	Варијанта модела							
	Комбиновани				Експоненцијални			
	Климатски сценарио							
год.	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015.	161,60	161,60	161,60	161,60	161,60	161,60	161,60	161,60
2040.	77.989,90	87.116,78	65.316,07	73.525,14	87.426,01	99.601,82	73.346,99	84.122,63
2070.	170,76·10 ⁶	188,62·10 ⁶	113,59·10 ⁶	126,33·10 ⁶	190,41·10 ⁶	216,93·10 ⁶	134,01·10 ⁶	153,70·10 ⁶
2100.	206,86·10 ⁹	228,50·10 ⁹	137,61·10 ⁹	153,04·10 ⁹	359,73·10 ⁹	409,82·10 ⁹	409,82·10 ⁹	504,24·10 ⁹

Извор: оригинал

Ове једначине су послужиле као основа за прогнозу Q_{sj} , увршћивањем одговарајућих вредности за T и P , према одабраним климат-



Графикон 1. Ток кретања обима сакупљања шумских јагода, експоненцијални тренд и прогноза до 2021. године, са вероватном (VV), оптимистичком (OV) и песимистичком (PV) варијантом

ским сценаријима, као и одговарајуће године (табела 4). У том смислу, у односу на два сценарија промене климатских елемената, уочљиво је да се највећи раст Q_{sj} може очекивати у периоду 2071-2100. године, према сценарију A2_{max} (експоненцијални модел), а најмањи у периоду 2016-2040. године, према сценарију A2_{min} (комбиновани модел). При томе, запажа се да експоненцијални модел даје нешто више износе Q_{sj} у односу на комбиновани модел.

На основу прогнозираних величина за Q_{sj} , у даљем поступку, обрачунате су одговарајуће просечне годишње експоненцијалне стопе раста (I_s). Тако је I_s у периоду 1993-2015. год. износила 28,58%. Ако се узму у обзир констатоване промене T и P , у односу на сва четири коришћена климатска сценарија, запажа се да I_s постепено опада (табела 5, графикон 2), али после 2040. год. може се очекивати да то опадање буде значајно спорије.

Овакви резултати указују да ће, највероватније, раст Q_{sj} са временом бити све спорији, али ће се таква тенденција, иако успорена, и

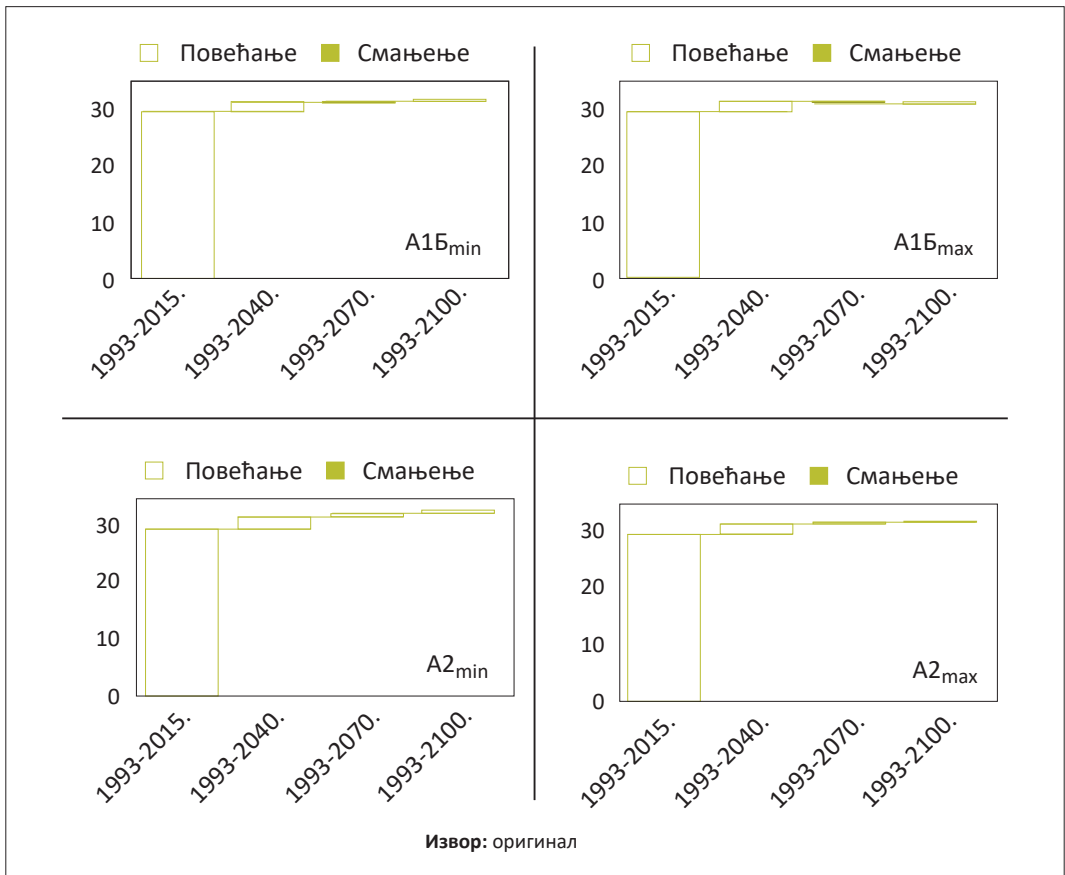
Табела 5. Промене у стопама раста обима сакупљања шумских јагода (I_s) у зависности од климатског сценарија и облика регресионог модела по посматраним периодима (γ %)

Период	Варијанта модела							
	Комбиновани				Експоненцијални			
	Климатски сценарио							
god.	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
1993-2015.	29,58	29,58	29,58	29,58	29,58	29,58	29,58	29,58
1993-2040.	27,60	27,83	27,24	27,48	27,84	28,11	27,47	27,76
1993-2070.	27,85	28,04	27,20	27,42	28,07	28,33	27,49	27,76
1993-2100.	27,69	27,84	27,10	27,26	28,21	28,42	28,08	28,35

Извор: оригинал

даље задржати. Пошто нема битне разлике у односу на климатске сценарије и облик регре-

сионе криве, ова тврдња се може сматрати прилично вероватном.



Графикон 2. Промене I_s сакупљања шумских јагода по периодима и климатским сценаријима (комбиновани регресиони модел)

Боровница

Слично као и код кретања обима сакупљања шумске јагоде, и код обима сакупљања боровнице (Q_B) је у периоду 1993-2015. год. видљива растућа тенденција, а у будућности се предвиђа наставак таквог раста. И у овом случају постоји могућност да се у *PV* сценарију таква тенденција измени и дође до опадања (графикон 3).

Ако се посматра утицај T и P на Q_B , запажа се да и у овом случају тај утицај најбоље одсликавају две регресионе форме - експоненцијална и комбинована (табела 6). Слично, као и у претходном случају, код обе варијанте модела добијени су скоро идентични коефицијенти корелације ($R_e=0,788$ и $R_k=0,790$), који су статистички сигнификантни.

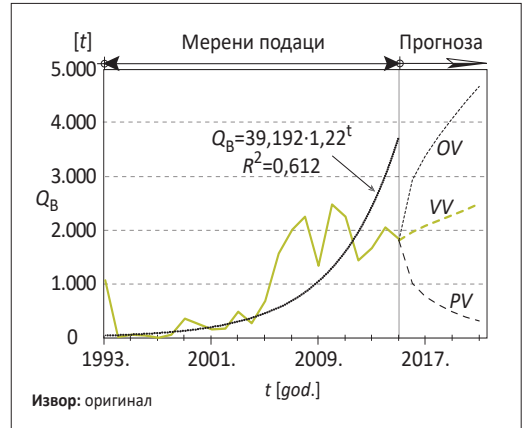
Регресионе једначине имају следећи облик:

- експоненцијални модел

$$Q_B = 121,048 \cdot 0,973^T \cdot 0,999^P \cdot 1,227^t;$$

- комбиновани модел

$$Q_B = 42.434,98 \cdot T^{-0,32} \cdot P^{-0,96} \cdot 1,227^t.$$



Графикон 3. Ток кретања обима сакупљања боровница, експоненцијални тренд и прогноза до 2021. године, са вероватном (*VV*), оптимистичком (*OV*) и песимистичком (*PV*) варијантом

На исти начин као и у претходном случају, увршћивањем одговарајућих вредности за T и P , према одабраним климатским сценаријима,

Табела 6. Елементи регресионих модела обима сакупљања боровница (Q_B)

$\ln a$	$t_{(\ln a)}$	b	$t_{(b)}$	c	$t_{(c)}$	d	$t_{(d)}$	R^2	R	F
Експоненцијални модел										
4,796	0,92	-0,028	-0,06	-0,001	-0,66	0,205	4,54*	0,621	0,788	10,38*
Комбиновани модел										
10,660	0,66	-0,320	-0,06	-0,960	-0,75	0,200	4,57*	0,624	0,790	10,50*

* - Статистички сигнификантно на нивоу $\alpha=0,05$.

Извор: оригинал

Табела 7. Обим сакупљања боровница (y t) према сценаријима климатских промена и варијантама регресионих модела

Време	Варијанта модела							
	Комбиновани				Експоненцијални			
	Климатски сценарио							
год.	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015.	1.848,2	1.848,2	1.848,2	1.848,2	1.848,2	1.848,2	1.848,2	1.848,2
2040.	632.562,9	625.790,3	559.778,3	553.369,4	779.140,8	770.867,9	705.253,3	697.383,1
2070.	367,1·10 ⁶	363,6·10 ⁶	218,6·10 ⁶	247,5·10 ⁶	414,7·10 ⁶	410,3·10 ⁶	314,9·10 ⁶	311,4·10 ⁶
2100.	169,9·10 ⁹	168,2·10 ⁹	115,7·10 ⁹	114,5·10 ⁹	184,7·10 ⁹	182,7·10 ⁹	182,7·10 ⁹	193,9·10 ⁹

Извор: оригинал

Табела 8. Промене у стопама раста обима сакупљања боровнице (I_s) у зависности од климатског сценарија по посматраним периодима (у %)

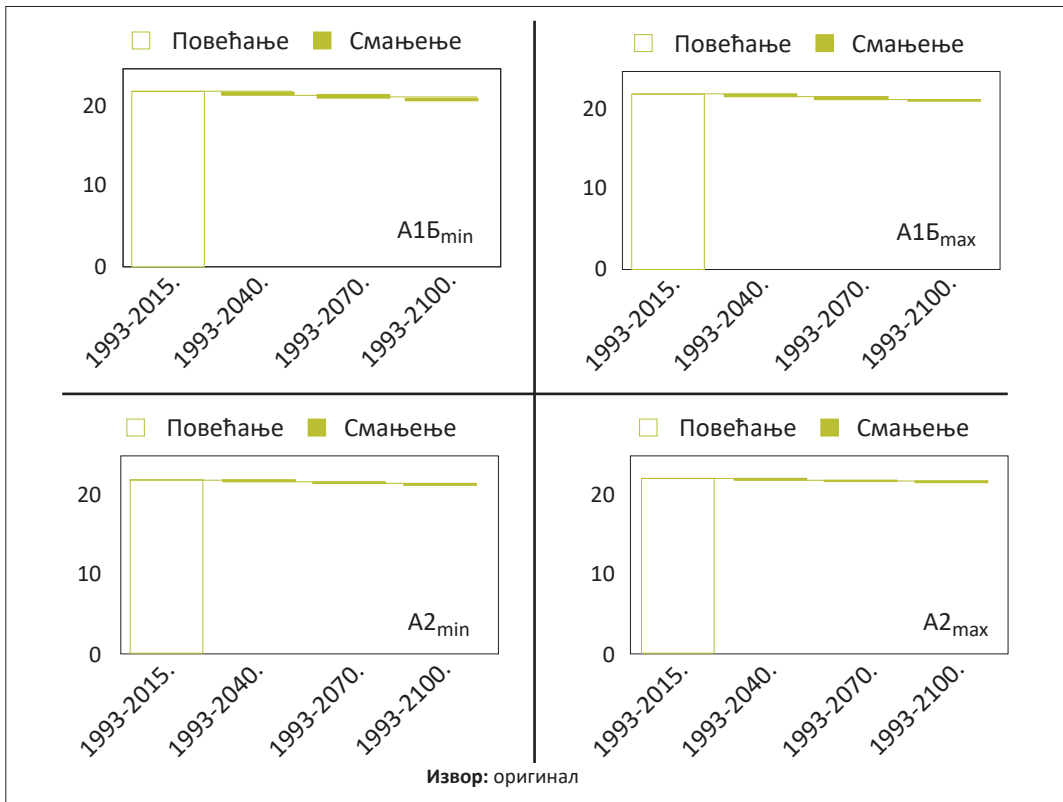
Период	Варијанта модела							
	Комбиновани				Експоненцијални			
	Климатски сценарио / Climate scenario							
год.	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
1993-2015.	21,98	21,98	21,98	21,98	21,98	21,98	21,98	21,98
1993-2040.	22,26	22,25	22,03	22,02	22,65	22,63	22,47	22,45
1993-2070.	22,75	22,73	22,04	22,19	23,02	23,01	22,63	22,61
1993-2100.	22,84	22,83	22,26	22,32	23,02	23,00	22,85	22,89

Извор: оригинал

као и одговарајуће године, добијене су прогнозе за Q_B (табела 7). При томе, уочљиво је да се највећи раст Q_B може очекивати у периоду 2071-2100. год. према сценарију A2_{max} (експоненцијални модел), а најмањи према сценарију A2_{max} (комбиновани модел). Такође, запажа

се и да комбиновани модел даје нешто ниже износе Q_B у односу на експоненцијални модел.

Просечна годишња експоненцијална стопа раста обима сакупљања боровнице (I_s), у периоду 1993-2015. год. износи око 22,0%. Уважавајући констатоване промене T и P , у односу на



Графикон 4. Промене I_s сакупљања боровнице по периодима и климатским сценаријима (комбиновани регресиони модел)

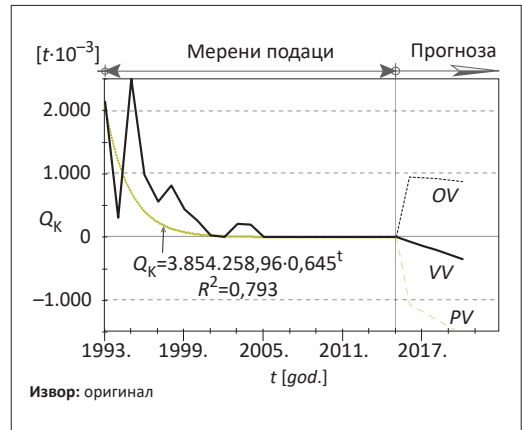
сва четири коришћена климатска сценарија, запажа се да I_s постепено опада (табела 8, графикон 4), али се после 2070. год. може очекивати да то опадање престане.

Оваква ситуација указује на то да ће, највероватније, раст Q_b са временом бити све спорији, али ће се таква тенденција, иако успорена, и даље задржати. Ова тврдња се може сматрати веродостојном, јер нема великих разлика у односу на облике регресионих модела и климатске сценарије.

Клека

Сасвим супротна ситуације је код кретања обима сакупљања клеке (Q_k), јер је у периоду 1993-2015. године видљива опадајућа тенденција, а у будућности се предвиђа наставак таквог опадања. Ипак, постоји одеђена вероватноћа да се у *OV* сценарију таква тенденција измени и дође до пораста (графикон 5).

Утицај *T* и *P* на Q_k најбоље одсликавају две регресионе форме - експоненцијална и комбинована (табела 9). Као и у свим претходним случајевима, код обе варијанте модела добијени су скоро идентични коефицијенти корелације



Графикон 5. Ток кретања обима сакупљања клеке, експоненцијални тренд и прогноза до 2021. године, са вероватном (VV), оптимистичком (OV) и песимистичком (PV) варијантом

ције ($R_e=0,905$ и $R_k=0,904$), који су статистички сигнификантни.

Регресионе једначине имају следећи облик:

- експоненцијални модел

$$Q_k = 2,6 \cdot 10^9 \cdot 0,476^t \cdot 1,002^P \cdot 0,667^t;$$

- комбиновани модел

$$Q_k = 10,02 \cdot 10^{12} \cdot T^{-8,63} \cdot P^{0,83} \cdot 0,671^t.$$

Табела 9. Елементи регресионих модела обима сакупљања клеке (Q_k)

$\ln a$	$t_{(\ln a)}$	b	$t_{(b)}$	c	$t_{(c)}$	d	$t_{(d)}$	R^2	R	F
Експоненцијални модел										
21,680	3,01*	-0,743	-1,18	0,002	0,67	-0,405	-6,46*	0,818	0,905	27,04*
Комбиновани модел										
29,936	1,33	-8,629	-1,25	0,833	0,46	-0,399	-6,36*	0,817	0,904	26,76*

* - статистички сигнификантно на нивоу $\alpha=0,05$.

Извор: оригинал

Табела 10. Обим сакупљања клеке (Q_k) према сценаријима климатских промена и варијантама регресионих модела (y t)

Време	Варијанта модела							
	Комбиновани				Експоненцијални			
	Климатски сценарио							
год.	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015.	1.331,90	1.331,90	1.331,90	1.331,90	1.331,90	1.331,90	1.331,90	1.331,90
2040.	0,009	0,013	0,012	0,008	0,009	0,006	0,012	0,009
2070.	$17,45 \cdot 10^{-9}$	$13,44 \cdot 10^{-9}$	$28,21 \cdot 10^{-9}$	$21,35 \cdot 10^{-9}$	$12,32 \cdot 10^{-9}$	$12,32 \cdot 10^{-9}$	$12,32 \cdot 10^{-9}$	$12,32 \cdot 10^{-9}$
2100.	$0,11 \cdot 10^{-12}$	$0,09 \cdot 10^{-12}$	$0,18 \cdot 10^{-12}$	$0,14 \cdot 10^{-12}$	$0,02 \cdot 10^{-12}$	$0,02 \cdot 10^{-12}$	$0,02 \cdot 10^{-12}$	0,01 $\cdot 10^{-12}$

Извор: оригинал

Табела 11. Промене у стопама раста обима сакупљања клеке (I_s) у зависности од климатског сценарија по посматраним периодима (у %)

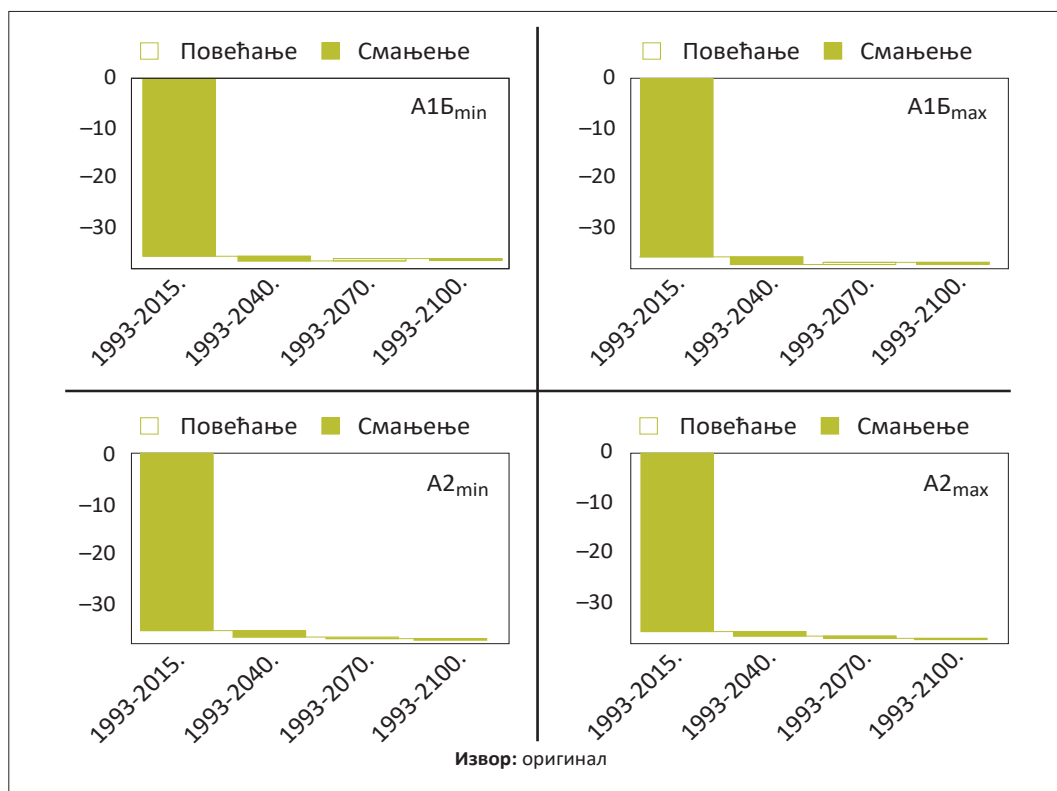
Период	Варијанта модела							
	Комбиновани				Експоненцијални			
	Климатски сценарио							
год.	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
1993-2015.	-35,53	-35,53	-35,53	-35,53	-35,53	-35,53	-35,53	-35,53
1993-2040.	-34,36	-33,97	-34,10	-34,43	-34,36	-34,69	-33,97	-34,30
1993-2070.	-34,36	-34,43	-33,97	-34,23	-34,56	-34,69	-34,49	-34,56
1993-2100.	-34,10	-34,23	-33,70	-33,97	-34,82	-34,95	-34,88	-35,08

Извор: оригинал

Према овако добијеном моделима, запажа се да са порастом T обим Q_k опада, док са повећањем P расте, а фактор тренда (параметар уз t) указује да сви остали фактори делују у смеру опадања Q_k током времена.

Увршћивањем одговарајућих вредности за T и P , према одабраним климатским сценари-

јима, као и одговарајуће године, добијене су прогнозе за Q_k (табела 10). При томе, уочљиво је да се највеће вредности Q_k могу очекивати у периоду 2016-2040. године, према сценарију A2_{min} (комбиновани модел), а најмањи у периоду 2071-2100. године, према сценарију A2_{max} (комбиновани модел).



Графикон 6. Промене I_s обима сакупљања клеке по периодима и климатским сценаријима (комбиновани регресиони модел)

Просечна годишња експоненцијална стопа раста (I_s) обима сакупљања клеке, у периоду 1993-2015. године, износи $-35,53\%$ (опадајућа стопа раста). Уважавајући констатоване промене T и P , у односу на сва четири коришћена климатска сценарија, запажа се да I_s постепено опада (табела 11, графикон 6). У суштини, ради се о постепеном смањењу степена опадања током времена (успоравање опадања), у односу на промене T и P , предвиђене климатским сценаријима, али ће се негативна стопа раста задржати до краја периода прогнозе (2100. год.). Такође, треба напоменути да оба регресиона модела, у овом случају, дају веома блиске резултате по питању екстремних вредности I_s .

ДИСКУСИЈА

Промене које предвиђају сценарији климатских промена имају одређене последице, јер шуме су комплексни биоекосистеми, у којима се, истовремено, одвијају процеси раста и одумирања живе материје. Измене услова за раст условљавају промене у функционисању шумских екосистема (Vučković, Stajić, 2003, Reyer *et al.*, 2017). Промена климе директно утиче на кључне процесе у шумским екосистемима, попут фотосинтезе, али има и индиректне ефекте, кроз промене карактеристика тла или састава врста (Reyer *et al.*, 2017). Неке од ефеката климатских промена, већ је могуће уочити, као рецимо чињенице да је дошло до промена у фенологији, како дрвенастих, тако и зељастих врста (Ranković *et al.*, 2014). Утицај климатских елемената на раст НДШП запажен је и од стране локалног становништва, које се бави њиховим сакупљањем. Наиме, сакупљачи на подручју Копаоника и Бељанице, у највећем броју сматрају да су климатски услови највећа претња расту НДШП (Nedeljković *et al.*, 2015).

Оно што је заједничка карактеристика овде датих прогноза јесте да, по свим моделима и свим сценаријима климатских промена, обим сакупљања клеке опада, док обим сакупљања шумских јагода и боровница расте. То указује на смер утицаја температуре и падавина код посматраних врста БПШВ, који више погодују

шумским јагодама и боровницама, али не одговарају клеки.

Посматрајући прогнозиране количине сакупљених БПШВ, према добијеним моделима, може се запазити да њихове апсолутне вредности, што су удаљеније од садашњости, расту (јагода и боровница) или опадају (клека) до нереалних вредности. Претходна истраживања о односу неких климатских елемената и обима сакупљања НДШП, указују да бобичасти плодови имају позитиван просечни годишњи апсолутни раст (шумска јагода $11,19 t \cdot god^{-1}$ и боровница $131,20 t \cdot god^{-1}$). Такође је утврђено да се, са повећањем температуре за $1^\circ C$, може очекивати да се обим сакупљања шумске јагоде повећа за око $0,4\%$, а са повећањем количине падавина за $1 mm \cdot m^{-2}$ смањење за око $0,001\%$, при чему се може очекивати просечно годишње повећање за око $2,7\%$ (деловање временске компоненте модела). Слична је ситуација и са боровницом, јер је утврђено да се, са повећањем температуре за $1^\circ C$ може очекивати повећање обима сакупљања за око $0,5\%$, а са повећањем количине падавина за $1 mm \cdot m^{-2}$ смањење за око $0,002\%$, при чему се може очекивати просечно годишње повећање за око $2,5\%$ (утицај временске компоненте модела) (Ranković *et al.*, 2014). Међутим, таква ситуација није забележена у истраживањима кретања обима сакупљања гљива у Србији (Ranković *et al.*, 2016)¹.

То говори да модели, везани за шумске плодове, са температуром и падавинама, као главним варијаблама, не обухватају све битне утицајне факторе, који делују на промену обима сакупљања. Зато је потребно даља истраживања усмерити на откривање таквих утицајних фактора² и њихово увршћивање у моделе, као додатних варијабли, да би тако унапређени модели били прецизнији и могли да се користе у практичне сврхе.

¹ Рађена према истој методолошкој процедури и са истим варијаблама.

² Као неки од могућих утицајних фактора могу се навести: број сакупљача, број откупљивача, промена величина активне површине за сакупљање, географска ширина, надморска висина, број сунчаних дана у сезони, стање шума (површина, структура по врстама дрвећа, итд.), технолошки фактори (транспорт, складишни и прерадни капацитети, итд.) и тржишни фактори (цена откупа, извозна цена, итд.).

Из оваквог односа обима сакупљања на промене T и P , код БПШВ и гљива, може се запазити да су БПШВ мање осетљиви на промене T и P од гљива, где је тај утицај истакнутији (што, на неки начин, одговара биолошкој природи гљива). Тако је претходним истраживањима утврђено да се, у периоду 2001-2011. године, јавља снажно изражена растућа тенденција код гљива (11,54% код врगाња и 10,63% код лисичарке), што значи да се у последњих 11 год. обим сакупљања печурака убрзано повећава (Ranković *et al.*, 2014). Наведено је у складу са препорукама претходних истраживања, где је истакнуто да „...са аспекта доследне примене принципа одрживог развоја, веома је важно утврдити који фактори најинтензивније делују и обезбедити њихово контролисање, да би се обезбедио трајни опстанак ових врста, које имају веома изражен економски значај и утицај на рурални развој“ (Ranković *et al.*, 2014).

ЗАКЉУЧЦИ

На основу резултата спроведених истраживања, могу се генерисати следећи закључци:

- општа прогноза кретања обима сакупљања посматраних бобичастих плодова и шумског воћа указује да се, у наредном периоду, може очекивати да расту Q_{Sj} и Q_B (иде у прилог постављеној хипотези), а опада Q_K (не иде у прилог постављеној хипотези);
- са порастом T може се очекивати раст, а са порастом P опадање Q_{Sj} ;
- са порастом T и P може се очекивати опадање Q_B ;
- са порастом T може се очекивати опадање, а са порастом P повећање Q_K ;
- код шумских јагода и боровница може се очекивати да I_5 расте, са тенденцијом успорења после 2040. год. (иде у прилог постављеној хипотези), док се код клеке може

очекивати опадање (не иде у прилог постављеној хипотези), а са тенденцијом успорења таквог опадања после 2040. године.

Одрживо коришћење природних ресурса, који представљају богатство сваке земље, постаје проблем глобалног значаја, јер нерационално коришћење, уз негативне ефекте климатских промена, може довести до њиховог потпуног ишчезавања. Са друге стране, углавном се мала и средња предузећа баве коришћењем ових производа. Како успешност њиховог пословања директно зависи од могућности набавке сировине (тј. урода недрвних шумских производа), оваква врста истраживања има практични значај, јер указује привредним субјектима какве промене се могу очекивати у будућности и на шта могу да рачунају при планирању набавке сировине.

У наредном периоду, истраживања се могу наставити у правцу идентификације других утицајних фактора (поред T и P), посматрања понашања обима сакупљања лековитог и ароматичног биља под утицајем T и P , као и промена на тржишту ових шумских производа, у зависности од промена T и P . При томе, треба имати у виду да су се изменили глобални сценарији промена климе, па се то мора узети у обзир приликом спровођења таквих истраживања.

Напомена: Истраживање је реализовано у оквиру пројекта „Истраживање социо-економских аспеката ризика услед климатских промена у шумским подручјима“ (бр. 40100-1457/2015-10), финансираног од стране Министарства пољопривреде и заштите животне средине - Управе за шуме и пројекта „Истраживања климатских промена и њиховог утицаја на животну средину - праћење утицаја, адаптација и ублажавање“, подпројекат „Социо-економски развој, ублажавање и адаптација на климатске промене“ (ев. бр. 43007, ев. бр. подпројекта 43007/16-III), финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

DETERMINATION OF COLLECTED QUANTITIES OF WILD STRAWBERRY, BLUBERRY AND JUNIPER IN SERBIA IN RELATION TO DIFFERENT SCENARIOS OF CLIMATE CHANGE

Dr. Nenad Ranković, full 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

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

MSc Mirjana Stanišić, PhD student, University of Belgrade-Faculty of Forestry, Belgrade

Abstract: This study examines the influence of some climate elements on the collected quantities of blueberry, wild strawberry and juniper in Serbia. The main objective of the research is to predict the quantity of selected forest fruits depending on the different climate change scenarios (A1B_{min}, A1B_{max}, A2_{min} and A2_{max}). The general (modeling method), basic (dialectical) and specific scientific methods (induction and deduction, analysis and synthesis, abstraction and concretization) were used. Regression models were used in data processing, where the focus was on the statistical significance of the correlation coefficient in relation to the statistical significance of the parameters. The research found that, in the coming period, with the increase in temperature and precipitation, an increase in the collected amount of wild strawberries and blueberries could be expected, and the decline of juniper. Longer-term forecasts indicate expected growth with wild strawberries and blueberries with a tendency to slow down after 2040, and expected decline with juniper, with the same slow down tendency after 2040.

Key words: wild strawberry, blueberry, juniper, temperature, precipitation, climate, growth rate

INTRODUCTION

Forest ecosystems are significant due to the impact on climate change, but also due to the effects of climate change on products and services derived from forest ecosystems. Supporting data show that the forest products trade value in Europe is estimated at 243 billion € annually, whereby companies in the forestry sector have a business turnover of around 300 billion €, employing 2 mil. people (Sisak, 2011). In such a rich market, besides wood as the main product, the market for many non-wood forest products (NWFP) has also been developed. The use of NWFP takes an important place in the multifunctional forest management, which plays an important role in mitigating and adapting to climate change. These products are an important factor in the process of growing and using forests, which

respectively, can influence their sustainability (Vantomme, 2004).

The market competitiveness of NWFP in Serbia is high and based on the comparative advantages of resource capital (Dragović *et al.*, 2006). The total estimated non-market value of wild berries and other forest fruits (WBFF) and plants is 5.47 mil. €. The most important species is blueberry, with an estimated value of 2.2 mil. € (2007). The value of collected fungi is estimated at about 0.5 mil. € (2007). Since NWFP, unlike wood, can motivate more participants in the supply chain (which includes purchasing, processing and selling processes), research on the impact of climate change on the collected quantities of mushrooms (porcini and chanterelle) in Serbia was undertaken (Ranković *et al.*, 2016). The re-

sults of these studies have shown that there are significant differences in the collected quantities between the porcini and chanterelle mushrooms, influenced by temperature (T) and precipitation (P). As a continuation of the above research, WBFF were observed, whereas blueberries, wild strawberries and junipers were selected as the most significant representatives. Blueberries have been found to be the most important species in Serbia, for both collectors and purchasers (2007), while junipers and wild strawberries have a significant share in the total collected amount of WBFF (Nedeljković, 2015).

The research was carried out in the territory of the Republic of Serbia without autonomous provinces. The research period referring to data on the amount of collected blueberry, wild strawberry and juniper, as well as the amount of precipitation and average temperature, covers the period from 1993-2016. For data on climate change scenarios, referring period is 2015-2100. A1B and A2 (2015) were used as scenarios that correspond to the purpose of the research. Observed climate elements, temperature and precipitation were estimated for the minimum (min) and maximal (max) variant, hence, the research used data on the following variants of the climate change scenarios: A1B_{min}, A1B_{max}, A2_{min} and A2_{max}.

The main **objective** of the research is to determine the trend of collected quantities of wild strawberry, blueberry and juniper, which can be expected in different climate change scenarios based on forecast changes in temperature and precipitation. The **purpose** of the research is to determine the average annual growth rates of collected quantities of these products in the future based on the prediction of changes in the quantities, and thus perceive the impact of climate change on the WBFF collected quantities. The **subject** of the study were the average annual temperature (T), average annual precipitation (P) and collected quantities of wild strawberry (Q_s), blueberry (Q_b) and juniper (Q_j).

Accordingly, the following hypothesis was formed:

- in relation to the observed combination of influence of temperature and precipitation extents, in their growth, it can be expected that the collected quantities of wild strawberry, blueberry and juniper increase on average.

METHODS

In this research, the method of modeling was used, as a (general) dialectical method. In addition, specific scientific methods were also used, such as: induction and deduction, analysis and synthesis, abstraction and concretization, etc.

The modeling method was used for the formation of appropriate analytical models (exponential models of the observed values trend and models of changes in collection quantities based on the temperature level and the volume of precipitation). The main purpose of the regression model is a forecast of future values, therefore, the focus of this research is on the statistical significance of the coefficient of correlation (Jovičić, 1981) in relation to the statistical significance of the parameters.

As an auxiliary method for obtaining information on the temperature level and precipitation volume based on different climate scenarios, the estimation method was used (Zaječaranović, 1987), in combination with regression and correlation analysis. This method is applied in cases where there is no possibility for accurate and precise calculation, which would take into account everything that is happening in reality.

In the next step of the research, based on the estimated values, the regression models of trend (Dragutinović Mitrović, Bošković, 2016) of the collected quantities were formed. Therefore, the numerical data obtained in this way have the assessment character. In addition to the regression models of trend, a graphical forecasting technique was also used, embedded in the used cross-tabulation calculation program (option „forecasting sheet“).

The database is formed as follows:

1. series of data on temperature and precipitation were formed (Table 1);
 - for the period 1993-2015, we used actual (measured) data (2016, Ranković *et al.*, 2016);
 - for the period after 2015, we used data generated from the selected climate scenario scenarios (2015);
2. series of data for wild strawberry, blueberry and juniper were formed (Table 2);

Table 1. Time (t), temperature (T) and precipitation (P) - measured (1993-2015) and forecast by climate scenarios (2016-2100)

t	T				P			
	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
year	°C				mm·m ⁻²			
1993.								
1994.								
1995.								
1996.								
1997.								
1998.								
1999.								
2000.								
2001.								
2002.								
2003.								
2004.								
2005.								
2006.								
2007.								
2008.								
2009.								
2010.								
2011.								
2012.								
2013.								
2014.								
2015.								
2016-2040.	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.*, 2016) and (2015)

- for the period 1993-2015 we used actual (measured) data (1993-2015);
- for the period after 2015, we used data calculated on the basis of regression mod-

els and estimated values for T and P from the selected scenarios of climate change (2015).

Table 2. The collected quantities of forest fruits

Time	Wild strawberry	Blueberry	Juniper
t	Q_{Sj}	Q_B	Q_K
year	t		
1993	/	1,072.80	2,142,900.00
1994	7.60	17.10	313,800.00
1995	2.15	61.37	2,507,500.00
1996	3.00	51.85	984,216.00
1997	3.00	6.50	562,200.00
1998	0.52	59.20	815,200.00
1999	1.22	365.74	438,180.00
2000	11.63	253.46	258,420.00
2001	5.21	166.12	/
2002	4.55	180.51	31,385.00
2003	2.74	488.45	10,150.00
2004	14.53	277.11	206,850.00
2005	20.69	681.85	200,980.00
2006	9.00	1,580.40	305.50
2007	66.05	2,023.50	402.60
2008	61.00	2,260.65	843.05
2009	88.75	1,342.23	493.52
2010	197.05	2,482.65	811.36
2011	161.50	2,262.10	1,009.63
2012	125.32	1,446.95	406.03
2013	137.40	1,672.50	316.15
2014	122.15	2,062.19	1,264.58
2015	161.60	1,848.15	1,331.90

Source: (Ranković *et al.*, 2016) and internal documents from Directorate of forests

RESEARCH RESULTS AND ITS ANALYSIS

The estimation of collected quantities movement of the WBFF in the forthcoming period (2016-2100) was made for different climate change scenarios (A1B and A2), based on changes of climate elements (T and P), and for different forms of regression models (combined and exponential).

For a better overview and understanding, the results related to each type of observed forest fruits (wild strawberry, blueberry and juniper) are presented separately.

Wild strawberry

The movements in collected quantities of wild strawberry (Q_{Sj}), in the period 1993-2015 shows a growing tendency, with expected continuation of the future growth. There is, in the pessimistic scenario an option (PV), still a possibility of tendency change, namely decline (Graph 1).

The influence of T and P on Q_{Sj} is expressed by two regression models (exponential and combined), and their elements are shown in Table 3. Both model variants satisfy the forecast condition in almost the same way ($R_e=0.8024$ and $R_k=0.8028$, both significant).

The regression equations are:

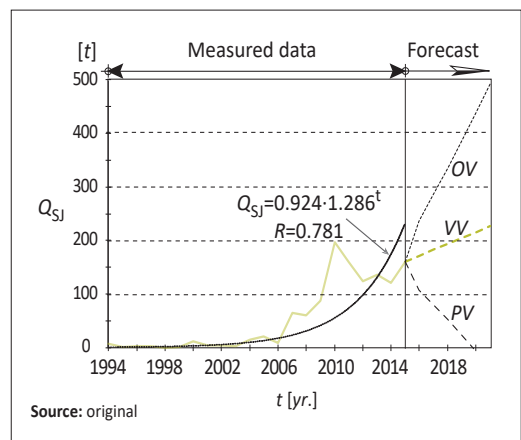
- exponential model

$$Q_{Sj} = 0.062 \cdot 1.397^T \cdot 0.999^P \cdot 1.266^t;$$

- combined model

$$Q_{Sj} = 0.120 \cdot T^{3.29} \cdot P^{-0.87} \cdot 1.267^t.$$

These equations served as the basis for the Q_{Sj} forecast, using the corresponding values for T and P , according to the selected climate scenarios, as well as the corresponding years (Table 4).



Graph 1. The collected quantities trend of wild strawberry, the exponential trend and the forecast until 2021, with the probable (VV), optimistic (OV) and the pessimistic (PV) variant

Table 3. Elements of regression models of wild strawberry collected quantities

In a	$t_{(ln a)}$	b	$t_{(b)}$	c	$t_{(c)}$	d	$t_{(d)}$	R^2	R	F
Exponential model										
-2.787	-0.66	0.334	0.94	-0.001	-0.73	0.236	6.60*	0.896	0.8024	24.36*
Combined model										
-2.120	-0.16	3.290	0.84	-0.870	-0.83	0.240	6.66*	0.896	0.8028	24.42*

* - Statistically significant at the level $\alpha=0.05$.

Source: original

Table 4. Collected quantities of wild strawberries (Q_{sj}) according to climate change scenarios and regression model variants (in tons)

Time	Model variant							
	Combined				Exponential			
	Climate scenario							
year	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2015	161.60	161.60	161.60	161.60	161.60	161.60	161.60	161.60
2040	77,989.90	87,116.78	6,316.07	73,525.14	87,426.01	99,601.82	73,346.99	84,122.63
2070	170.76·10 ⁶	188.62·10 ⁶	113.59·10 ⁶	126.33·10 ⁶	190.41·10 ⁶	216.93·10 ⁶	134.01·10 ⁶	153.70·10 ⁶
2100	206.86·10 ⁹	228.50·10 ⁹	137.61·10 ⁹	153.04·10 ⁹	359.73·10 ⁹	409.82·10 ⁹	409.82·10 ⁹	504.24·10 ⁹

Source: original

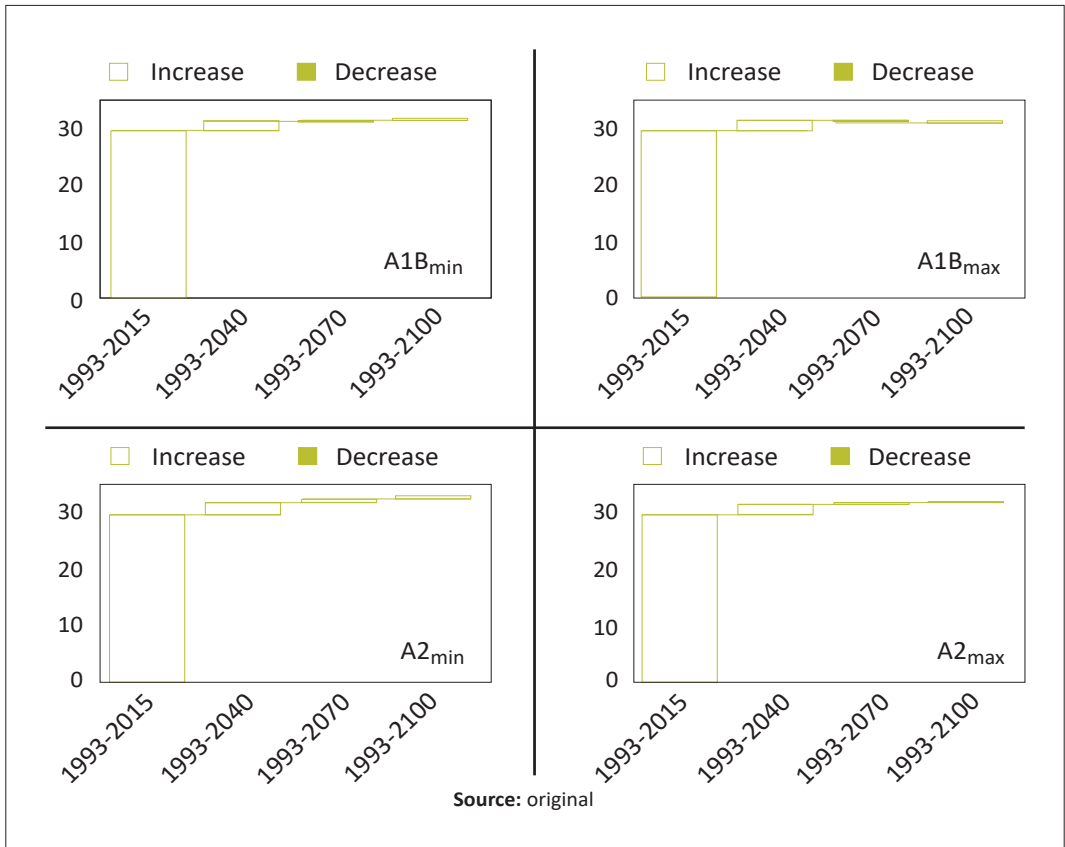
In this respect, and in relation to two scenarios of climate elements changes, it is noticeable that the highest growth of Q_{sj} can be expected in the period 2071-2100 according to scenario A2_{max} (exponential model), and the lowest in the period 2016-2040, according to scenario A2_{min} (combined model). It is also noticed that the exponential model provides slightly higher Q_{sj} than the combined model.

Based on the forecast dimension for Q_{sj} , in the subsequent procedure, the corresponding average annual exponential growth rates (I_s) were calculated. In the period 1993-2015, I_s was 28.58%. By taking into account observed changes of T and P , in relation to all four climatic scenarios, it is noted that the I_s gradually decreases (Table 5, Graph 2), with expectation of a significantly slower decrease after 2040.

Table 5. Changes in average growth rate of collected quantities of wild strawberry (I_s) depending on the climate scenarios and regression model form by observed periods (in %)

Time	Model variant							
	Combined				Exponential			
	Climate scenario							
year	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
1993-2015	29.58	29.58	29.58	29.58	29.58	29.58	29.58	29.58
1993-2040	27.60	27.83	27.24	27.48	27.84	28.11	27.47	27.76
1993-2070	27.85	28.04	27.20	27.42	28.07	28.33	27.49	27.76
1993-2100	27.69	27.84	27.10	27.26	28.21	28.42	28.08	28.35

Source: original



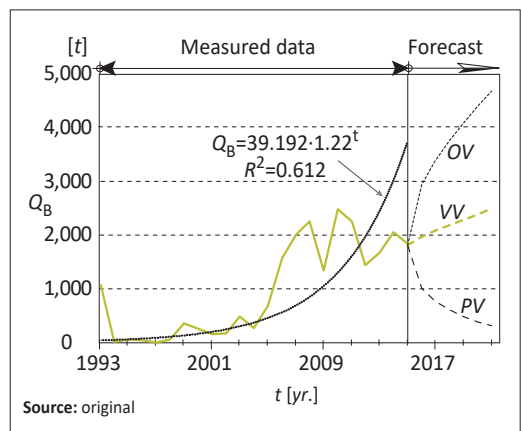
Graph 2. Changes I_s in the collected quantities of wild strawberries by periods and climate scenarios (combined regression model)

The results indicate that, most probably, Q_{Si} growth will be slower with time, but such a tendency, albeit slowed down, will be continued. Since there is no significant difference between climate scenarios and regression pattern, this statement can be considered quite probable.

Blueberry

Similar to the movements in the collected quantities of wild strawberries, in the period 1993-2015, there is a visible growth trend of blueberries (Q_B), with an expectation to be continued in the future. In addition, there is a possibility that in the *PV* scenario such tendency changes, leading to the decline (Graph 3).

By observing the influence of T and P on Q_B , it is noticed that also in this case, this influence is



Graph 3. The trend of collected quantities of blueberries, the exponential trend and the forecast until 2021, with probable (VV), optimistic (OV) and pessimistic (PV) variants

Table 6. Elements of regression models of the collected quantities of blueberry (Q_b)

In a	$t_{(ln a)}$	b	$t_{(b)}$	c	$t_{(c)}$	d	$t_{(d)}$	R^2	R	F
Exponential model										
4.796	0.92	-0.028	-0.06	-0.001	-0.66	0.205	4.54*	0.621	0.788	10.38*
Combined model										
10.660	0.66	-0.320	-0.06	-0.960	-0.75	0.200	4.57*	0.624	0.790	10.50*

* Statistically significant at the level $\alpha=0.05$.

Source: original

reflected by two regression forms – the exponential and combined form (Table 6). Similarly, as in the previous case, almost identical correlation coefficients ($Re=0.788$ and $Rk=0.790$) were obtained, and both of them were statistically significant.

The regression equations are:

- the exponential model

$$Q_b = 121.048 \cdot 0.973^T \cdot 0.999^P \cdot 1.227^t;$$

- the combined model

$$Q_b = 42,434.98 \cdot T^{-0.32} \cdot P^{-0.96} \cdot 1.227^t.$$

As in the previous case, by adding the appropriate values for T and P , according to the select-

ed climate scenarios, as well as the corresponding years, Q_b forecasts were obtained (Table 7). It is evident that the highest Q_b growth can be expected in the period 2071-2100 according to scenario $A2_{max}$ (exponential model), and the lowest according to scenario $A2_{max}$ (combined model). In addition, the combined model gives somewhat lower Q_b than the exponential model.

The average annual exponential growth rate of the collected quantities of blueberry (I_s) in the period 1993-2015 is around 22.0%. Bearing in mind the observed changes in T and P in relation

Table 7. The collected quantities of blueberries (in tons) according to the climate change scenarios and variants of regression models

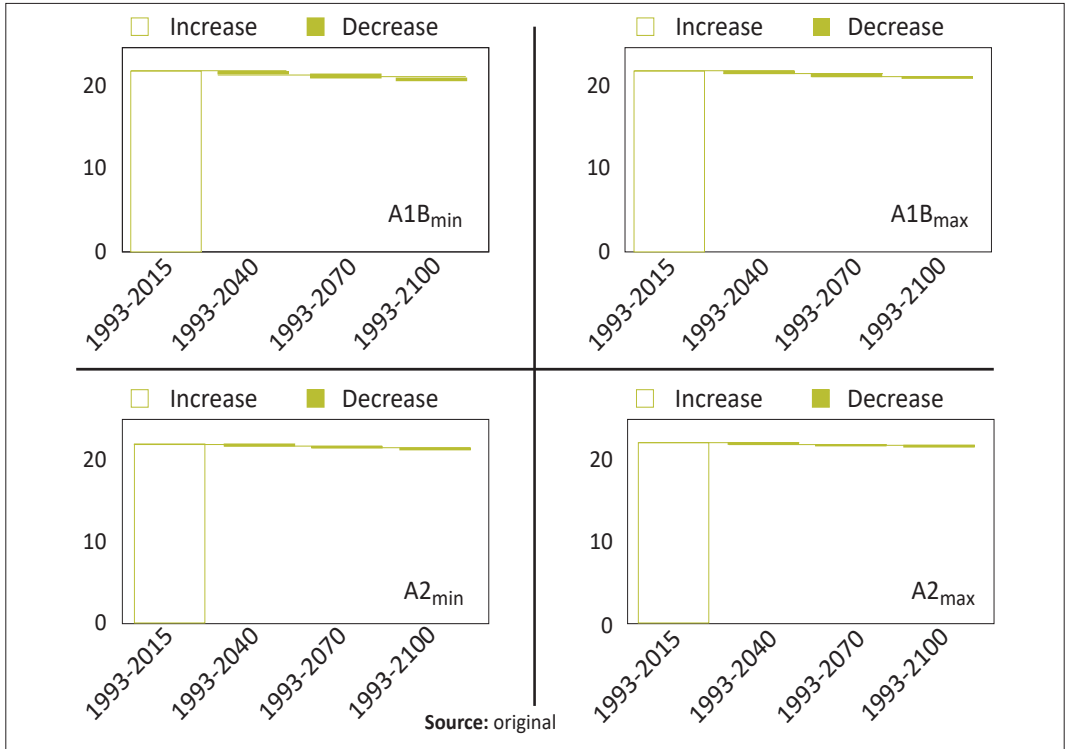
Timeee	Model variant							
	Combined				Exponential			
	Climate scenario							
	year	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$
2015.	1,848.2	1,848.2	1,848.2	1,848.2	1,848.2	1,848.2	1,848.2	1,848.2
2040.	632,562.9	625,790.3	559,778.3	553,369.4	779,140.8	770,867.9	705,253.3	697,383.1
2070.	$367.1 \cdot 10^6$	$363.6 \cdot 10^6$	$218.6 \cdot 10^6$	$247.5 \cdot 10^6$	$414.7 \cdot 10^6$	$410.3 \cdot 10^6$	$314.9 \cdot 10^6$	$311.4 \cdot 10^6$
2100.	$169.9 \cdot 10^9$	$168.2 \cdot 10^9$	$115.7 \cdot 10^9$	$114.5 \cdot 10^9$	$184.7 \cdot 10^9$	$182.7 \cdot 10^9$	$182.7 \cdot 10^9$	$193.9 \cdot 10^9$

Source: original

Table 8. Changes in average growth rate of collected quantities of blueberry (I_s) depending on the climate scenarios by observed periods (in %)

Period	Model variant							
	Combined				Exponential			
	Climate scenario							
	year	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$	$A2_{max}$	$A1B_{min}$	$A1B_{max}$	$A2_{min}$
1993-2015	21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	21.98
1993-2040	22.26	22.25	22.03	22.02	22.65	22.63	22.47	22.45
1993-2070	22.75	22.73	22.04	22.19	23.02	23.01	22.63	22.61
1993-2100	22.84	22.83	22.26	22.32	23.02	23.00	22.85	22.89

Source: original



Graph 4. Changes I_s in collected blueberries by periods and climate scenarios (combined regression model)

to all four climate scenarios, the gradual decline of I_s is noted (Table 8, Graph 4), with an expected cease of decline in 2070.

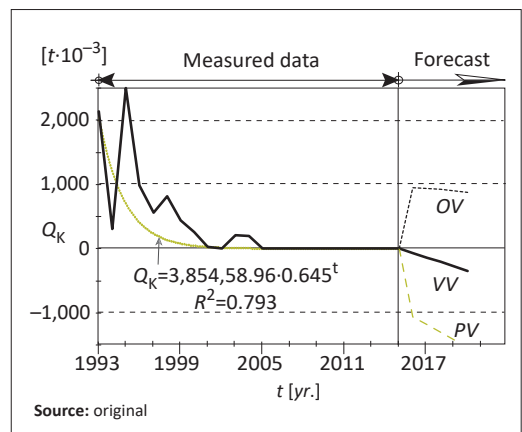
This situation suggests that the Q_b growth will probably be slower with time, whereas the tendency, although slower, will maintain. This statement can be plausible, as there are no major differences in the form of regression models and climate scenarios.

Juniper

Quite the opposite situation is with movements of the collected quantities of juniper (Q_k), due to the noticeable declining tendency 1993-2015, and expected continuation of decline in the future. However, there is a certain probability that tendency in the OV scenario will change, leading to an increase (Graph 5).

The influence of T and P on Q_k is reflected by two regression forms - exponential and combined (Table 9). As in all previous cases, correlation co-

efficients ($R_e=0.905$ and $R_k=0.904$) obtained in both model variants were almost identical, and are statistically significant.



Graph 5. The collected quantities trend of juniper, the exponential trend and the forecast until 2021, with probable (VV), optimistic (PV) and pessimistic (PV) variants

The regression equations are:

- the exponential model

$$Q_k = 2.6 \cdot 10^9 \cdot 0.476^T \cdot 1.002^P \cdot 0.667^t;$$

- the combined model

$$Q_k = 10.02 \cdot 10^{12} \cdot T^{-8.63} \cdot P^{0.83} \cdot 0.671^t.$$

According to the derived model, it is noted that with the increase of T , the extent of Q_k decreases, while with the increase of P , it is growing. In addition, the trend factor (parameter next to t) indicates that all other factors act in the direction of Q_k decline over time.

By adding the appropriate values of T and P , according to the selected climatic scenarios, as well as the corresponding years, Q_k prognoses were obtained (Table 10). It is evident that the highest Q_k values can be expected in the period 2016-2040 according to the scenario $A2_{min}$ (combined model), and the lowest in the period from 2071-2100, according to scenario $A2_{max}$ (combined model).

The average annual exponential growth rate (I_s) for the collected quantities of juniper, 1993-

Table 9. Elements of regression models of collected quantities of juniper (Q_k)

In	a	t _(ln a)	b	t _(b)	c	t _(c)	d	t _(d)	R ²	R	F
Exponential model											
21.680	3.01*	-0.743	-1.18	0.002	0.67	-0.405	-6.46*	0.818	0.905	27.04*	
Combined model											
29.936	1.33	-8.629	-1.25	0.833	0.46	-0.399	-6.36*	0.817	0.904	26.76*	

* -statistically significant at the level $\alpha=0.05$.

Source: original

Table 10. The collected quantities of juniper (Q_k) according to climate change scenarios and variants of regression models (in tons)

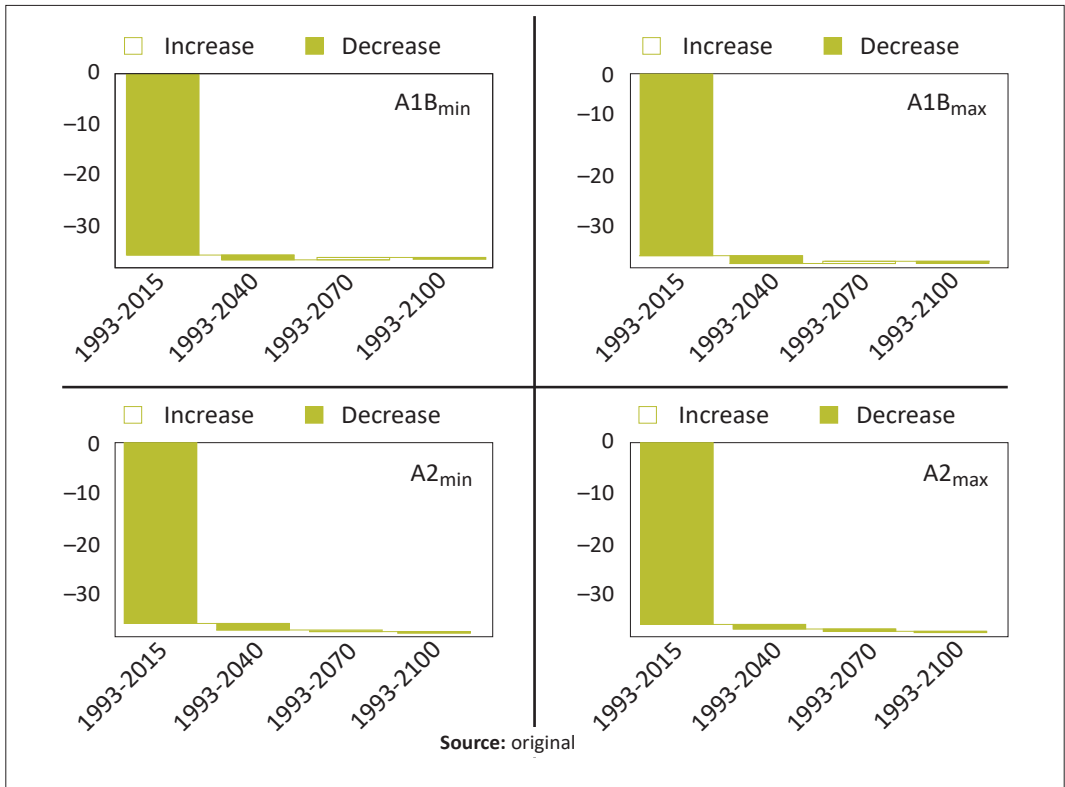
Time	Model variant							
	Combined				Exponential			
	Climate scenario							
year	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
2010	1,331.90	1,331.90	1,331.90	1,331.90	1,331.90	1,331.90	1,331.90	1,331.90
2040	0.009	0.013	0.012	0.008	0.009	0.006	0.012	0.009
2070	17.45·10 ⁻⁹	13.44·10 ⁻⁹	28.21·10 ⁻⁹	21.35·10 ⁻⁹	12.32·10 ⁻⁹	12.32·10 ⁻⁹	12.32·10 ⁻⁹	12.32·10 ⁻⁹
2100	0.11·10 ⁻¹²	0.09·10 ⁻¹²	0.18·10 ⁻¹²	0.14·10 ⁻¹²	0.02·10 ⁻¹²	0.02·10 ⁻¹²	0.02·10 ⁻¹²	0.01·10 ⁻¹²

Source: original

Table 11. Changes in the average growth rate of collected quantities of juniper (I_s) depending on the climate scenario by observed periods (in %)

Period	Model variant							
	Combined				Exponential			
	Climate scenario							
year	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}	A1B _{min}	A1B _{max}	A2 _{min}	A2 _{max}
1993-2015	-35.53	-35.53	-35.53	-35.53	-35.53	-35.53	-35.53	-35.53
1993-2040	-34.36	-33.97	-34.10	-34.43	-34.36	-34.69	-33.97	-34.30
1993-2070	-34.36	-34.43	-33.97	-34.23	-34.56	-34.69	-34.49	-34.56
1993-2100	-34.10	-34.23	-33.70	-33.97	-34.82	-34.95	-34.88	-35.08

Source: original



Graph 6. Changes in the collected quantities of juniper (I_s) by periods and climate scenarios (combined regression model)

2015 is -35.53% (growth rate in decline). Considering the observed changes T and P in relation to all four scenarios, it is noted that the I_s gradually decreases (Table 11, Graph 6). In essence, it is a gradual decrease of the decline rate over time (slower decline), with regard to T and P , predicted by climatic scenarios, whereas the negative growth rate will remain until the end of the forecast period (2100). In addition, it should be noted that both regression models, in this case, provide close results on the extreme values of I_s .

DISCUSSION

Changes predicted by climate change scenarios have certain consequences, because forests are complex bio-ecosystems, in which, at the same time, processes of growth and dehumidification of living matter are taking place. Changes

in conditions for growth are conducive to changes in the functioning of forest ecosystems (Vučković, Stajić, 2003, Reyer *et al.*, 2017). Climate change directly affects key processes in forest ecosystems, such as photosynthesis, but has also indirect effects, through changes in soil or species composition (Reyer *et al.*, 2017). Some of the effects of climate change can already be noticed, for example, through the phenology changes of woody and herb species (Ranković *et al.*, 2014). The influence of climate elements on the growth of NWFPs was also observed by the local population, dealing with collection. Namely, most of the collectors in the Kopaonik and Beljanice area, believe that the biggest threat to NWFP growth are climate conditions (Nedeljković *et al.*, 2015).

The common feature of presented forecasts is that, according to all models and climate change scenarios, the collected quantities of juniper declines, while the collected quantities of wild straw-

berries and blueberries grow. This indicates that temperature and precipitation influence on the observed species of WBFF is favorable for wild strawberries and blueberries, but does not fit junipers. Observing the forecast of the collected amounts of WBFF according to the derived models, it can be noted that their absolute values, by rising distance from the present time, grow (strawberries and blueberries) or fall (junipers) to unrealistic values. Previous studies on the relationship between some climate elements and collected quantities of NWFPs indicate that berry fruits have a positive average annual growth rate (wild strawberry $11,19 \text{ t}\cdot\text{year}^{-1}$ and blueberry $131.20 \text{ t}\cdot\text{year}^{-1}$).

It has also been found that by temperature increase of 1°C , the collected quantities of wild strawberry can be expected to grow by 0.4%, and with an increase in the precipitation amount of $1 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-2}$, to fall down by 0.001%. One can expect an average annual increase of about 2.7% (influence of the time component of the model). Similar situation has also been found for blueberry, whereas with the temperature increase of 1°C , the collected quantities can grow by 0.5%, and with the increase in the precipitation amount of $1 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-2}$, the collected quantities can decrease by 0.002%, with an expected average annual increase of about 2.5% (influence of the time component of the model) (Ranković *et al.*, 2014). However, such a situation is not recorded in the research related to the movements of the collected quantities of fungi in Serbia (Ranković *et al.*, 2016)³.

This suggests that models, related to forest fruits, with temperature and precipitation, as main variables, do not comprehend all important impact factors affecting the changes in collected quantities. Therefore, further research should aim to detect the impact factors⁴, their integration in the models as additional variables, leading to im-

³ Developed by the same methodological procedure and same variables

⁴ Possible impact factors: the number of collectors, the number of purchasers, change in the size of the active area for collection, the latitude, the altitude, the number of sunny days in the season, the state of the forest (area, structure by tree species, etc.) factors (transport, storage and processing capacities, etc.) and market factors (purchase price, export price, etc.).

proved models, which are more precise and can be used for practical purposes.

On the basis of the relation of the collected quantities to changes of T and P , by WBFF and mushrooms, it is noticed that WBFF are less sensitive to changes in T and P than mushrooms, by which the influence is more prominent (corresponding, to a certain extent, to biological nature of the mushrooms). Previous research has shown, for the period 2001-2011, a strong growth tendency in mushrooms (11.54% for porcini and 10.63% for chanterelle), which means that in the last 11 years, the collected quantities are rapidly increasing (Ranković *et al.*, 2014). Upper statement is in line with the recommendations of previous research, where it was emphasized that *"...from the aspect of consistent application of the principles of sustainable development, it is very important to determine the most influential factors and assure their control, to safeguard the permanent survival of these species, which have significant economic importance and impact on rural development"* (Ranković *et al.*, 2014).

CONCLUSIONS

Based on the results of the conducted research, the following conclusions can be drawn:

- the general forecast of the collected quantities of wild berries and other forest fruits suggests that Q_{sj} and Q_b can be expected to increase in the coming period (supports the hypothesis), while Q_k decreases (does not support the hypothesis);
- With the increase of T , Q_{sj} it is expected to increase, and with the increase of P , Q_{sj} it is expected to decrease;
- with the increase in both T and P , a decrease of Q_b is expected;
- with the increase of T , Q_k it is expected to decline, and with the increase of P , Q_k it is expected to grow;
- with wild strawberry and blueberry, the increase of I_s is expected, with a tendency of slowing down after 2040 (supports the hypothesis), while with juniper, the decrease is expected (does not support the hypothesis), with a tendency of slowing down after 2040.

Sustainable use of natural resources, which represents the wealth of all countries, becomes a problem of global importance, since irrational use, with the adverse effects of climate change, can lead to their complete depletion. On the other hand, small and medium-sized enterprises mainly deal with the use of these products. Since the success of their business is directly dependent on the availability of raw materials (i.e. yield of NWFP), this type of research has a practical significance as it indicates to economic entities what kind of prospects can be expected in the future and what they can count on when planning procurement of raw materials.

In the forthcoming period, research can continue in the direction of identifying other influencing factors (in addition to *T* and *P*), observation of the collected quantities of medicinal and aromatic plants under influence of *T* and *P*, as well as changes in the market of these forest products, depending on *T* and *P* changes. It should be noted that the global climate change scenarios have changed, and this must be taken into account when conducting such research.

Acknowledgement: The research was conducted within the project "Studies of climate changes and their impact on the environment - monitoring impacts, adaptation and mitigation" (№ 43007), sub-project "Socio-economic development, mitigation and adaptation to climate change" (№ 43007/16-III), funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Dragović N., Zlatić M., Todosijević M. (2006): *Significance of sustainable utilization of medicinal herbs on mt. Stara planina*, Proceedings International scientific conference sustainable use of forest ecosystems, Rakonjac Lj (Ed), Institute of Forestry, Belgrade (146-151)
- Dragutinović Mitrović R., Bošković O. (2016): *Osnovni statističke analize: elementi analize vremenskih serija*, CID Ekonomski fakultet u Beogradu, Beograd
- Jovičić M. (1981): *Ekonometrijski metodi*, Savremena administracija, 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 u rukopisu, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd
- Nedeljković J., Nonić D., Ranković N., Nonić M. (2015): *Održivo sakupljanje nedravnih šumskih proizvoda: karakteristike i stavovi sakupljača na području Kopaonika i Beljanice*, Šumarstvo 12, UŠITS, Beograd (135-150)
- Petz B. (1985): *Osnovne statističke metode za nematodičare*, SNL, Zagreb
- Ranković N., Nedeljković J., Poduška Z., Nonić D. (2016): *Utvrđivanje obima sakupljanja vrganja i lisičarke u Srbiji u odnosu na različite scenarije klimatskih promena*, Glasnik Šumarskog fakulteta 113, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (77-98)
- 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*, „Challenges: Sustainable Land Management-Climate Change“, Zlatić M., Kostadinov S. (Eds.), Advances in GeoEcology 43 (231-242)
- Ranković N., Poduška Z., Nedeljković J., Nonić D. (2015): *Uticaj temperature i padavina na broj posetilaca u Nacionalnom parku „Tara“*, Glasnik Šumarskog fakulteta 112, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (97-120) <https://doi.org/10.2298/GSF1512097R>
- Reyer C., Bathgate S., Blennow K., Borges J., Bugmann H., Delzon S., Faias S., Garcia-Gonzalo J., Gardiner B., Gonzalez-Olabarria J.R., Gracia C., Hernández J.G., Kellomäki S., Kramer K., Lexer M., Lindner M., van der Maaten E., Maroschek M., Muys B., Nicoll B., Palahi M., Palma J., Paulo J., Peltola H., Pukkala T., Rammer W., Ray D., Sabaté S., Schelhaas M.J., Seidl R., Temperli C., Tomé M., Yousefpour R., Zimmermann N., Hanewinkel M. (2017): *Are forest disturbances amplifying or canceling out climate change-induced productivity changes in European forests?*, Environmental Research Letters 12(3), IOP Publishing Ltd. (1-12)
- (2015): *Rezime poglavlja promene klime, pogodnost i adaptacija drugog izveštaja R. Srbije*

- prema okvirnoj konvenciji UN o promeni klime*, radna verzija, Ministarstvo poljoprivrede i životne sredine, Beograd
- Sisak L. (2011): *Diversification into Non-wood Forest Products and Services*, E-learning study material for students, FOPER, European Forest Institute - University of Joensuu, United Nations University, Faculty of Forestry and Wood Sciences, University of Life Sciences Prague, Joensuu - Prague
- (2007): *Studija vrednovanja i finansiranja šuma u Srbiji: Podstudija vrednovanja šuma*, Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih Nacija (FAO), Univerzitet Helsinki - Odsek za šumarsku ekonomiku, Helsinki
- Šešić B. (1984): *Osnovi metodologije društvenih nauka*, Naučna knjiga, Beograd
- Vantomme P. (2004): *Extraction of non-wood forest products*, „Challenges in managing forest genetic resources for livelihoods: Examples from Argentina and Brazil“, Vincenti B., Amaral W., Mielleur B. (Eds.), International Plant Genetic Resources Institute, Rome (51-70) URL: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/1046.pdf (visited: 08.10.2017.)
- Vučković M., Stajić B. (2003): *Uticaj promena klime na rast i vitalnost šuma*, „Zaštita životne sredine gradova i prigradskih naselja“, Ekološki pokret grada Novog Sada, Novi Sad (227-232)
- Zaječaranović G. (1987): *Osnovi metodologije nauke*, Naučna knjiga, Beograd (239)



