

ODVISNOST PRIDELKA HMELJA SORT AURORA IN SAVINJSKI GOLDING OD VREMENSKIH RAZMER DO KONCA JULIJA

Zalika ČREPINŠEK¹ in Barbara ČEH²

Izvirni znanstveni članek / original scientific paper

Prispelo / received: 25. oktober 2018

Sprejeto / accepted: 10. december 2018

Izvleček

Napoved pridelka hmelja konec julija je za hmeljarje zelo zanimiva, saj je na to vezana vrsta njihovih aktivnosti, kljub temu, da je le okvirna, saj je pridelek zelo odvisen tudi od razmer v avgustu oziroma v zadnjem mesecu do obiranja. S tem namenom smo izdelali regresijski model povezave med pridelkom sort Aurora in Savinjski golding in vremenskimi razmerami do konca julija za obdobje 1992-2017. Z izdelanima regresijskima modeloma lahko pojasnimo velik del medletne variabilnosti pridelka na osnovi temperatur zraka in padavin (z izdelanim modelom za sorto Aurora lahko pojasnimo 67 % variabilnosti pridelka, za sorto Savinjski golding pa 78 %). Izrazito najslabši pridelek obeh sort je bil dosežen v letu 2003, ki je bilo hkrati zelo vroče in zelo suho, prav tako so bili zelo majhni pridelki v letu 2000, ko je bilo ekstremno vroče ob sicer povprečnih padavinah. Najvišji pridelki so bili doseženi v nadpovprečno namočenih letih 2014 in 1997 ob sicer povprečnih temperaturah. Višje temperature na začetku aprila vplivajo pozitivno na velikost pridelka obeh sort, previsoke temperature v maju in juniju pa negativno. Močno je pridelek koreliran tudi z julijskimi padavinami; pri obeh sortah so pridelki višji pri večjih količinah padavin v juliju.

Ključne besede: pridelek, napoved pridelka, hmelj, Aurora, Savinjski golding, *Humulus lupulus*, temperatura, padavine, regresijski model

DEPENDENCE OF HOP YIELD CV. AURORA AND SAVINJSKI GOLDING ON WEATHER CONDITIONS UNTIL THE END OF JULY

Abstract

The prediction of the final hop yield already in July of a certain season is much appreciated among hop growers, because some of their activities are linked to this data, although it is only indicative, since the yield depends also a lot on the weather situation in August. A regression models of the relationship between the yield of

¹ Doc. dr., Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

² Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: barbara.ceph@ihps.si

hop varieties Aurora and Savinjski golding and the weather conditions from April until the end of July for the period 1992-2017 were made. We can explain a large part of the yield year variability based on temperatures and precipitation quantity (with the developed model for Aurora we can explain 67 % and for Savinjski golding 78 % yield variability). The lowest yield of both varieties was achieved in 2003, which was at the same time very hot and very dry year, and in year 2000, when there were extremely high temperatures and average precipitation amount. The highest yields were achieved in 2014 and 1997 years with above-average precipitation amounts and average temperatures. Higher temperatures at the beginning of April have positive impact on the yield of the investigated varieties, while too high temperatures in May and June have negative impact on the their yield. The yield is strongly correlated with July precipitation; for both varieties the yields are higher at higher amount of precipitation in July.

Key words: yield, yield forecast, hop variety Aurora, hop variety Savinjski golding, *Humulus lupulus*, temperature, precipitation, regression model

1 UVOD

Napoved pridelka hmelja konec julija je za hmeljarje zelo zanimiva, saj je na to vezana vrsta njihovih aktivnosti (obiranje, priprava kapacitet za sušenje in skladiščenje, prodaja), kljub temu da je le okvirna, saj je pridelek tudi zelo odvisen od razmer v avgustu oziroma v zadnjem mesecu do obiranja. Napoved pridelka lahko trenutno naredimo po metodi štetja cvetov pri posameznih sortah na več reprezentativnih lokacijah (Čeh in sod., 2013) ali z regresijskimi enačbami, ki upoštevajo vremenske razmere do konca julija v tekočem letu. Slednje so izdelane za sorte Celeia, Aurora in Savinjski golding. Enačba za sorto Celeia je izdelana na podlagi podatkov o količini padavin in temperaturah v časovnem obdobju 1992–2015 v rastni sezoni do konca julija ter podatkov o višini pridelka te sorte v posameznih letih (Črepinšek in Čeh, 2016). Za sorti Aurora in Savinjski golding sta regresijski enačbi izdelani z analizo podatkov za obdobje let 1972–1983 glede na padavine v kritičnih obdobjih rasti. Za slovenske rastne razmere je Hacin (1989) namreč ugotovil, da kot najpomembnejši dejavnik za pridelek zgodnjih sort hmelja izstopa količina padavin v obdobju od druge deкаде junija do tretje deкаде julija; to je obdobje, ko vlage hmelju za dober pridelek ne bi smelo primanjkovati. Takrat v razvoju sort Savinjski golding in Aurora namreč poteka razvoj socvetij in diferenciacija lupulinskih žlez v socvetju.

Ker pa se je v času od preučevanega obdobja 1972–1983 podnebje zelo spremenilo (ARSO, 2018), poleg tega dognanje, da so vremenske razmere v Nemčiji in Sloveniji podobne (Hacin, 1989), ne drži več (Abram in sod., 2015), smo želeli izdelati regresijski model povezave med pridelkom sort Aurora in Savinjski golding in vremenskimi razmerami do konca julija v časovnem intervalu od leta

1992 do 2017. Obenem smo preučili vremenske razmere v letih, ko je bil pridelek finoaromatične slovenske sorte Savinjski golding in aromatične sorte Aurora največji, oziroma katere vremenske razmere do konca julija so pomenile najmanjši pridelek teh sort.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Sorti hmelja Aurora in Savinjski golding

Sorta Aurora je aromatična sorta, požlahtnjena na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Je potomka nemške sorte Northern Brewer in slovenske dednine. Ima prijetno hmeljno aromo in grenčico, je srednje zgodnja s pridelkom 1600 do 2400 kg/ha in zavzema 33 % slovenskih hmeljišč. Sorta Savinjski golding je tradicionalna slovenska sorta, ekotip angleške sorte Fuggle, ki so jo prinesli v Slovenijo v 19. stoletju. Je srednje zgodnja, svetovno znana po fini hmeljni aromi ter prijetni in harmonični grenčici. Dosega pridelek med 1200 in 2200 kg/ha in zavzema 11 % slovenskih hmeljišč (The legend ..., 2016; Livk, 2017).

2.2 Podatki o višini pridelka hmelja in vremenskih razmerah

Podatke o višini pridelka sort Aurora in Savinjski golding za obdobje 1992–2017 smo pridobili iz arhiva IHPS (Arhiv ..., 2018). Pridelki po sortah so povprečja hmeljišč na širši lokaciji Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu. Vremenske razmere smo analizirali glede na podatke meteorološke postaje, ki je na IHPS v Žalcu, za obdobje od 1. aprila do 31. julija za vsako posamezno leto. Upoštevali smo povprečne dekadne temperature zraka in vsoto padavin po dekadah.

2.3 Metode dela

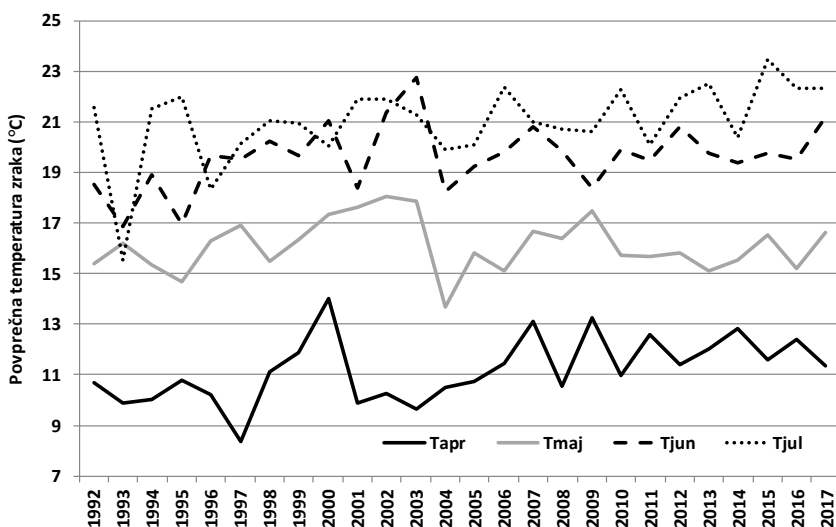
Z metodo multiple regresije smo za obdobje 1992–2014 izdelali model, s katerim lahko z določeno negotovostjo napovemo višino pridelka hmelja Savinjski golding in Aurora (y-odvisna spremenljivka) v odvisnosti od temperature zraka in padavin (x-neodvisni spremenljivki). Za obe meteorološki spremenljivki smo izračunali osnovne opisne statistike (povprečje, maksimum, minimum in variacijski razpon). S korelacijsko analizo smo nato ugotavljali stopnjo povezanosti med višino pridelka (povprečni pridelek za vsa hmeljišča) in dekadnimi (10 dnevno obdobje) vrednostmi temperatur ter količine padavin. Kot vremenske spremenljivke smo v korelacijsko analizo vključili povprečno temperaturo in vsoto padavin od aprila do julija po dekadah za obdobje let 1992–2017 (24 spremenljivk) ter povprečja dveh, treh, štirih in petih zaporednih dekad (skupaj 76 različnih spremenljivk oz. kombinacij). S Studentovim 't-testom' smo testirali statistično značilnost korelacij, za nadaljnjo izdelavo regresijskega modela za napoved pridelka pa smo vključili

samo spremenljivke z značilnim korelacijskim koeficientom $>0,5$. Uporabili smo postopno (stepwise) regresijo. Validacijo modela smo naredili s podatki za obdobje 2015–2017. Z modelom izračunane pridelke za ta leta smo primerjali z dejansko izmerjenimi pridelki. Za analize smo uporabili programa 'R' (R Core Team) in 'Excel' (Microsoft).

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Analiza vremenskih razmer v obdobju 1992-2017

Povprečna količina padavin v štirimesečnem obdobju od 1. aprila do 31. julija v letih 1992–2017 je znašala 505 mm. Najbolj namočen mesec je v povprečju maj (185 mm), sledita junij (124 mm) in julij (114 mm), ki sta glede količine padavin zelo podobna. V aprilu je bilo v povprečju v tem obdobju 82 mm padavin. S slike 1 in preglednice 1 je razvidno, da je medletna spremenljivost višine padavin zelo velika. V obdobju april-julij 2001 je padlo 747 mm padavin, v enakem obdobju leta 1993 pa samo 287 mm, kar pomeni, da znaša razlika med najbolj sušnim in najbolj namočenim letom kar 460 mm. Več o dejanskih padavinskih razmerah nam seveda povedo mesečne vrednosti za posamezna leta. Glede količine padavin ima največji koeficient variabilnosti avgust (51 %), največji razpon pa je bil v mesecu maju; leta 1992 je bilo v celem mesecu samo 33 mm dežja, leta 2007 pa kar 327 mm. Koliko lahko rastline hmelja izkoristijo padavine, pa je odvisno tudi od intenzitete padavin, razporeditve deževnih dni in lastnosti tal.



Slika 1: Povprečne mesečne temperature zraka za obdobje april-julij let 1992–2017 na IHPS, Žalec (Arhiv ..., 2018)

Preglednica 1: Mesečne količine padavin in povprečne temperature zraka za obdobje april-julij let 1992–2017 na meteorološki postaji IHPS Žalec (Arhiv ..., 2018)

	Temperatura zraka (°C)					Količina padavin (mm)				
	apr	maj	jun	jul	apr-jul	apr	maj	jun	jul	apr-jul
povprečje	11,2	16,1	19,6	21,0	17,0	82	98	124	114	418
maksimum	14,0	18,0	22,7	23,5	18,1	176	203	245	233	650
minimum	8,4	13,7	16,9	15,6	14,6	6	33	55	27	254
sd ¹	1,3	1,0	1,3	1,6	0,8	39	45	54	58	118
VR ²	5,6	4,3	5,8	7,9	3,5	170	170	190	206	396

¹-standardni odklon; ²-variacijski razpon

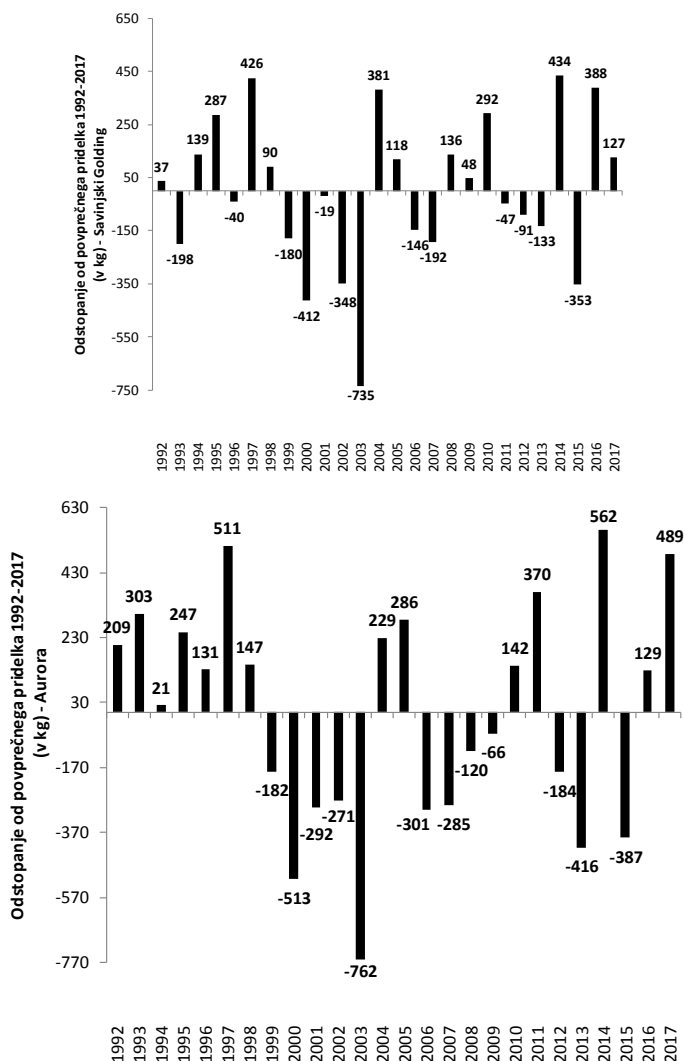
Povprečna temperatura zraka v obdobju od 1. aprila do 31. julija 1992-2017 je znašala 17,0 °C, od aprila do julija pa si sledijo povprečne mesečne temperature 11,2 °C, 16,1 °C, 19,6 °C in 21 °C (preglednica 1). Najtoplejše obdobje april-julij je bilo leta 2000 (18,1 °C) z rekordno toplim aprilom (14 °C) in nadpovprečno toplima mesecema majem in junijem. Zelo toplo obravnavano obdobje (17,9 °C) je bilo tudi v letih 2002, 2003, 2007 in 2017. Leta 2002 je bil ekstremno toplel maj (18 °C), leta 2003 pa junij (22,7 °C).

Leto 1993 je bilo najhladnejše; povprečna temperatura april-julij je bila samo 14,6°C, tako junij (16,9 °C) kot julij (15,6 °C) pa sta imela najnižje temperature v obravnavanem obdobju. Zelo hladna so bila tudi leta 2004 (15,6 °C) z ekstremno hladnim majem (13,7 °C), leti 1995 in 1996 (16,1 °C) ter leto 1997 (16,2 °C) z ekstremno hladnim aprilom (8,4 °C). Koeficient variabilnosti za temperature je bistveno nižji kot za padavine, znaša pa med 6,5 % za maj in 11,6 % za april.

3.2 Pridelek hmelja sort Savinjski golding in Aurora za obdobje 1992–2017

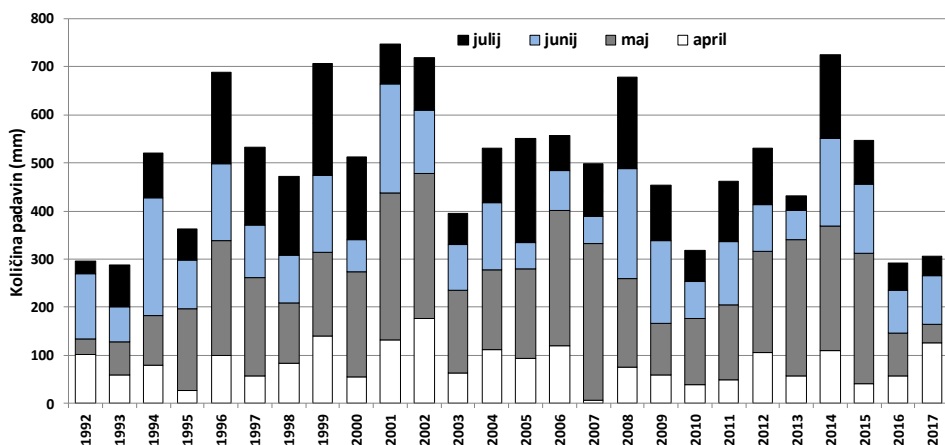
S slike 2 je razvidno, da je bil pridelek pri obeh sortah najnižji v letu 2003; za Savinjski golding je znašal povprečen pridelek samo 428 kg/ha, za Auroro pa 841 kg/ha. Leto 2003 je bilo nadpovprečno toplo, še posebej vroča sta bila meseca junij in julij. Junij 2003 je imel temperaturo kar 3,1 °C nad dolgoletnim povprečjem. Po količini padavin so bili vsi štirje meseci tega leta pod povprečjem, pomanjkanje vode se je od aprila do julija samo stopnjevalo, še posebej suh je bil julij s samo 57 % padavin glede na dolgoletno povprečje. Pri obeh sortah je bilo kar se tiče višine pridelka drugo najslabše leto 2000, ki je bilo v obravnavanem obdobju 1992–2017 najtoplejše z ekstremno toplim aprilom, hkrati pa sta bila april in junij izrazito suha meseca. Zelo nizki pridelki so bili pri obeh sortah (tretji najnižji pridelek za Savinjski golding in četrti najnižji za Auroro) tudi v letu 2015, ko je bil julij

ekstremno vroč in je dosegel najvišjo temperaturo v obravnavanem obdobju (23,5 °C). Hkrati z ekstremnimi temperaturami zraka je bilo julija zelo malo padavin, v prvih dvajsetih dneh samo 18 mm. V raziskavi Črepinšek in Čeh (2016) za hmelj sorte Celeia v nobenem od zgornjih treh let niso bili doseženi najnižji pridelki; najslabši pridelki za sorto Celeia so bili v letih 2001, 2002 in 1999, ki so bila izrazito mokra leta z majskimi ekstremnimi padavinami.



Slika 2: Odstopanja pridelka v posameznih letih od dolgoletnega povprečja 1163 kg/ha za sorto Savinjski golding (zgoraj) ter dolgoletnega povprečja 1603 kg/ha za sorto Auroro (spodaj)

Najvišji pridelki za obe sorti so bili doseženi v letih 2014 in 1997. Leto 2014 je bilo nadpovprečno mokro, štirimesečno povprečje (april-julij) padavin je znašalo 725 mm (slika 3), kar je skoraj polovico več od dolgoletnega povprečja, padavine pa so bile enakomerno razporejene po vseh mesecih. Temperature v tem letu so bile povprečne v vseh štirih mesecih. Tudi v letu 1997 so bile padavine v vseh štirih mesecih nadpovprečne, april je bil ekstremno hladen, ostali meseci pa povprečno topli. Tudi hmelj sorte Celeia je imel v letih 2014 in 1997 drugi oziroma četrti najvišji pridelek v obdobju 1992–2015 (Črepinšek in Čeh, 2016).



Slika 3: Mesečne količine padavin za obdobje april-julij 1992–2017 na IHPS, Žalec (Arhiv ..., 2018)

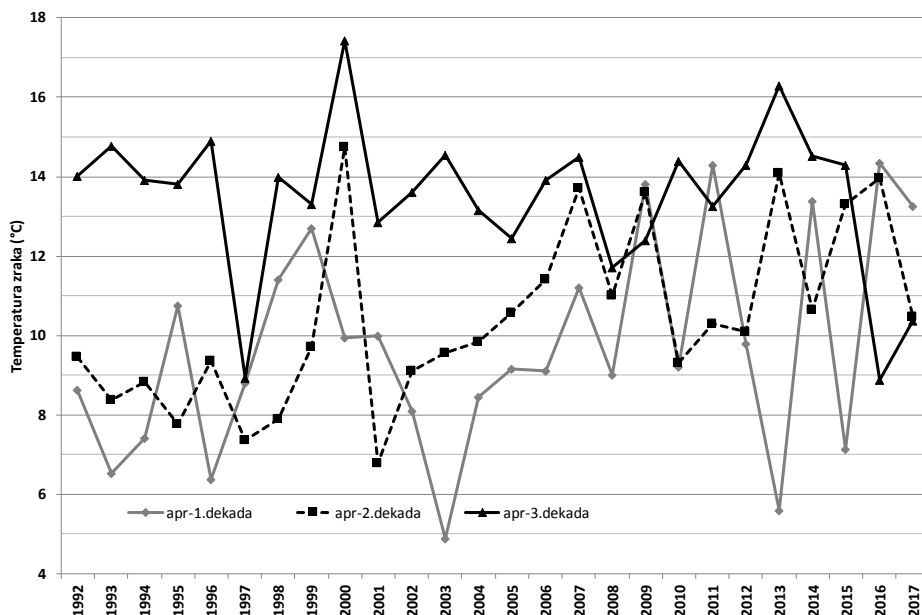
Wagner (1975, cit. po Hacin, 1989) je glede na višino pridelka hmelja v Savinjski dolini kot kriterij za rodovitna oziroma nerodovitna leta uporabil povprečno temperaturo zraka april-avgust. Kot rodovitna leta je definiral tista s temperaturo do 15,6 °C, nerodovitna pa nad 16,5 °C. Kot sta v svoji raziskavi ugotavljali že Črepinšek in Čeh (2016), te vrednosti zaradi spremenjenih temperaturnih razmer v zadnjih desetletjih (ARSO, 2018), ko je značilen pozitiven trend, ne držijo več. Če povzamemo vremenske razmere za najbolj in najmanj rodovitni dve leti, vidimo, da je bil izrazito najslabši pridelek v letu 2003, ki je bilo hkrati zelo vroče in zelo suho, prav tako so bili zelo nizki pridelki v letu 2000, ko je bilo ekstremno vroče ob sicer povprečnih padavinah. Najvišji pridelki so bili doseženi v nadpovprečno namočenih letih 2014 in 1997 ob sicer povprečnih temperaturah.

3.3 Korelacijska analiza velikosti pridelka ter temperaturnih in padavinskih razmer

Povezanost med velikostjo pridelka ter temperaturami zraka in količino padavin smo ugotavljali s korelacijsko analizo. Vremenske spremenljivke smo izrazili kot

dekadne vrednosti ter povprečja 2, 3, 4 in 5 zaporednih dekad. Korelacijska analiza je pokazala tako pozitivne kot negativne predznake korelacijskega koeficienta r , kar pomeni, da se pri nekaterih kombinacijah vremenskih spremenljivk hkrati z njihovim povečanjem poveča tudi pridelek (pozitiven r), pri drugih pa ima sprememba nasprotno smer (negativen r). Za Savinjski golding znaša največji r - 0,78 (temperature od 3. deкаде aprila do 3. deкаде maja), za Auroro pa -0,72 (temperature od 2. deкаде aprila do 1. deкаде maja). Pridelek sorte Savinjski golding je močno koreliran tudi z aprilskimi temperaturami v prvi dekadi ($r=+0,43$) ter junijskimi padavinami v 2. in 3. dekadi ($r=+0,35$). Podobno velja za sorto Aurora, pri kateri je pridelek najbolj pozitivno koreliran z aprilsko temperaturo v 1. dekadi ($r=+0,41$) ter padavinami v 2. in 3. dekadi julija ($r=+0,34$). Višje temperature ob vzniku na začetku aprila torej vplivajo pozitivno na pridelek pri obeh sortah, prav tako zadostne količine padavin v juniju oziroma juliju. Po začetnih fazah rasti hmelj očitno potrebuje zmerne temperature, saj so korelacijski koeficienti med višino pridelka in temperaturami zraka v naslednjih dekadah negativni. Tudi za sorto Celeia v Savinjski dolini smo ugotovili, da je pridelek najbolj pozitivno koreliran z aprilskimi temperaturami in julijskimi padavinami (Črepinšek in Čeh, 2016).

Pomembno je, da v analizi obravnavamo nize, krajše od mesečnih obdobij, saj so lahko padavine znotraj mesecev razporejene zelo neenakomerno, prav tako pa dekadna zaporedja temperatur včasih odstopajo od dolgoletnega povprečja. S slike 4 je tako razvidno, da je v večini let 1. dekada aprila hladnejša od 2. deкаде in 2. dekada hladnejša od 3. deкаде aprila. V letih 2016 in 2017 je bilo to zaporedje obrnjeno – topli 1. dekadi aprila sta sledili ohladitvi v 2. in 3. dekadi, kar upočasni rast hmelja in vpliva na nadaljnji razvoj v mesecu maju. O podobnih ugotovitvah o vplivu aprilskih temperatur na razvoj hmelja poročajo tudi nekatere druge raziskave (Kišgeci in sod., 1984). Korelacije med majskimi temperaturami zraka in pridelkom so negativne, saj prevelike količine toplote, ki so v tem času na voljo rastlinam hmelja, povzročijo prehitel prehod v generativno fazo. Razvoj cvetov v dnevih, ko je dan prekratek, vpliva na manjše število cvetov in s tem posledično manjši pridelek. Na formiranje cvetov pri hmelju ima velik vpliv tudi preskrbljenost z vodo, ker pa je na začetku rasti v klimatskih razmerah Savinjske doline večinoma dovolj padavin, ta povezanost iz korelacijskih koeficientov ni vidna. Na velikost in maso storžkov vplivajo julijske padavine v kombinaciji s temperaturami zraka, s čimer lahko pojasnimo velik pozitiven korelacijski koeficient med pridelkom in poletnimi padavinami, o čemer so poročali za območje Savinjske doline že tudi drugi avtorji (Hacin, 1989; Zmrzlak in Čeh, 2012).



Slika 4: Dekadne temperature zraka za mesec april na IHPS, Žalec (Arhiv ..., 2018)

3.4 Regresijska modela za napoved pridelka Aurore in Savinjskega goldinga

S postopno multiplo regresijo smo s podatki za obdobje 1992–2014 izdelali statistična modela za napoved pridelka hmelja sort Aurora in Savinjski golding, in sicer na način, da je napoved možna na osnovi vremenskih podatkov do konca julija. V preglednici 2 so za oba modela prikazane spremenljivke modela in vrednosti regresijskih koeficientov. Koeficient determinacije R^2 za model Aurora znaša 0,67, vsi multipli korelacijski koeficienti so statistično značilni, stopnja značilnosti F testa je 0,0119. Z izdelanim modelom lahko pojasnimo 67 % variabilnosti pridelka z 8 neodvisnimi spremenljivkami, ki vključujejo različne kombinacije dekadnih temperatur za april in maj ter padavin za junij in julij (preglednica 2).

Z modelom za sorto Savinjski golding lahko pojasnimo 78 % variabilnosti pridelka z neodvisnima spremenljivkama temperatura in padavine ($R^2=0,78$). V model so vključene poleg aprilskih in majskih temperatur še temperature prvih dveh dekad v juniju ter padavine od 2. dekade maja do konca julija. Tako kot za model za Auroro so tudi za model Savinjski golding vsi multipli korelacijski koeficienti statistično značilni, F statistika znaša 0,0007.

Preglednica 2: Spremenljivke in regresijski koeficienti modelov za napoved pridelka hmelja, T -temperatura, P -padavine; 1, 2 in 3 označujejo zaporedne dekade v mesecu

Model za sorto 'Aurora'		Model za sorto 'Savinjski golding'	
Spremenljivka	Regresijski koeficient	Spremenljivka	Regresijski koeficient
a (prosti člen)	4570,7	a (prosti člen)	4720,8
Tapr1	33,5**	Tapr1	15,3**
Tapr3-maj1	-71,5**	Tjun1-jun2	-16,3*
Tapr2-maj1	-18,9**	Pmaj2	-2,2*
Tapr3-maj2	96,9*	Pmaj3	-1,9'
Pjul3	3,5*	Pjun2	-2,1*
Pjun2-jun3	-0,4*	Pjun2-jun3	2,6*
Pjul2-jul3	-0,3**	Pjun-jul	0,3**
Tapr2-maj3	-244,6'	Tapr3-maj3	-222,3'

Stopnja značilnosti: ' - 0,10; * - 0,05; ** - 0,01

Enačba za napoved pridelka (Y) hmelja sorte Aurora:

$$Y = 4570,7 + 33,5T_{apr1} - 71,5T_{apr3-maj1} - 18,9T_{apr2-maj1} + 96,9T_{apr3-maj2} + 3,5P_{jul3} - 0,4P_{jun2-jun3} - 0,3P_{jul2-jul3} - 244,6T_{apr2-maj3}$$

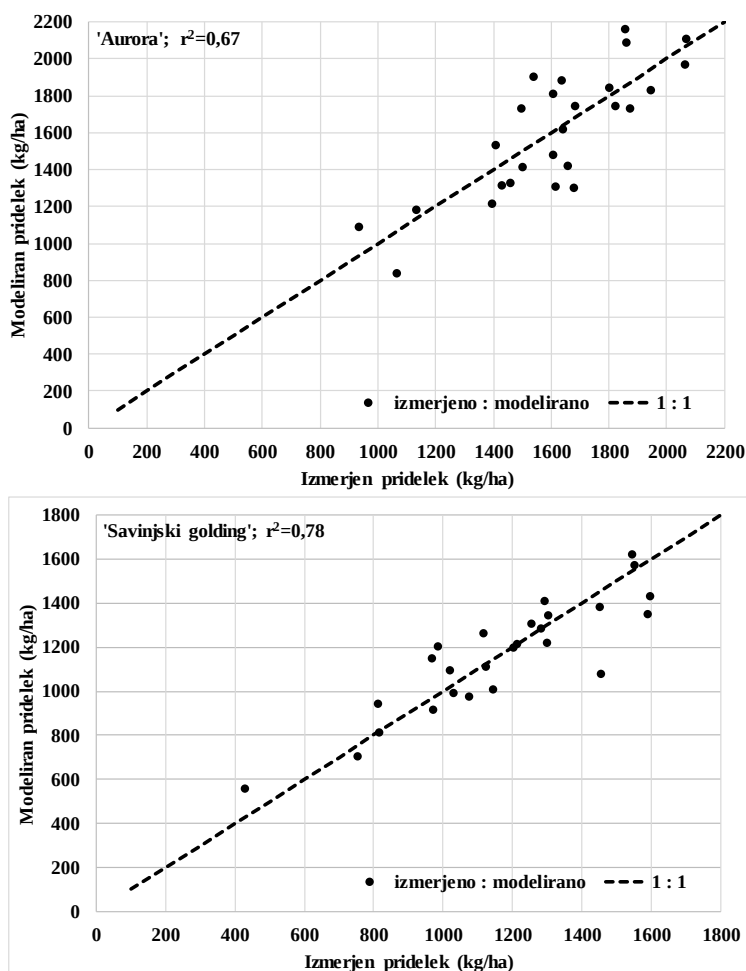
($r=0,819$; $R^2=0,67$; $F=0,0119$)

Enačba za napoved pridelka (Y) hmelja sorte Savinjski golding:

$$Y = 4720,8 + 15,3T_{apr1} - 16,3T_{jun1-jun2} - 2,2P_{maj2} - 1,9P_{maj3} - 2,1P_{jun2} + 2,6P_{jun2-jun3} + 0,3P_{jun-jul} - 222,3T_{apr3-maj3}$$

($r=0,885$; $R^2=0,78$; $F=0,0007$)

Na sliki 5 so prikazani izmerjeni in modelirani pridelki za sorti Savinjski golding in Aurora. Model za Savinjski golding daje za 11 let previsoke in za 12 let prenizke pridelke. Največjo napako navzgor ima model za leto 2003, ko je napovedal za 32 % previsok pridelek, je pa bilo to ekstremno vroče in suho leto. Precej previsoke pridelke je napovedal model tudi za leti 1999 (+23 %) in 1993 (+19 %). Napovedi v ostalih letih odstopajo navzgor do 13 %, za leta 1992, 2002, 2005 in 2009 pa lahko rečemo, da so ustrezne, saj je razlika med modeliranimi in dejanskimi vrednostmi manjša od 1 %. Največje odstopanje modela navzdol znaša 25 % za leto 2010, v preostalih letih pa je model napovedal za manj kot 15 % nižji pridelek od dejansko izmerjenega.



Slika 5: Izmerjeni in modelirani pridelki hmelja sort Savinjski golding (SG) in Aurora (AUR) za obdobje 1992–2017; model je preverjen na podatkih za obdobje 2015–2017.

Modelirani pridelki za sorto Aurora so v primerjavi z izmerjenimi v 12 letih večji in v 11 letih manjši. Največjo napako ima model za leti 2006 in 2003, ko je napoved za 28 % oziroma 26 % prevelika. Veliko odstopanje navzgor je tudi v letu 2001 (23 %). Ostale napovedi, ki odstopajo navzgor, pa se razlikujejo od izmerjenih pridelkov za manj kot 16 %. Odstopanja modela navzdol (11 let) so največja v letu 1993, ko model napove 19 % premajhno vrednost. Za ostalih 10 let model daje 15 % ali manjšo razliko od dejansko izmerjenega pridelka. Regresijska modela za napoved pridelka sort Savinjski golding in Aurora, ki sta bila izdelana na podatkih za obdobje 1992–2014, smo preverili na triletnih podatkih za

temperaturo zraka in padavine za obdobje 2015–2017. Ostopanje modela za napoved pridelka za Savinjski golding znaša v letu 2017 +17 %, v letu 2016 +2 % in v letu 2017 + 9 %. Model za Aurora pa je za leto 2017 napovedal 11 % prenizek pridelek, za leti 2015 in 2016 pa 14 oz 8 % prevelik pridelek.

Z regresijskima modeloma smo na osnovi temperaturnih in padavinskih podatkov pojasnili večji del medletne spremenljivosti pridelka hmelja, na nepojasneni del variabilnosti pa lahko vplivajo številni ostali dejavniki okolja in rastline, kot npr. bolezni in škodljivci na hmelju, preskrbljenost tal s hranili, namakanje, zračna vlaga, veter, sevanje. V modelu smo upoštevali povprečne dekadne vrednosti padavin in temperature, na pridelek pa lahko pomembno vplivajo tudi ekstremno visoke ali nizke temperature (Wagner, 1975), namakanje, intenziteta ekstremnih nalivov ali morebitna visoka podtalnica (Marovt, 2007), česar v modelih nismo upoštevali.

4 SKLEP

Z regresijskima modeloma za napoved pridelka hmelja sort Savinjski golding in Aurora lahko pojasnimo velik del medletne variabilnosti pridelka na osnovi temperatur zraka in padavin. Višje temperature na začetku aprila vplivajo pozitivno na velikost pridelka obeh sort, previsoke temperature v maju in juniju pa negativno. Močno je pridelek koreliran tudi z julijskimi padavinami; pri obeh sortah so pridelki višji pri večjih julijskih količinah padavin, kar sovпада s predhodnimi ugotovitvami Hacina (1989). Nepojasnen del variabilnosti v modelu bi lahko izboljšali z vključitvijo dodatnih vremenskih spremenljivk, ki bi vsebovale ekstremne vrednosti temperature (maksimalne in minimalne dnevne vrednosti), upoštevati pa bi bilo smiselno tudi parametre rastline (starost, bolezni, škodljivci) v posameznih letih.

5 VIRI IN LITERATURA

- Abram V., Čeh B., Vidmar M., Hercezi M., Lazić N., Bucik V., Smole Možina S., Košir I. J., Kač M., Demšar L., Poklar Ulrih N. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial crops and products*, ISSN 0926-6690. 2015; 64: 124-134.
- Arhiv Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS). Izpis iz baze vremenskih podatkov in podatkov o višini pridelka za sorti Savinjski golding in Aurora. 2018.
- ARSO. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: Povzetek dejavnikov okolja z vplivom na kmetijstvo in gozdarstvo. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. 2018. 31 s.
- Čeh B., Oset Luskar M., Leskošek G., Ferlež Rus A. Vpliv rastnih razmer na rast in razvoj hmelja v letu 2013. *Hmeljar*. 2013; 74 (1-12): 16-17.
- Črepinšek Z., Čeh B. Pridelek hmelja sorte Celeia glede na vremenske razmere do konca julija. *Hmeljarski bilten*. 2016; 23: 14-26.

- Hacin J. Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju (*Humulus lupulus* L.). Magistrsko delo, Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja. 1989. 112 s.
- Kišgeci J., Mijavec A., Ačimović M., Spevak P., Vuči, N. Hmeljarstvo. Novi Sad, Poljoprivredni fakultet, Inštitut za ratarstvo i povrtarstvo. 1984. 374 s.
- Livk J. Letina hmelja v letu 2017 – nad pričakovanji. Hmeljar. 2017; 1-12: s. 42-44.
- Marovt M. Vpliv gostote in razporeditve rastlin na rast, razvoj in kakovost hmelja (*Humulus lupulus* L.) kultivarja 279D112. Dipl. delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo. 2007. 41 s.
- The legend of the noble aroma. Styrian Golding, Celeia, katalog sort, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec. 2016.
- Wagner T. Vpliv temperature in vlage na pridelek hmelja v Sloveniji. Hmeljarski bilten. 1975; 3: 81-88.
- Zmrzlak M., Čeh B. Agroekološke razmere za pridelavo hmelja. V: Hmelj od sadike do storžkov. Čeh B. (ur). Žalec, IHPS. 2012: 38-39.