ISBN 978-961-90884-7-0

Zbornik simpozija NOVI IZZIVI V AGRONOMIJI 2015

SAD

SLOVENSKO AGRONOMSKO DRUŠTVO

SLOVENIAN SOCIETY FOR AGRONOMY

Novi izzivi v agronomiji 2015

ZBORNIK SIMPOZIJA

New challenges in agronomy 2015

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Laško 2015

SAD
SLOVENSKO AGRONOMSKO DRUŠTVO
SLOVENIAN SOCIETY OF AGRONOMY

NOVI IZZIVI V AGRONOMIJI 2015

ZBORNIK SIMPOZIJA

NEW CHALLENGES IN AGRONOMY 2015

PROCEEDINGS OF SYMPOSIUM

Laško, 2015

Novi izzivi v agronomiji 2015 z mednarodno udeležbo
Laško, 29. in 30. januar 2015

Zbornik simpozija

Uredniki: dr. Barbara Čeh, mag. Peter Dolničar, doc. dr. Rok Mihelič in dr. Igor Šantavec

Prispevki so najmanj dvakrat recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji.

Recenzenti:
prof. dr. Franci Aco Celar, univ. dipl. inž. agr.
dr. Barbara Čeh, univ. dipl. inž. agr.
mag. Peter Dolničar, univ. dipl. inž. agr.
mag. Matej Knapič, univ. dipl. inž. agr.
doc. dr. Rok Mihelič, univ. dipl. inž. agr.
dr. Magda Rak Cizej, univ. dipl. inž. agr.
Janez Sušin, univ. dipl. inž. agr.
dr. Igor Šantavec, univ. dipl. inž. agr.
prof. dr. Anton Tajnšek, univ. dipl. inž. agr.
dr. Kristina Ugrinović, univ. dipl. inž. agr.
prof. dr. Dominik Vodnik, univ. dipl. biol.
dr. Uroš Žibrat, univ. dipl. biol.

Tisk: Birografika BORI d. o. o., Ljubljana
Natisnjeno v 200 izvodih
Izdalo Slovensko agronomsko društvo
Copyright © Slovensko agronomsko društvo

Organizacijski odbor simpozija:
doc. dr. Rok Mihelič, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
mag. Peter Dolničar, Kmetijski inštitut Slovenije
dr. Barbara Čeh, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije
dr. Igor Šantavec, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
Tončka Jesenko, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije
Roman Novak, Kmetijski inštitut Slovenije

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana
63(082)
NOVI izzivi v agronomiji 2015 : zbornik simpozija, Laško, [29. in 30. januar] 2015 = New challenges in agronomy 2015 : proceedings of symposium, [Laško, 2015] / [uredniki Barbara Čeh ... et al.]. - Ljubljana : Slovensko agronomsko društvo, 2015
ISBN 978-961-90884-8-7
1. Vzp. stv. nasl. 2. Čeh, Barbara, 1973-
277668096

Kazalo

Gnojenje in prehrana rastlin

Modeliranje vpliva gnojilnih norm za poljščine na izpiranje dušika in pridelek
Modelling the impact of fertilisation norms for crops on nitrogen leaching and crop yield
Matjaž GLAVAN, Marina PINTAR, Janko URBANC 8

Vpliv vključevanja pripravkov iz alg v pridelavo hmelja (*Humulus lupulus* L.) na njegov pridelek in kakovost
The impact of the integration of products from algae in hop (*Humulus lupulus* L.) cultivation on its yield and quality
Barbara ČEH, Bojan ČREMOŽNIK 15

Pojavljanje deževnikov v vinogradih z različno vsebnostjo bakra
The occurrence of earthworms in vineyards with different content of copper
Helena GRČMAN, Matej ŠTULAR, Metka UDOVIČ, Damjana KASTELEC 22

Obdelava tal

How to prevent soil compaction and erosion by environmentally sound tillage
Kako preprečiti zbitost tal in erozijo z okolju prijaznim načinom obdelave
Ivica KISIC, Igor BOGUNOVIC 29

Tehnični ukrepi za zmanjšanje zbitosti tal
Technical measures to reduce soil compaction
Tomaž POJE 36

Dinamika izpustov CO_2 iz težkih in lahkih tal pri konvencionalnem in reduciranih sistemih obdelovanja tal
Dynamics of CO_2 emissions from heavy and light soils in conventional and reduced tillage systems
Denis STAJNKO 42

Dostopnost hranil v odvisnosti od intenzitete obdelave tal
Nutrient availability as a function of soil tillage intensity
Primož ŽIGON, Rok MIHELIČ 49

Vpliv tračne obdelave tal (strip-till) na razvoj in pridelek koruze
The influence of strip-till development and yield of maize
Robert LESKOVŠEK, Andrej SIMONČIČ 56

Druga področja tehnologije pridelave poljščin

Posebnosti pridelave visokega navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) na hmeljiščih v premeni
Features of high common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production on hop gardens in strands
Darja KOCJAN AČKO 63

Vpliv gostote setve na pridelek zrnja bele lupine
Influence of sowing density on grain yield of white lupine
Igor ŠANTAVEC, Darja KOCJAN AČKO 69

Nove metode določanja položaja gomoljev različnih sort krompirja
New methods of determining the tuber spacing of different potato varieties
Jošt POTRPIN, Rajko BERNIK 76

Učinki različnih tehnik čiščenja in mletja pšeničnega zrnja na vsebnost deoksinivalenola (DON) in nivalenola (NIV) v moki
Effects of different wheat cleaning and milling techniques on deoxynivalenol and nivalenol content in flour
Aleš KOLMANIČ, Mario LEŠNIK 83

Učinki pekovskih tehnik na vsebnost deoksinivalenola (DON) in nivalenola (NIV) v kruhu
Effects of baking techniques on deoxynivalenol and nivalenol content in bread
Aleš KOLMANIČ, Mario LEŠNIK 90

Sladkorna pesa v Sloveniji – zakaj smo jo opustili
Why sugar beet growing in Slovenia was left of
Anton TAJNŠEK 97

Vpliv dodajanja semena lana in rička v krmni obrok kokošim nesnicam na povečanje vsebnosti omega-3 maščobnih kislin v jajcih
Influence of linseeds and Camelina seeds in s feed mixtures for hens on eggs omega-3 fatty acids content
Matjaž ČERVEK, Aleš HLADNIK, Saša ŠTRAUS, Barbara ČEH 104

Tehnične zahteve za traktorje za varovanje okolja in traktorista
The technical requirements for tractors to protect the tractor driver and the environment
Tomaž POJE 110

Hiperspektralno slikanje in možnosti uporabe v kmetijstvu
Hyperspectral imaging and its use in agriculture
Matej KNAPIČ, Uroš ŽIBRAT 116

Trženje, podjetništvo in kmetijska politika

Podjetniški vidik pridelave lana (*Linum usitatissimum* L.) v Sloveniji
Entrepreneurial perspective of flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivation in Slovenia
Urška KRAJNC, Martin PAVLOVIČ 122

Ocena potencialov za gomoljikarstvo kot dodatne dejavnosti na marginalnih kmetijskih zemljiščih v Sloveniji
Evaluation of the potential for trufficulture on marginal agricultural areas of Slovenia
Borut VRŠČAJ, Janez BERGANT 129

Analiza nakupovalnih navad kupcev lokalnih kmetijskih proizvodov z goriškega območja v Sloveniji in Italiji
Consumer behaviour analysis of consumers of local agricultural products from Gorizia area in Italy and Slovenia
Vesna MILIČIĆ, Andrej UDOVČ 136

Trgovina s kmetijskimi in živilskimi proizvodi – desetletje po pristopu Slovenije k Evropski uniji
Agri-food trade in Slovenia - A decade after the EU accession
Marjeta PINTAR, Maja KOŽAR 143

Vzpostavitev in izvajanje pravil sistema navzkrižne skladnosti v Sloveniji
The establishment and implementation of the rules of the cross-compliance system in Slovenia
Maša KERSTEIN, Anton JAGODIC 150

Genetika, žlahtnjenje in nove slovenske sorte

Določanje spola sejancem hmelja z uporabo moško specifičnih molekulskih markerjev
Determination of sex in hop seedlings by using male-specific molecular markers
Andreja ČERENAK, Jernej JAKŠE, Zala KOLENC, Suzana ŠKOF, Anthony KOUTOULIS, Simon WHITTOCK, Branka JAVORNIK 157

Uporaba mutacijske analize za proučevanje virulentnosti fitopatogene glive, povzročiteljice verticilijske uvelosti pri hmelju (*Humulus lupulus*) - prispevek k razvoju novih metod kontrole bolezni
Use of mutation analysis for studying the virulence of the phytopathogen which is causative agent of Verticillium wilt on hop (*Humulus lupulus*) – distribution to the development of new strategies of disease control
Marko FLAJŠMAN, Stanislav MANDELC, Sebastjan RADIŠEK, Branka JAVORNIK 162

Ali je smiselno v Sloveniji ohranjati genski material koruze?
Does it make sense to preserve maize germplasm in Slovenia?
Ludvik ROZMAN 169

Biotska raznovrstnost in genska erozija ajde v Sloveniji
Biodiversity and genetic erosion of buckwheat in Slovenia
Zlata LUTHAR 176

Pridelek gomoljev novejših slovenskih sort krompirja (*Solanum tuberosum* L.) v poljskih poskusih Biotehniške fakultete v letih 2011 do 2013
The yield of tubers of Slovenian varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) in field trials at the Biotechnical Faculty in the years 2011 to 2013
Darja KOCJAN AČKO, Matej ŠIFRER, Igor ŠANTAVEC 183

Določevanje zgodnosti izbranih slovenskih križancev in sort krompirja
Determination of earliness of selected Slovenian potato clones and varieties
Peter DOLNIČAR 190

Podnebje, agrometeorologija, vodna bilanca, namakanje, suša

Podnebne spremembe in kmetijstvo
Climate change and agriculture
Lučka KAJFEŽ - BOGATAJ 196

Povečano neravnotežje vodne bilance kmetijskih zemljišč – izziv prilagajanja kmetijstva
Increased water balance imbalance of agricultural land – agricultural adaptation challenge
Andreja SUŠNIK, Ajda VALHER 203

Modeliranje distribucije vode pod površinskim kapljičnim namakanjem hmelja
Modelling of soil water distribution under surface drip irrigated hop
Boštjan NAGLIČ, Marina PINTAR, Cedric KECHAVARZI 210

Ocena potencialne škode po suši in stroškov izgradnje namakalnih sistemov na območju občin Krško in Brežice
Estimation of the potential damage by drought and construction costs of irrigation systems in the municipalities of Krško and Brežice
Matjaž GLAVAN, Rozalija CVEJIĆ, Marina PINTAR 217

Vodna bilanca tal v luči ekstremnih vremenskih pojavov – primer Ljubljanskega polja
Water balance and extreme weather events – case study of Ljubljansko polje
Vesna ZUPANC, Barbara ČENČUR CURK, Branka BRAČIČ ŽELEZNIK, Marina PINTAR 224

Analiza temperature tal za izbrane lokacije v Sloveniji v obdobju 1980-2010
Analysis of soil temperature for chosen locations in Slovenia for 1980-2010
Mateja ZALAR, Zalika ČREPINŠEK, Vesna ZUPANC, Lučka KAJFEŽ - BOGATAJ..... 231

Varstvo rastlin

Strategije zatiranja plevelov v koruzi v Sloveniji in njihov vpliv na okolje
Evaluation of weed control strategies in maize in Slovenia and their impact on the environment
Andrej SIMONČIČ..... 238

Daljinsko zaznavanje obolelosti vinske trte z zlato trsno rumenico
Remote sensing of grapevine yellows
Uroš ŽIBRAT, Matej KNAPIČ 245

Spremljanje koruznega hrošča (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) na Celjskem območju od leta 2004 do 2014
Monitoring of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) on the area of the Celje region from 2004 to 2014
Magda RAK CIZEJ, Iris ŠKERBOT 252

Nova spoznanja glede glivičnih bolezni na žitih v letu 2014
New findings about fungal diseases on cereals in 2014
Karmen RODIČ 260

Vrtnarstvo

Odziv sadik brokolija na dodajanje selenita
The response of broccoli transplants on selenite addition
Špela MECHORA, Kristina UGRINOVIĆ 267

Vpliv prikrajševanja grozdov na pridelek in kakovost češnjevega paradižnika
The influence of truss thinning on yield and quality of cherry tomato
Kristina UGRINOVIĆ, Mojca ŠKOF 273

Zasnova pilotnega akvaponskega sistema za spremljanje mineralizacije fosforja pri različnih pH
Design of an aquaponic system for monitoring the mineralization of phosphorus at different pH
Vesna MILIČIĆ, Matej LESKOVEC, Gašper JERŠIN, Kevin HARTMAN 280

Vpliv hranilne raztopine na morfometrične in biokemične lastnosti siljenega radiča (*Cichorium intybus* L.)
Influence of nutrient solution on morphometric and biochemical parameters of forced chicon (*Cichorium intybus* L.)
Lovro SINKOVIČ, Janez HRIBAR, Rajko VIDRIH, Dragan ŽNIDARČIČ 287

Umetna osvetlitev v vrtnarstvu
Artificial lighting in horticulture
Blaž GERMŠEK 294

Motivacije in okoljsko obnašanje vrtičkarjev – primer Ljubljane
Motivation and environmental behaviour of plot gardeners – the case of Ljubljana
Majda ČERNIČ ISTENIČ, Matjaž GLAVAN, Marina PINTAR 301

Bibliometrična analiza

Nanotehnologija in kmetijstvo: bibliometrična analiza
Nanotechnology and agriculture: bibliometric analysis
Karmen STOPAR 308

Modeliranje vpliva gnojilnih norm za poljščine na izpiranje dušika in pridelek

Matjaž GLAVAN[1], Marina PINTAR[2], Janko URBANC[3]

Izvleček
Izpiranje presežnih količin dušika (N) iz kmetijstva v vodna telesa je resen okoljski problem, reševanju katerega sta posvečeni Nitratna direktiva (91/767/EEC) in Okvirna vodna direktiva (2000/60/EC). Na dveh poskusnih njivskih zemljiščih v Mariboru in na Ptuju smo opravili meritve lastnosti tal, pridobili podatke o kolobarju in tehnologiji pridelave. Cilj prispevka je preko računalniškega modeliranja z modelom Soil in Water Assessment Tool (SWAT) prikazati vpliv gnojilnih norm za poljščine na izpiranje dušika iz tal in pridelek. Trenutni povprečni letni gnojilni normi 130 kg N/ha (Ptuj) in 135 kg N/ha (Maribor) sta prilagojeni velikemu do srednje-velikemu pričakovanemu pridelku. Povprečno se v enem letu izpere 51 kg N/ha (Ptuj) in 60 kg N/ha (Maribor). Po scenarijih 1, 2 in 3 (spremenjene gnojilne norme) se izpiranje na Ptuju spremeni za -2, -8 in -11 kg N/ha in v Mariboru za +25, -16 in -36 kg N/ha. Povprečen pridelek se na Ptuju spremeni za 0,0, -0,3 in -0,8 in v Mariboru za 0,0, -0,1 in -0,4 ton/ha. Ali v tehnologiji pridelave, zlasti v gnojilnih normah, še obstajajo možnosti prilagoditve, je stvar dogovora med deležniki. Družba se mora odločiti, kako bo uravnavala razmerje med ekosistemskima storitvama oskrbe z vodo in oskrbe s hrano.
Ključne besede: gnojilna norma, dušik, pridelek, kmetijstvo

Modelling the impact of fertilisation norms for crops on nitrogen leaching and crop yield

Abstract
Leaching of excess nitrogen (N) from agricultural in to water bodies is a serious environmental problem which is addressed in the Nitrate Directive (91/767/EEC) and in the Water Framework Directive (2000/60/EC). In the two experimental fields in Maribor and Ptuj we performed measurements of soil properties, obtain rotations and farmers practice. The aim of this paper is with the help of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model to show the influence of fertilisation norms for crops on nitrogen leaching from the soil and crop yield. Current average annual fertilising norms of 130 kg N/ha (Ptuj) and 135 kg N/ha (Maribor) are in the range of large to medium-large expected yield. Average annual leaching rate is 51 kg N/ha (Ptuj) and 60 kg N/ha (Maribor). According to scenarios 1, 2 and 3 (changed fertilisation norms) leaching at Ptuj and Maribor changes for -2, -8 and -11 kg N/ha and for +25, -16 and -36 kg N/ha, respectively and yield for 0.0, -0.3 and -0.8 and for 0.0, -0.1 and -0.4 tons/ha. Whether in the technology of production, especially in the fertilizer norms are still possibilities of adaptation is a matter of agreement between stakeholders. Society has to decide how it will regulate the relationship between ecosystem services of water supply and food supply.
Key words: fertilisation norm, nitrogen, crop yield, agriculture

1 Uvod

Kmetijstvo je eden izmed glavnih virov netočkovnega onesnaževanja, kar se pogosto odraža tudi v povišanih vsebnostih dušika in poslabšanju kakovosti podzemne vode (ARSO-a, 2014). V Sloveniji podzemna voda predstavlja kar 98 % vseh virov pitne vode za oskrbo prebivalcev, zato je učinkovita zaščita kakovosti podzemne vode izjemnega pomena tudi za zdravje

[1] Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si
[2] Prof. dr., prav tam, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si
[3] Dr., Geološki zavod Republike Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, e-pošta: janko.urbanc@geo-zs.si

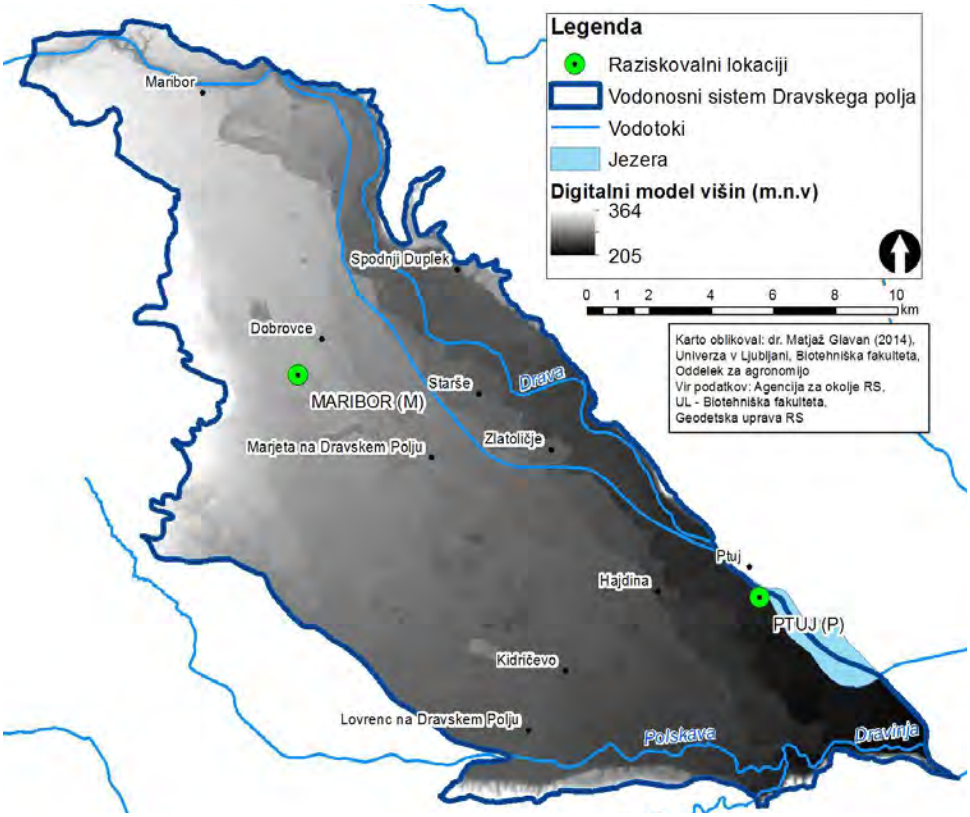
prebivalcev (Poje in sod., 2008; Koroša in Mali, 2012). Izpiranje presežnih količin dušika (N) iz kmetijskih tal v vodne vire je resen okoljski problem, ki se mu je Evropska unija, v želji zmanjšati vplive, podrobno posvetila v Nitratni direktivi (91/767/EEC) in v Okvirni vodni direktivi (2000/60/EC) (ARSO-b, 2014).

Netočkovni viri hranil ter poti prenosa so močno povezane z vodnim krogom, ki deluje pod vplivom vode in energije sonca. Padavine ob stiku s tlemi lahko sledijo različnim preferenčnim potem: površinski odtok (prenos N, P) in plitek podpovršinski odtok (prenos N, P) in vertikalno izpiranje v plitki vodonosnik (prenos N). Bilanca dušika v tleh in podtalnici je odvisna od številnih dejavnikov (biološki, klimatski, fizikalno-kemične lastnosti tal).

Cilj prispevka je prikazati vpliv različnih gnojilnih norm za poljščine na izpiranje dušika iz profila tla in na pridelek. To v nadaljevanju omogoča razpravo o prilagoditvi gnojilnih norm za izboljšanje kakovosti vodnih virov.

2 Material in metode dela

Kot pilotno območje smo izbrali vodonosnik Dravskega polja (293,2 km^2), ki leži v severovzhodnem delu Slovenije (slika 1). Dravsko polje je izrazita ravnina, zato so razlike v nadmorski višini relativno majhne, le med 205 in 364 m (Urbanc in sod., 2013).



Slika 1: Digitalni model višin vodonosnega sistema Dravskega polja z označenima raziskovalnima lokacijama Maribor (M) in Ptuj (P)

Obe reki sta na območju odložili zasip kvartarnih peskov in prodov, ki tvorijo obsežen vodonosnik z medzrnsko poroznostjo. Vodonosnik je zelo dobro prepusten. Koeficient prepustnosti je v povprečju okrog 5×10^{-3} m/s. Vodonosnik je odprtega tipa ter izpostavljen vnosu onesnažil s površja. Območje je primerno za intenzivno kmetijsko pridelavo (poljedelstvo) zaradi ugodnega reliefa in ugodne strukture zemljišč (Urbanc in sod., 2013). Po podatkih MKO je bilo v avgustu 2011 (MKO, 2011) na območju Dravskega polja 44 % njivske rabe, 20 % gozda, 19 % urbanih površin in 9 % travnikov. Ostali razredi rabe so zastopani z največ 1 %.

Za potrebe tega prispevka smo uporabili dve raziskovalni lokaciji (slika 1): Ptuj (P) - Semenarna (218 m. n. v) se nahaja ob vtoku reke Drave v Ptujsko jezero z mešanim kolobarjem, ki je značilen za semenarsko proizvodnjo in meri 2,25 ha, in Maribor (M) – Letališče (262 m. n. v.), ki se nahaja med letališčem in avtocesto Maribor – Ptuj s tipičnim poljedelskim kolobarjem in meri 15,12 ha.

Procese v nenasičeni coni smo modelirali z modelom Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ArcSWAT version 2009.10.1 (Arnold in sod., 1998). Zasnovan je bil za napovedovanje vpliva rabe in upravljanja zemljišč na količino vode, sedimenta in topnih snovi iz kmetijstva v velikih kompleksnih porečjih s heterogenimi tlemi, rabo in upravljavskimi razmerami preko daljših časovnih obdobij (Neitsch in sod., 2005). Na podlagi merjenih podatkov smo postavili model, ga umerili na dnevno merjeno količino vode v tleh, ki smo jo spremljali s pomočjo v talni profil vgrajenih sond.

Preglednica 1: Tehnologije pridelovanja za osnovna (Base) kolobarja raziskovalnih lokacij Maribor in Ptuj ter alternativni scenariji (Scenarij) gnojilnih norm, kot so bile uporabljene v modelu SWAT

Scenarij	**Kolobar**	**Gnojenje (kg N/ha) po kulturi**	**kg N/ha letno**
Ptuj			
Base P	**op**/a/**op**/d/**kg**/**op**/d/**ze**/	**161**/0/**161**/0/**27**/**161**/0/**122**	130
Scenarij 1P		**170**/0/**170**/0/**27**/**170**/0/**122**	143
Scenarij 2P		**110**/0/**110**/0/0/**110**/0/**122**	103
Scenarij 3P		**60**/0/**60**/0/0/**60**/0/**122**	70
Maribor			
Base M	d/**kz**/**op**/d/**kz**/**oj**/d/**kz**/**op**/**oo**	0/**161**/**109**/0/**161**/**109**/0/**161**/**109**/**150**	135
Scenarij 1M		0/**180**/**170**/0/**180**/**150**/0/**180**/**170**/**170**	170
Scenarij 2M		0/**115**/**110**/0/**115**/**95**/0/**115**/**110**/**135**	112
Scenarij 3M		0/**70**/**60**/0/**70**/**50**/0/**70**/**60**/**100**	67

oo – oljna ogrščica; d – detelja; kz – koruza za zrnje; op – ozimna pšenica; oj – ozimni ječmen; a – ajda; kg – krmni grah; ze – zelje za seme; Podrobnejša razlaga kolobarjev na https://www.mediafire.com/folder/32p5gglq92j6w/CRP_V4-1058_Možnosti_kmetovanja_na_VVO

Glede na razpoložljivost podatkov smo oblikovali dva osnovna scenarija za Maribor in Ptuj (Base), ki opisujeta povprečno dogajanje na raziskovalnih lokacijah (bussines as usual) (preglednica 1). Podatke smo pridobili od pridelovalcev in Kmetijske svetovalne službe. Pripravili smo tudi tri alternativne scenarije (scenariji 1, 2 in 3) za Maribor in Ptuj, kjer smo gnojenje osnovnega kolobarja preoblikovali glede na to, kolikšen pridelek želimo doseči (preglednica 1). Pri tem smo se oprli na Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, ki jih je izdalo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (Mihelič in sod., 2010). Scenarija 1M in 1P predstavljata maksimalno gnojenje srednje preskrbljenih tal za velik pridelek. Scenarija 2M in 2P predstavljata povprečno gnojenje srednje preskrbljenih tal za srednji

pridelek. Scenarija 3M in 3P predstavljata minimalno gnojenje srednje preskrbljenih tal za majhen pridelek. Ti scenariji lahko služijo le kot okvirna informacija, saj dejanskega razvoja dogodkov pri tako nepredvidljivem elementu, kot je način obdelave, ki se lahko v kratkem obdobju zaradi spremembe v kmetijski politiki spremenijo, ni možno napovedati. Čeprav lahko ravno kmetijska politika narekuje trajnostno kmetovanje, varovanje vodnih virov in zagotavljanje prehranske varnosti. Scenariji so predstavljeni v preglednici 1. Zaradi omejitve obsega članka je podrobnejša razlaga kolobarjev (termini setve, gnojenje, obdelava tal) dostopna na spletnih straneh http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-HWYIJSVV.

3 Rezultati z diskusijo

Osnovna scenarija (Base) kažeta visoko povprečno letno variabilnost pri izpiranju dušika iz profila tal (preglednica 2). Širok razpon med povprečnim letnim minimalnim in maksimalnim izpiranjem je posledica sovpadanja različnih dejavnikov, kot so vrstenje različnih kmetijskih kultur, specifične tehnologije pridelovanja, vremenske razmere in vrsta tal.
Primerjava osnovnih kolobarjev iz prakse med seboj je pokazala, da imajo tehnologije pridelovanja z večjim vnosom N v tla negativne posledice na bilanco N, ki se pokaže z večjim izpiranjem. Še bolj pomemben podatek je, da ista tehnologija ni primerna za vse tipe tal (preglednica 2). Kot kaže primer tehnologije pridelovanja iz Ptuja, ki je primerna za globoka meljasta tla v okolici Ptujskega jezera, lahko le-ta na plitvejših skeletnih tleh v okolici mariborskega letališča povzroči do 28 % večje izpiranje N. Obratno bi uporaba kolobarja, primernega za plitvejša skeletna tla iz Maribora, na Ptuju privedla do občutnega zmanjšanja izpiranja za 46 %. Po sedanji uredbi za vodovarstvena območja na Dravsko-ptujskem polju ukrepi omejevanja vnosa dušičnih gnojil niso definirani glede na tip tal. Glede na te rezultate bi pripravljavec uredb o vodovarstvenih območjih lahko v prihodnje razmislil o temeljiti analizi tal na območju in pripravi natančnejše karte lastnosti tal (sposobnost tal za zadrževanje vode, hidravlična prevodnost tal). Na tej podlagi bi se lahko tako pripravile smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. V kombinaciji s drugimi parametri (lokacija vodonosnika, globina podtalnice, raba tal, obnavljanje zalog vode vodonosnika) bi tako pripravili natančno karto oceno ranljivosti območja in tudi prostorsko orodje, ki kmetijskim svetovalcem omogočalo svetovanje o primernih kmetijskih praksah na parcelo ali njen del natančno (Ceplecha in sod., 2004).

Preglednica 2: Povprečja povprečnih letnih količin iz profila tal izpranega dušika (model SWAT) za raziskovalni lokaciji Ptuj in Maribor v raziskovalnem obdobju 2003–2011

	Količina iz profila tal izpranega dušika (kg N/ha letno)							
	Kolobar							
	Ptuj				**Maribor**			
↓Tla↓	pov	StDv	min	maks	pov	StDv	min	maks
Ptuj	**51,3**	43,4	1,2	109,1	**32,4**	17,5	0,7	56,2
Maribor	**71,1**	76,0	4,0	180,9	**59,9**	27,5	22,2	103,9

pov – povprečje; StDv – standardna deviacija; min. – minimalno; maks - maksimalno

Primerjava osnovnih kolobarjev s scenariji z alternativni gnojilnimi normami je pokazala, da na lokacijah Ptuj in Maribor v povprečju gnojijo bolj, kot so gnojilne norme za povprečen pridelek po smernicah MKO (preglednica 3). Če bi v Mariboru uporabljali gnojilne norme za velik oz. majhen pridelek, bi se izpiranje N v povprečju povečalo za 25 kg/ha na leto oz.

zmanjšalo za 36 kg/ha na leto. Več dela bo potrebno vložiti v pripravo izobraževanj za pridelovalce in v večji nadzor izpolnjevanja zahtev gnojilnih načrtov v zvezi z vnosom gnojil.

Preglednica 3: Primerjava rezultatov za povprečno letno količino dušika izpranega iz profila tal (kg/ha) med osnovnima (Base) in alternativnimi scenariji (1, 2, 3) v raziskovalnem obdobju 2003-2011

	Scenarij			
	Base	**1**	**2**	**3**
Ptuj (P)				
Povprečje (kg/ha)	51,3	49,6	43,3	40,8
Sprememba (%)		*-3,4*	*-15,7*	*-20,5*
Maribor (M)				
Povprečje (kg/ha)	59,9	85,0	44,4	23,5
Sprememba (%)		*42,0*	*-25,9*	*-60,7*

1 – gnojenje za velik pridelek na srednje založenih tleh; 2 – gnojenje za srednji (povprečni) pridelek na srednje založenih tleh; 3 – gnojenje za majhen pridelek srednje založenih tal (Mihelič in sod., 2009)

Preglednica 4: Primerjava rezultatov za povprečni letni pridelek (ton/ha) med osnovnima (Base) in alternativnimi scenariji (1, 2, 3) v raziskovalnem obdobju 2003-2011

	Scenarij			
	Base	**1**	**2**	**3**
Ptuj (P)				
Povprečje (kg/ha)	4,9	4,9	4,6	4,1
Sprememba (%)		*0,0*	*-0,3*	*-0,8*
Maribor (M)				
Povprečje (kg/ha)	6,7	6,7	6,6	6,4
Sprememba (%)		*0,0*	*-0,1*	*-0,4*

1 – gnojenje za velik pridelek na srednje založenih tleh; 2 – gnojenje za srednji (povprečni) pridelek na srednje založenih tleh; 3 – gnojenje za majhen pridelek srednje založenih tal (Mihelič in sod., 2009)

Za vsak tip tal bo potrebno preveriti, koliko gnojil lahko tla sprejmejo in koliko jih je potrebno ob danih lastnostih vnesti, da dosežemo optimalne ali celo maksimalne pridelke in da hkrati ne pride do prekomernega izpiranja N. Na Švedskem so opazovali tudi vpliv bolezni in škodljivcev na rast ozimne pšenice in izpiranje dušika ter ugotovili, da je v tleh po koncu rastne sezone več dušika, kadar so rastline napadle bolezni, kar predstavlja riziko za izpiranje duška, a nadaljnje raziskave bodo potrebne za dokončno potrditev (Delin in sod., 2008). Gruber in sod. (2011) in Amon-Armah in sod. (2011) so ugotovili, da med različnimi načini obdelave tal (konvencionalna ali minimalna obdelava) ni razlike v izpiranju dušika. Razlika je bila ugotovljena le v letih, ko je bil v kolobar vključen naknadni posevek, ki je dušik zadržal zgornje horizontu in preprečil njegovo izpiranje. Na tej podlagi lahko ocenimo in zavzamemo stališča o ekonomski upravičeni kmetijske pridelave in varovanje voda. Dokler ni narejene take ˝cost-benefit˝ ocene, so vsi ukrepi ugibanje na pamet in njihovi učinki nepredvidljivi.
Rezultati modela SWAT, da je povprečni letni pridelek manjši, če je vnos dušika manjši, kar tudi privede do manjšega izpiranja (preglednica 4). Kljub temu da scenariji pripravljeni po smernicah za gnojenje in govorijo o velikem (1), srednjem (2) in majhnem (3) pridelku, je razlika med njimi le 0.8 (Ptuj) in 0.4 (Maribor) tone na hektar. Najbolj bode v oči rezultat Scenarija 1M (Maribor) za velik pridelek, ki kljub 25 kg/ha (42 %) večjim izgubam dušika v

primerjavi s trenutnim razmerami (Base) privede do enakega povprečnega pridelka. Z izbiro gnojenja za srednji pridelek (Scenarij 2M) bi ob 17 % zmanjšanju gnojilne norme in 26 % zmanjšanjem izgube dušika pod nivo korenin v povprečju izgubili le 0,1 tone pridelka na hektar. Ti rezultati se ujemajo tudi s spoznanji Amon-Armah in sod. (2013) iz Nove Škotske, ki predlagajo, da bi lahko obstoječe gnojilne norme za žita zmanjšali za 10 do 25 %, kar bi privedlo do statistično značilnega zmanjšanja izpiranja N in optimiziralo pridelek.

4 Sklepi

Rezultati kažejo, da je v pridelavi poljščin na preučevanem območju še vedno veliko rezerve v gnojilnih normah. Njihovo zmerno zmanjšanjem bi ob občutnem zmanjšanju izpiranja dušika le minimalno prizadelo pridelek. Predlagamo, da se v prihodnosti ukrepi oz. režim VVO oblikuje tudi glede na tip in lastnosti tal, še zlasti hidroloških. Izrednega pomena je stalna komunikacija z lastniki in obdelovalci zemljišč na območju ter njihovo redno izobraževanje. Pri tem je nujno primerno opremiti in usposobiti kmetijske svetovalce tudi z znanji o prilagoditvi kmetijskih praks varovanju okolja in še posebno vodnih virov.
Rezultati te raziskave so produkt enega računalniškega modela za modeliranje porečij (SWAT) in delo ter rezultat razumevanja porečij enega modelarja. Zato končnih ocen scenarijev ne smemo obravnavati kot dokončne, temveč le kot možen odziv sistema na spremembe. Rezultati modela in njihova interpretacija s strani modelarja mora voditi v konstruktivno razpravo, katere cilj je doseči in ohraniti dobro kakovost voda na raziskovalnem območju Dravsko ptujskega polja, kar je tudi cilj vodne direktive.

Zahvala

Prispevek je nastal v okviru Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih (V4-1058), ki sta ga financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Agencija RS za raziskovalni dejavnost. Celotno poročilo je dostopna na spletni strani: http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-HWYIJSVV in https://www.mediafire.com/folder/32p5gglq92j6w/CRP_V4-1058.

5 Literatura

Amon-Armah, F., Yiridoe, E.K., Ahmad, N.H.M., Hebb, D., Jamieson, R., Burton, D., Madani, A. 2013. Effect of Nutrient Management Planning on Crop Yield, Nitrate Leaching and Sediment Loading in Thomas Brook Watershed. Environmental Management, 52: 1177-1191

Arnold, J.G., Srinivasan, R.S., Muttiah, R.S., Williams, J.R. 1998. Large area hydrological modelling and assessment, Part I: Model development. Journal of the American Water Resources Association, 34(1): 73–89

ARSO-a 2014. [VD05] Nitrati v podzemni vodi – Kazalci okolja v Sloveniji. Ljubljana, Agencija za okolje Republike Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=632 (30. 12. 2014)

ARSO-b 2014. [KM04] Intenzivnost kmetijstva – Kazalci okolja v Sloveniji. Ljubljana, Agencija za okolje Republike Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=613 (30. 12. 2014)

Ceplecha, Z.L., Waskom, R.M., Bauder, T.A., Sharkoff, J.L., Khosla, R. 2004. Vulnerability assessments of Colorado ground water to nitrate contamination. Water Air and Soil Pollution, 159: 373-394

Delin, S., Nyberg, A., Linden, B., Ferm, M., Torstensson, G., Lerenius, C., Gruvaeus, I. 2008. Impact of crop protection on nitrogen utilisation and losses in winter wheat production. European Journal of Agronomy, 28: 361-370

Gruber, S., Mohring, J., Claupein, W. 2011. On the way towards conservation tillage-soil moisture and mineral nitrogen in a long-term field experiment in Germany. Soil & Tillage Research, 115: 80-87

Koroša, A, Mali, N. 2012. Pregled novih organskih onesnaževal v podzemni vodi v Sloveniji. Geologija, 55: 243

Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vršič, S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 184

MKO. 2011. Grafični podatki RABA za celo Slovenijo. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. http://rkg.gov.si/GERK/ (30. 12. 2014)

Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. 2005. Soil and water assessment tool theoretical documentation – Version 2005. Temple, Texas Agricultural Experiment Station, Blackland Research Center, Agricultural Research Service, Grassland, Soil and Water Research Laboratory: 528

Poje, M., Dobnikar-Tehovnik, M., Krajnc, M., Trisic, N., Krsnik, P., Mihorko, P. 2008. Kakovost povrsinskih virov pitne vode v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolje, Urad za hidrologijo in stanje okolja: 40

Urbanc, J. 2013. Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih – CRP V4_1058. Geološki zavod Slovenije, Institut "Jožef Stefan", Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-HWYIJSVV (30. 12.2014)

Vpliv vključevanja pripravkov iz alg v pridelavo hmelja (*Humulus lupulus* L.) na njegov pridelek in kakovost

Barbara ČEH[4], Bojan ČREMOŽNIK[5]

Izvleček
Z bločnim poljskim poskusom v letih 2013 (dolga zima, sušno in vroče poletje) in 2014 (deževno leto) smo želeli ugotoviti možnost vključevanja pripravkov na osnovi alg (Resistance, Super Fifty, Litho KR+ in CTA humus) v pridelavo hmelja z namenom zmanjšanja odmerka mineralnega dušika (N) ob hkratnem doseganju ustrezne velikosti ter kakovosti pridelka. Če smo vključili v pridelavo hmelja sorte Celeia pripravek Super Fifty ali Resistance (po opisanem protokolu), ni bilo smiselno trikratno dognojevanje hmelja z gnojilom KAN v skupnem odmerku 170 kg/ha N, ampak je za statistično primerljiv pridelek storžkov zadoščalo enkratno dognojevanje v količini 80 kg/ha mineralnega N. V sušnejšem letu 2013 je zalivanje hmelja s pripravkom Resistance imelo velik pozitiven vpliv na pridelek storžkov. Po pridelku alfa-kislin se je kot primerljivo obravnavanjem z večjim odmerkom mineralnega N (170 kg/ha N) nakazalo obravnavanje, kjer smo dali približno polovičen odmerek mineralnega N v enem obroku (80 kg/ha N) v kombinaciji s Super Fifty, CTA humus in Litho KR+. Največji vpliv na vsebnost nitratov v storžkih je imelo leto. Stopnjevanje odmerka mineralnega N je pomenilo povečevanje vsebnosti nitratov v storžkih.
Ključne besede: hmelj, *Humulus lupulus* L., pridelava, pridelek, gnojenje, pripravki iz alg

The impact of the integration of products from algae in hop (*Humulus lupulus* L.) cultivation on its yield and quality

Abstract
With a block field-trial in 2013 (long winter, dry and hot summer) and 2014 (rainy year) we wanted to determine a possibility to include products, based on algae (Resistance, Super Fifty, Litho KR+ and CTA humus) in the cultivation of hop cv. Celeia to reduce mineral nitrogen rate and achieve an adequate and quality yield. When we used product Resistance or Super Fifty (according to the described protocol) half of the N rate of the control treatment (170 kg/ha N in three splits in the form of CAN, no algae products) was needed to reach a comparable yield. In 2013 product Resistance use affected strongly positive on the yield oh hop cones. To reach a comparable alpha-acid yield to the treatments with 170 kg/ha N in three splits, half mineral N rate in one split could be used in combination with Super Fifty, CTA humus and Litho KR+. The highest impact on the nitrate content in hop cones had year. Increasing mineral N rate caused increasing in nitrates content in hop cones.
Key words: hop, *Humulus lupulus* L., production, yield, fertilization, algae products

1 Uvod

Slovenija je po površini hmeljišč (1750 ha) na petem mestu na svetu med državami proizvajalkami hmelja (IHGC, 2013). Pridelava hmelja poteka zaradi specifičnih zahtev te industrijske rastline v strjenih kompleksih. Tri četrtine hmeljišč v Sloveniji je v Spodnji Savinjski dolini, ostala so v okolici Ptuja, Celja in na Koroškem. Panoga je izrazito izvozno usmerjena, saj kar okrog 90 % pridelka izvozimo. V letih, ko je cena hmelja na svetovnem trgu nizka, obstajajo želje po zmanjšanju stroškov pridelave, sploh v preteklih letih, ko so bile na trgu nizke odkupne cene hmelja, cene mineralnih gnojil pa so se povečevale (Čeh, 2014a).

[4] Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si
[5] Dipl. inž. agr. in hort., prav tam, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

Možnost zmanjšanja odmerka mineralnega dušika smo na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) preučevali s poskusi, v katerih smo ugotavljali, ali lahko gnojevka nadomesti mineralno gnojilo KAN za drugo in/ali tretje dognojevanje. Ugotovili smo, da je bila goveja gnojevka bolj primerno gnojilo za drugo in/ali tretje dognojevanje hmelja kot KAN v preučevanih letih 2010-2012, za katera je bila značilna majhna količina padavin in visoke temperature predvsem v juniju in v prvi polovici julija, v času drugega oziroma tretjega dognojevanje hmelja (Čeh in Čremožnik, 2010; Čeh, 2014a).
Cilj predstavljene raziskave je bil ugotoviti možnost vključevanja pripravkov na osnovi alg (Resistance, Super Fifty, Litho KR+ in CTA humus) v pridelavo hmelja v Sloveniji z namenom zmanjšanja odmerka mineralnega dušika ob hkratnem doseganju ustrezne velikosti in kakovosti pridelka.

2 Material in metode

2.1 POSTAVITEV POSKUSA

Poljski poskus je bil zastavljen kot bločni poljski poskus z desetimi obravnavanji v treh ponovitvah na poskusni površini IHPS v letih 2013 in 2014 na poskusnem posestvu Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. Tla so srednje globoka, evtrična, rjava tla na peščeno prodnati osnovi, tekstura: I-GI, ekstremno preskrbljena s fosforjem (40,2 mg P_2O_5/100 g tal) in dobro preskrbljena s kalijem (28,0 mg K_2O/100 g tal), vsebnost organske snovi je 2,6 %. Velikost osnovne parcele je bila 400 m^2. Obravnavanja so bila v obeh letih na istih parcelah. Vključili smo naslednja obravnavanja:

A. **Kontrola** = Gnojenje z dušikom 50 + 70 + 50 kg/ha N; načrtovani termini 20. maja, 15. junija in 5. julija (izvedeno glede na vreme) v obliki gnojila KAN. Brez foliarnih gnojil.
B. Gnojenje z dušikom 50 + 70 + 50 kg/ha N - 20. maja, 15. junija in 5. julija v obliki gnojila KAN. Brez foliarnih gnojil. LITHO KR+ granulat 300 kg/ha zgodaj spomladi.
C. Super Fifty foliarno s škropljenjem 4x v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Brez gnojenja z drugimi gnojili, ki bi vsebovala dušik.**
D. Super Fifty foliarno 4x v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Brez gnojenja z drugimi gnojili, ki bi vsebovala dušik.** CTA humus konec maja v odmerku 80 L/ha. LITHO KR+ granulat 300 kg/ha zgodaj spomladi.
E. Super Fifty foliarno 4x v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Gnojenje z N kot pri kontroli.** CTA humus konec maja v odmerku 80 L/ha. LITHO KR+ granulat 300 kg/ha zgodaj spomladi.
F. Super Fifty foliarno 4x v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Gnojenje z N enkrat; tik pred začetkom hitre rasti hmelja (okrog 10. junija) v odmerku 80 kg/ha N.** CTA humus konec maja v odmerku 80 L/ha. LITHO KR+ granulat 300 kg/ha zgodaj spomladi.
G. Resistance talna aplikacija (z zalivanjem) 4-krat v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Brez gnojenja z drugimi gnojili**.
H. Resistance talna aplikacija (z zalivanjem) 4-krat v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Brez gnojenja z drugimi gnojili, ki vsebujejo N.** CTA humus konec maja v odmerku 80 L/ha. LITHO KR+ granulat 300 kg/ha zgodaj spomladi.
I. Resistance talna aplikacija (z zalivanjem) 4-krat v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Gnojenje z N enkrat; tik pred začetkom hitre rasti hmelja (okrog 10. junija) v odmerku 80 kg/ha N.** CTA humus konec maja v odmerku 80 L/ha. LITHO KR+ granulat 300 kg/ha zgodaj spomladi.

J. Resistance talna aplikacija (z zalivanjem) 4-krat v sezoni. Prva uporaba takoj po navijanju, drugo ko so rastline na polovici žičnice in potem še dvakrat v razmikih 3 tednov. **Gnojenje z N kot pri kontroli.** CTA humus konec maja v odmerku 80 L/ha. LITHO KR+ granulat 300 kg/ha zgodaj spomladi.

Ostala agrotehnika (gnojenje s fosforjem in kalijem glede na analizo tal, obdelava tal, varstvo proti škodljivcem in boleznim, zatiranje plevela) je bila enaka za vsa obravnavanja. Uporaba FFS je potekala v skladu s škropilnim programom in napovedjo prognostične službe. Poskus ni bil namakan.

2.2 UPORABLJENI PRIPRAVKI IN PREUČEVANA SORTA HMELJA

Super Fifty je koncentrirana raztopina naravnih rastnih stimulatorjev, pridobljenih z bazično ekstrakcijo iz divje morske alge *Ascophyllum nodosum*. Vsebuje organske polisaharide in naravne rastlinske rastne hormone (Bio Atlantis, 2014).

Resistance je visoko koncentrirana raztopina aktivnih komponent, pridobljenih z ekstrakcijo iz morskih alg *Laminaria species*. Produkt je proizveden pod posebnimi razmerami, ki zagotavljajo ohranitev naravnih polimerov organskih komponent (Meko, 2014).

Litho KR+ je granuliran apnenec iz čistih apnenčastih alg *Lithothamnium calcareum.* Vsebuje okoli 81 % $CaCO_3$, 10,8 % $MgCO_3$, alginate in elemente v sledovih: železo, baker, mangan, cink, molibden, kobalt, jod, bor, selen (Meko, 2014).

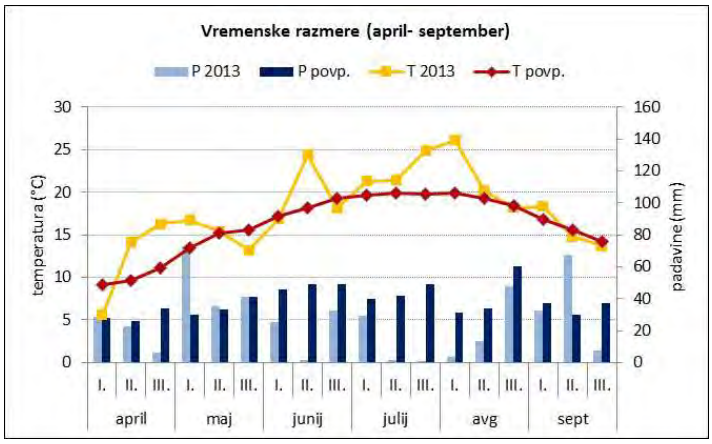
CTA humus temelji na huminskih kislinah (Meko, 2014).

Granulirano mineralno gnojilo KAN vsebuje 27 % N, polovico v obliki nitrata in polovico v obliki amonijaka, 4,5-5,5 % MgO in 6,5-8,5 % CaO (Petrokemija, 2013).

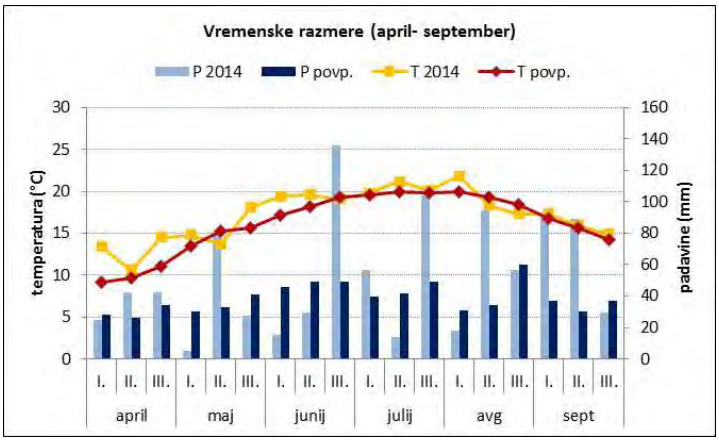
Sorta Celeia je triploidna aromatična sorta hmelja, požlahtnjena na IHPS, poznana po fini hmeljni aromi ter prijetni in harmonični grenčici. Vsebnost alfa-kislin je od 3,0 % do 6,5 %. Sorta je pozna, optimalno zrela od 6. do 12. septembra. Pridelek je od 1700 do 2600 kg/ha suhih storžkov (Čerenak in sod., 2011; Slovenian Hops, 2013).

2.3 VREMENSKE RAZMERE

Vremenske razmere v hmeljarskih območjih Slovenje so dokaj specifične v primerjavi z drugimi proizvajalkami hmelja (Abram in sod., 2015).Vremenske razmere v rastni dobi leta 2013 so predstavljene na sliki 1, v letu 2014 na sliki 2 (Agrometeorološki …, 2013 in 2014).



Slika 1: Primerjava povprečnih dekadnih mesečnih temperatur in količine padavin v času od aprila do septembra v letu 2013 z dolgoletnim obdobjem (1962–1992)



Slika 2: Primerjava povprečnih dekadnih mesečnih temperatur in količine padavin v času od aprila do septembra v letu 2014 z dolgoletnim obdobjem (1962–1992)

Rastno sezono hmelja v letu 2013 je zaznamovala dolga mokra in hladna pomlad, kar je oteževalo izvedbo spomladanskih del v hmeljiščih, tla so bila dolgo v pomlad zelo hladna, ter zelo visoke temperature, ki so se začele v drugi dekadi junija in trajale vse do druge dekade avgusta, spremljalo pa jih je pomanjkanje padavin, kar je povzročilo sušo in velik stres za rastline hmelja.
Leto 2014 je bilo zelo deževno, temperature pa so bile skoraj v vseh dekadah nad dolgoletnim povprečjem. Od junija do 20. septembra smo v Žalcu zabeležili kar 705 mm padavin.

2.4 VREDNOTENJE

V poskusu smo merili in opazovali: rast in razvoj rastlin, velikost in kakovost pridelka (vsebnost nitratov in alfa-kislin v storžkih). V času tehnološke zrelosti hmelja sorte Celeia smo poskus obirali (7. 9. 2013 in 9. 9. 2014) ločeno za vsako parcelo posebej; ročno smo na njivi potrgali rastline sredinskih vrst (brez robnih) ter jih dostavili do obiralnega stroja, kjer smo jih obrali strojno. Pridelek storžkov po parcelah smo stehtali in takoj vzeli vzorce za analizo na vsebnost vlage (analiza po metodi Analytica-EBC 1998). Vzorce storžkov za analizo na vsebnost alfa-kislin (analiza po metodi Analytica-EBC 2000) in nitratov (analiza po metodi DIN/EN, 1998) pa smo vzeli po obravnavanjih. Rezultate smo obdelali s pomočjo programskih paketov Excel in Statgraphics Centurion. Razlike med obravnavanji za pridelek hmelja smo zaznavali s pomočjo Duncanovega testa mnogoterih primerjav (p=0,05).

3 Rezultati z diskusijo

3.1 RAST IN RAZVOJ RASTLIN

V nastopu razvojnih faz med obravnavanji v nobenem od preučevanih let ni bilo razlik. V letu 2013 med obravnavanji nismo opazili tudi razlik v habitusu rastlin. V času ocenjevanja v sredini avgusta so bile rastline pri vseh obravnavanjih zelo vitke, v obliki ozkega valja premera na polovici višine žičnice povprečno 30 cm, neizenačene, slabo olistane in z manj strožki, veliko storžkov je bilo neizoblikovanih (vpliv vremenskih razmer; slika 1).
V letu 2014 pa smo po vizualni oceni razvoja habitusa rastlin, olistanosti, bujnosti, barve listov ter 'polnosti' s storžki v sredini avgusta ocenili, da je bil v tem letu potreben vsaj en odmerek dušika (80 kg/ha N), da so rastline razvile ustrezen habitus. Najbolj bujne in olistane

ter polne so bile rastline obravnavanj, kjer smo uporabili 170 kg/ha mineralnega N. Premer valja rastlin pri teh obravnavanjih na polovici višine žičnice je bil povprečno 80 cm. Kjer z mineralnim dušikom nismo gnojili, so bili listi bolj bledi, rastline v obliki ožjega valja premera na polovici višine žičnice povprečno 40 cm, slabše olistane in manj polne.

3.2 PRIDELEK STORŽKOV

Leto 2013 je bilo torej vremensko bolj neugodno za hmelj, medtem ko so bile vremenske razmere v letu 2014 pridelku hmelja bolj naklonjene (preglednica 1). V deževnem letu 2014 je zelo prišlo do izraza gnojenje z mineralnim dušikom. Pri obravnavanjih, kjer smo gnojili z največjim odmerkom dušika (170 kg/ha), je bil pridelek namreč v letu 2014 dosti večji kot v letu 2013, pri ostalih obravnavanjih je bila razlika manjša (podatki niso prikazani). V letu 2013 s sušnejšim poletjem očitno N, pognojen z mineralnim gnojilo KAN, ni bil dostopen rastlinam. V začetku julija 2013, pred tretjim dognojevanjem z dušikom pri obravnavanjih s skupno količino 170 kg/ha N, je bilo v tleh (0-25 cm) pri le-teh več kot 200 kg/ha mineralnega dušika (Nmin; nitratna in amonijska oblika N), med tem ko je bilo pri obravnavanjih z 80 kg/ha N v tleh okrog 130 kg/ha Nmin, pri obravnavanjih brez mineralnega dušika pa 27-46 kg/ha Nmin.

Preglednica 1: Pridelek storžkov (SS - suha snov) na hektar in na rastlino, vsebnost alfa-kislin in nitratov v storžkih in pridelek alfa-kislin v poskusu v letih 2013 in 2014 glede na obravnavanje in glede na preučevano leto

Obr.	Odmerek mineral. N (kg/ha N)	Pridelek* (kg/ha SS)	Pridelek na rastlino* (kg SS)	Vsebnost alfa-kislin** (%)		Pridelek alfa-kislin** (kg/ha)		Vsebnost nitratov** (mg/100 g SS)	
				2013	2014	2013	2014	2013	2014
A	170	1573 e	0,53 d	1,5	4,7	19	87	1261	560
B	170	1565 e	0,51 d	1,1	5,1	15	88	1143	429
C	0	1057 ab	0,33 a	1,6	4,3	15	50	283	174
D	0	994 a	0,31 a	1,4	5,0	13	53	353	122
E	170	1596 e	0,49 cd	1,3	4,8	18	88	1247	438
F	80	1456 de	0,44 bcd	1,1	5,1	14	82	1012	257
G	0	1239 bcd	0,40 abc	1,4	4,8	18	58	403	143
H	0	1174 abc	0,37 ab	1,4	4,3	16	52	431	166
I	80	1282 bcd	0,45 bcd	1,4	4,8	15	72	808	256
J	170	1408 cde	0,46 bcd	1,3	4,9	15	81	1354	344
2013		1189 a	0,36 a						
2014		1480 b	0,49 b						

*Enaka črka v stolpcu znotraj enega dejavnika (obravnavanje, leto) pomeni, da med obravnavanjema ni statistično dokazljive razlike pri tveganju 5 % (Duncanov test mnogoterih primerjav).
**Vrednosti so dobljene na osnovi analize po obravnavanjih (povprečnega vzorca vseh treh ponovitev).
…. Uporaba pripravka Super Fifty
…. Uporaba pripravka Resistance

Pridelek storžkov je bil pri uporabi pripravka Super Fifty v povprečju dveh let dokazljivo večji, če smo uporabili mineralni dušik, kot če ne, je pa pri uporabi tega pripravka za primerljiv pridelek s polnim odmerkom mineralnega N (170 kg/ha N) zadoščal že polovičen odmerek N (80 kg/ha N; preglednica 1), kar se je sicer pokazalo tudi v obeh preučevanih letih.
Če smo uporabljali pripravek Resistance, je bil v povprečju obeh let pridelek primerljiv med obravnavanji, ne glede na odmerek mineralnega N. To gre zlasti na račun sušnejšega leta 2013, v katerem je zalivanje hmelja s pripravkom Resistance imelo velik pozitiven vpliv na pridelek storžkov, medtem ko se je pridelek storžkov pri obravnavanjih, pri katerih je bil vključen ta pripravek, v letu 2014 povečal, če smo dodali mineralni N, s tem da med odmerkom 80 kg/ha N in 170 kg/ha N ni bilo dokazljive razlike (podatki po letih niso prikazani).
Če primerjamo obravnavanji C in G, ter D in H, ugotovimo, da se je bolj pozitivno na pridelek nakazala uporaba pripravka Resistance kot Super Fifty, vendar tega nismo mogli statistično dokazati (je pa bila razlika značilna v letu 2013 – podatki niso prikazani).
Uporaba pripravka Litho KR+ v teh dveh letih ni imela dokazljivega vpliva na pridelek pri klasičnem gnojenju z mineralnim dušikom (primerjava obravnavanj A in B), vendar pa se je pozitiven vpliv tega pripravka na pridelek hmelja nakazal v drugih poskusih IHPS, kjer so bila tla z nižjo vrednostjo pH (Čeh, 2014b).
Če primerjamo obravnavanji C in D, oziroma G in H, se pokaže, da če nismo gnojili z mineralnim N, dodatna uporaba pripravkov Litho KR+ in CTA humus pri uporabi pripravka Super Fifty oziroma Resistance v povprečju obeh let ni bila smiselna, saj na pridelek ni imela dokazljivega vpliva.

3.3 KAKOVOST PRIDELKA

V letu 2013 je bila vsebnost alfa-kislin v storžkih zelo majhna (preglednica 1), kar je bilo sicer značilno za celoten letnik. Pri poznih sortah hmelja, kot je sorta Celeia, na kateri je bil poskus postavljen, je v tem letu začetek cvetenja že bil v čas suše in vročine, kar je zelo negativno vplivalo na razvoj storžkov in vsebnost alfa-kislin v njih.
Na vsebnost nitratov v storžkih je najbolj vplivalo preučevano leto. V posameznem letu se je vsebnost nitratov v storžkih povečevala s povečevanjem odmerka mineralnega N. Največje koncentracije nitratov, več kot 1000 mg/100 g suhe snovi (zahtevana/zgornja mejna vrednost je sicer od leta do leta različna, postavljena glede na kakovost letnika, a ta vsebnost je relativno visoka), smo v letu 2013 ugotovili v primerih, ko smo uporabili standardno količino mineralnega dušika za dognojevanje hmelja (170 kg/ha N; obravnavanja A, B, E in J). Velike količine mineralnega dušika v tleh, ki se je kopičil v tleh zaradi pomanjkanja padavin, so najbrž z dežjem v drugi polovici avgusta postale dostopne za rastline. Visoka vrednost se je nakazala tudi pri obravnavanju F, kjer smo sicer mineralni dušik uporabili le enkrat v sezoni v manjšem odmerku. Rezultati so sicer informativne narave, ker vzorčenje ni bilo narejeno v ponovitvah, tako da bomo na to pozorni v nadaljevanju poskusa.
V letu 2014 se je največja vsebnost alfa-kislin nakazala pri obravnavanjih B in F, torej pri klasičnem gnojenju z N v kombinaciji z Lithom KR+, oziroma pri polovičnem odmerku mineralnega N v kombinaciji s Super Fifty, CTA humus in Lithom KR+, vendar se vrednosti med obravnavanji bistveno ne razlikujejo (preglednica 1). Najmanjša vsebnost alfa-kislin in tudi pridelek alfa-kislin sta se nakazala pri obravnavanjih C in H, kjer nismo gnojili z mineralnim N.
Največji pridelek alfa-kislin, a hkrati tudi največjo vsebnost nitratov v storžkih, smo v letu 2014 ugotovili pri obravnavanjih A, B, E in J; to so obravnavanja, kjer smo uporabili po 170 kg/ha mineralnega N v treh obrokih v obliki gnojila KAN. Po pridelku alfa-kislin je tem

obravnavanjem primerljivo obravnavanje F, kjer smo dali polovičen odmerek mineralnega N v enem obroku, poleg tega pa še Super Fifty, CTA humus in Litho, vsebnost nitratov v storžkih pa je bila manjša.

4 Sklepi

Če smo vključili v pridelavo hmelja sorte Celeia pripravek Super Fifty ali Resistance (po opisanem protokolu), je za statistično primerljiv pridelek storžkov s kontrolo, pri kateri smo uporabili mineralno gnojilo KAN v skupnem odmerku 170 kg/ha N v treh obrokih, zadoščalo enkratno dognojevanje v količini 80 kg/ha mineralnega N v času tik pred začetkom najhitrejše rasti hmelja (okrog 10. junija).
V letu 2013 z suhim in vročim poletjem je zalivanje hmelja s pripravkom Resistance imelo velik pozitiven vpliv na pridelek storžkov.
Po pridelku alfa-kislin se je kot primerljivo obravnavanjem z večjim odmerkom mineralnega N (170 kg/ha N) nakazalo obravnavanje, kjer smo dali polovičen odmerek mineralnega N v enem obroku (80 kg/ha N) v kombinaciji s Super Fifty, CTA humus in Litho KR+. Obenem se je vsebnost nitratov v storžkih pri tem obravnavanju nakazala kot manjša.
Analizo kakovosti hmelja bomo v nadaljevanju poskusa analizirali po parcelah, da bomo ugotovili, ali so razlike med obravnavanji tudi dokazljive.
Na vsebnost nitratov v storžkih hmelja so imele večji vpliv vremenske razmere kot intenzivnost gnojenja z mineralnim dušikom, se je pa s povečevanjem odmerka mineralnega N povečevala vsebnost nitratov v storžkih.

5 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, 64: 124-134

Agrometeorološki portal Republike Slovenije. http://agromet.mkgp.gov.si/APP/Home/METEO/-1, 2006–2012 (sept. 2014)

Analytica EBC. 1998. Method for moisture detection, 7.2.

Analytica EBC. 2000. Method KVH-TE, 7.4.

Bio Atlantis. 2014. http://meko.si/uploads/meko/public/document/1-prospekt_bioatlantis_sl_15.pdf (sept. 2014)

Čeh, B. 2014a. Impact of slurry on the hop (*Humulus lupulus* L.) yield, its quality and N-min content of the soil. Plant Soil Environ., 60, 6: 267-273

Čeh, B. 2014b. Effect of different rates of liming material to a pH value of soil. Proceedings of the IFS scientific conference Cambridge (v tisku)

Čeh, B., Čremožnik, B. Vpliv dognojevanja z gnojevko na pridelek in kakovost hmelja (H*umulus lupulus* L.). Hmeljarski bilten, 17: 20-26

Čerenak, A., Košir, I.J., Radišek, S., Oset Luskar, M. 2011. Catalogue of Slovenian hop cultivars, The Legend of Noble Aroma. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec: 8 s.

DIN/EN, 1998. Bestimung des Nitrat- und /oder Nitrit-Gehaltes EN 12014-7: 1998

IHGC. International Hop Growers' Convention. www.ihgc.org (sept. 2013)

Meko. 2014. http://meko.si/ (sept. 2014)

Petrokemija, Kutina. 2012. KAN (N-27), Product specification. http://www.petrokemija.hr/ (sept. 2014)

Slovenian Hops. http://www.hoppris.com/node/ (maj 2013)

Pojavljanje deževnikov v vinogradih z različno vsebnostjo bakra

Helena GRČMAN[6], Matej ŠTULAR[7], Metka UDOVIČ[8], Damjana KASTELEC[9]

Izvleček
Namen raziskave je bil ovrednotiti vpliv lastnosti tal in koncentracije bakra (Cu) v tleh na vrstno in številčno zastopanost deževnikov. Izbrali smo 22 vinogradov v treh vinorodnih območjih (Primorska, Dolenjska, Štajerska) z različno vsebnostjo Cu v tleh. Delo je zajemalo vzorčenje tal in deževnikov, analizo lastnosti tal in biomase deževnikov ter identifikacijo vrstne zastopanosti odraslih osebkov deževnikov. Ugotovili smo, da so na pojavnost deževnikov najbolj vplivale klimatske razmere, lastnosti tal in kmetijska praksa. Vsebnost Cu v tleh je bila v razponu od 19,6 do 595,8 mg/kg; največje vsebnosti Cu smo izmerili v vinogradih na Dolenjskjem. Na Dolenjskem smo zasledili tudi največjo vrstno pestrost deževnikov, in sicer 12 vrst od 15 zabeleženih v vseh treh regijah. Po številu predstavnikov je bila na Dolenjskem najbolj zastopana vrsta *Lumbricus terrestris* L. Na Primorskem in Štajerskem je bila najbolj zastopana vrsta *Aporrectodea rosea* (Savigny 1826), ki se je edina pojavljala v vseh treh regijah.
Ključne besede: baker v tleh, vinogradi, deževniki

The occurrence of earthworms in vineyards with different content of copper

Abstract
The aim of this research was to evaluate how the soil characteristics and copper (Cu) content affect the species and abundance of earthworms in the vineyard soil. Twenty-two vineyards in three wine regions in Slovenia (Primorska, Dolenjska, Štajerska) were selected. The work included soil and earthworm sampling, analysis of soil characteristics, earthworm's biomass determination and species identification of sexually mature specimens. The occurrence of earthworms was most strongly affected by the climate conditions, soil characteristics and agricultural practices (e.g. organic matter content, ploughing, the presence of a covering etc.). Concentrations of Cu in soil were in the range from 19.6 to 595.8 mg kg^{-1}; the highest values were found in Dolenjska region where also the most species of earthworms were found: 12 species out of 15 found in all three regions. *Lumbricus terrestris* L.was the most widespread species in Dolenjska. *Aporrectodea rosea* (Savigny 1826) was the most widespread species in Primorska and Štajerska and the only species that occurred in all three regions.
Key words: copper in soil, vineyards, earthworms

1 Uvod

Baker (Cu) v tleh je bodisi geogenega ali antropogenega izvora. Geogeni izvor (preperevanje matične podlage) ponavadi prispeva manjši delež Cu v tleh. Večji del je s svojim delovanjem (industrija, rudarstvo, kmetijstvo) v okolje vnesel človek. Fitofarmacevtska sredstva na osnovi Cu imajo širok spekter delovanja in se pogosto uporabljajo pri zatiranju plesni v vinogradih. Vsakoletna uporaba Cu pripravkov vodi v kopičenje Cu v tleh, kar lahko negativno vpliva na talne živali, med njimi tudi na deževnike. Deževniki so pomembni pri številnih talnih procesih. Zmanjševanje števila deževnikov v tleh pomeni manjšo razgradnjo organske snovi, slabše vodne razmere v tleh, manj organsko mineralnih kompleksov in dostopnega dušika, pa

[6] Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, e-pošta: helena.grcman@bf.uni-lj.si
[7] Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: stular.matej@gmail.com
[8] Doc. dr., prav tam, e-pošta: metka.udovic78@gmail.com
[9] Doc. dr., prav tam, e-pošta: damjana.kastelec@bf.uni-lj.si

tudi manjše vertikalno mešanje tal (Mršić, 1997). Različne vrste deževnikov so razvile različne mehanizme, s katerimi lahko kljubujejo povečanim koncentracijam Cu v tleh (Paoletti in sod., 1998). Dosedanje meritve koncentracij Cu v tleh vinogradov v Sloveniji so pokazale, da je njegova vsebnost v tleh povečana (Uredba o mejnih …, 1996), vendar manjša kot v drugih vinorodnih območjih Evrope (Rusjan in sod., 2007). V omenjeni raziskavi so izmerili koncentracije Cu v razponu od 50 do 160 mg/kg Cu, pri čemer so najvišje vrednosti izmerili v starih vinogradih na terasah. Večje koncentracije Cu v vinogradih so zasledili v okviru projekta CRP V4-1083 (Čuš in sod., 2013). Namen naše raziskave je bil ugotoviti številčnost in vrstno zastopanost deževnikov v vinogradih z različno vsebnostjo Cu tleh.

2 Material in metode dela

Na podlagi podatkov o vsebnosti bakra v vinogradih, ki so bili pridobljeni v okviru projekta CRP V4-1083 (Čuš in sod., 2013), smo izbrali 22 vinogradov (6 na Primorskem, 10 na Dolenjskem in 6 na Štajerskem) z različnimi koncentracijami Cu; od neonesnaženih tal do prekomerno onesnaženih tal. Da bi omejili morebitni vpliv sezonskih vremenskih sprememb, smo vzorčenja izvedli v kratkem časovnem razmahu: od konca meseca maja do sredine junija 2012. Glede na orografske značilnosti terena smo v vsakem vinogradu izbrali tri reprezentativna vzorčna mesta, kjer smo vzorčili deževnike in tla za nadaljne analize. Deževnike smo vzorčili v vzorčnih jamah premera 50 cm in globine 0,5 m. Z lopatico smo na površini previdno odstranili plast travne ruše in tako sprostili vhode rovov deževnikov. Odstranjeno plast tal smo prenesli na razgrnjeno plastično folijo in ročno prebrali. Sledilo je postopno zalivanje površine z raztopino formalina (4 %) in pobiranje deževnikov, ki so prišli na površje. Po 20 minutah smo postopek ponovili z 8 % raztopino formalina, pri katerem so prilezli na površje deževniki, ki so se nahajali globlje v tleh (ISO 23611-1, 2006). Vsako vzorčno mesto smo na koncu izkopali z lopato do globine 0,5 m, izkopana tla zložili na folijo ter jih ročno prebrali. Deževnike smo shranili v zračni posodi napolnjeni z vlažnimi tlemi s posamezne lokacije, jih postavili v termično izolirano torbo in jih v najkrajšem možnem času prepeljali v laboratorij. Na vsakem vzorčnem mestu smo v premeru 0,5–2 m okrog posamezne vzorčne jame vzorčili tudi tla iz dveh globin 0–20 cm in 20–40 cm. V laboratoriju smo deževnike najprej premestili v posode s čisto vlažno staničevino, da so izločili zaužito zemljo. Po 48 urah smo postopek ponovili. Deževnike smo nato sprali z vodo, jih ločili na juvenilne in odrasle ter stehtali, da smo dobili podatek o njihovi sveži biomasi za vsako vzorčno mesto. Posamezne odrasle osebke (skupno 124 deževnikov) smo nato shranili v epruvetah s 96 % etanolom. Identifikacijo vrst oziroma rodov smo izvedli s pomočjo ključa (Mršić, 1997).
Talne vzorce smo pripravili po standardnem postopku (ISO 11464, 1994) in analizirali parametre: pH tal po ekstrakciji s $CaCl_2$ (ISO 10390, 1996), organski ogljik po metodi mokrega sežiga po Walkley Blacku (SIST ISO 14235, 1999), skupno vsebnost bakra na dveh različnih globinah (0-20 in 20-40 cm) po ekstrakciji z zlatotopko in mikrovalovnim razkrojem vzorca (SIST ISO 11466, 1995; SIST ISO 11047, 1995).

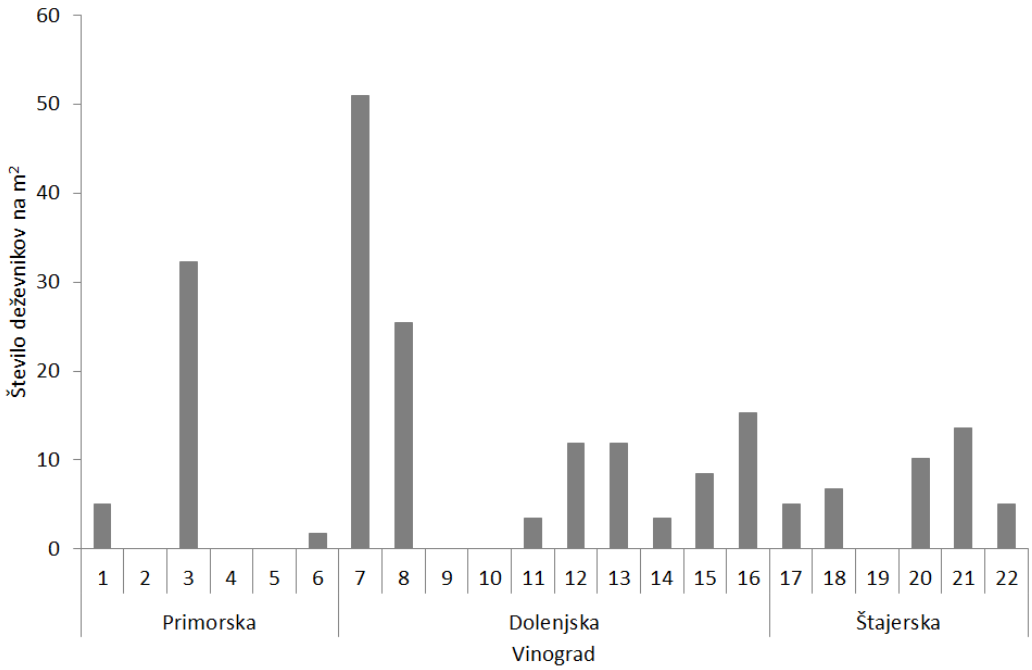
3 Rezultati z diskusijo

Vsebnost bakra v vzorčenih vinogradih (globina 0-20 cm, preglednica 1) je bila na Primorskem od 42,7 do 195,3 mg/kg, na Dolenjskem od 25 do 595,8 mg/kg in na Štajerskem od 19,5 do 173 mg/kg. Večje koncentracije bakra v tleh dolenjskih vinogradov v primerjavi s primorskimi in štajerskimi so verjetno posledica bolj pogoste uporabe fitofarmacevtskih sredstev na osnovi bakra zaradi bolj vlažne klime.

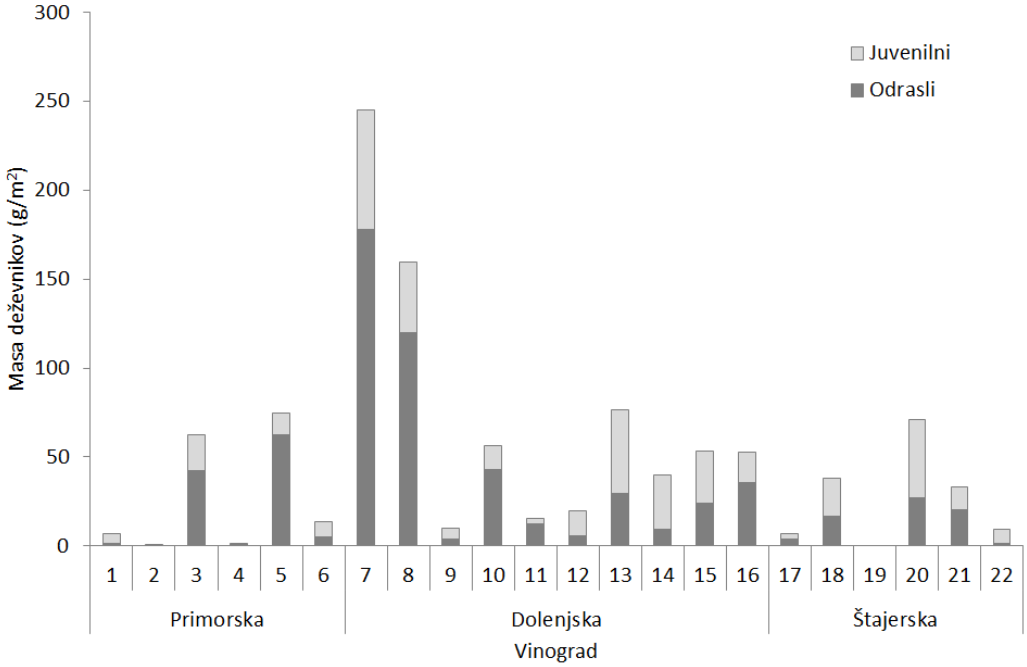
Preglednica 1: Lastnosti tal in starost izbranih vinogradov

Vinograd (šifra)	Starost leta	Talni tip Pedološka karta 1:25 000	mg Cu /kg tal		Org. snov (%)	pH
			0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	0-20 cm
Primorska						
1	8	rjava pokarbonatna tla na apnencu in dolomitu	42,7-46,2	44,4-45,8	2,1-2,4	6,6-6,9
2	16	rjava pokarbonatna tla na apnencu in dolomitu	73,5-84,6	73,6-84,9	2,0-2,4	7,3-7,4
3	15	evtrična rjava tla na flišu	101,2- 108,7	56-62,2	3,4-3,9	7,1-7,2
4	15	rjava pokarbonatna tla na apnencu in dolomitu	57-75,3	52,8-66,3	2,6-4,3	7,3-7,4
5	3	rjava pokarbonatna tla na apnencu in dolomitu	108,1-195,3	106,3-136,4	4,0-5,8	7,1-7,4
6	5	rdeče rjava tla,kremenica, tipična	76,3-117,3	83-133,5	3,8-5,8	7,1-7,2
Dolenjska						
7	20	evtrična rjava tla na vezanih klastičnih kamn.	96,9-102,3	58,1-90,1	4,2-5,2	6,6-6,9
8	35	evtrična rjava tla na vezanih klastičnih kamn.	156,4-183,6	116,8-182,4	4,2-5,4	7,0-7,1
9	32	evtrična rjava tla na laporju	94,5-229,6	114,7-151,5	2,4-4,0	7,3
10	0	evtrična rjava tla na vezanih klastičnih kamn.	119,1-206,6	95-288,9	3,8-4,5	7,0-7,1
11	35	rjava pokarbonatna tla na dolomitu	361-503,5	370,4-693,9	4,6-8,2	6,7-6,9
12	15	evtrična rjava tla na vezanih klastičnih kamn.	278,6-595,8	155,6-513,6	1,7-6,2	7,1-7,2
13	58	distrična rjava tla na vezanih klastičnih kamn.	25,0-44,1	20,2-47,3	2-3	4,5-5,9
14	82	distrična rjava tla na vezanih klastičnih kamn.	29,1-35	19,9-28,4	2,5-4,3	4,9-5,5
15	40	evtrična rjava tla na mehkih karbonatnih kamn.	128,4- 282,4	107,9-192,6	3,4-4,2	6,0-6,8
16	30	evtrična vinogradniška tla	279,5-304,3	315,5-337,3	4,5-5,1	7,0-7,2
Štajerska						
17	15	evtrična vinogradniška tla	98-135	37,5-128,3	3,6-4,8	6,8-7,1
18	20	evtrična rjava tla na laporju, tipična	19,5-42,6	11,0-96,6	1,5-3,7	7,1-7,2
19	20	evtrična vinogradniška tla	99,2-132,4	32,4-139,2	1,7-2,1	7,2-7,3
20	20	evtrična rjava tla na mehkih karbonatnih kamn.	106,1-173	78,2-126	3,5-3,6	7,0
21	10	evtrična rjava tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamn.	33,3-47,9	27,0-42,1	2,4-3,6	5,6-7,1
22	8	evtrična rjava tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamn.	34,7-52,6	42,2-78,3	2,3-3,7	5,4-6,8

Variabilnost v vsebnosti bakra v tleh smo zaznali tudi znotraj posameznega vinograda med tremi vzorčnimi mesti, in sicer je bil koeficient variacije med 2,8 in 45,9 %. Variabilnost vsebnosti bakra v tleh je v veliki meri odvisna od količine organske snovi, ki je bila na Primorskem v razponu od 2,0 do 5,8 %, na Dolenjskem od 1,7 do 8,2 % in na Štajerskem od 1,5 do 4,8 %. Vsebnost organske snovi je na Primorskem pojasnila 56 %; na Dolenjskem pa 45 % variabilnosti izmerjenih koncentracij bakra v tleh. pH vrednost tal je bila v razponu od 4,5 do 7,4. Z izjemo dveh vinogradov na Dolenjskem so prevladovala nevtralna ali rahlo alkalna tla, nastala na različnih karbonatnih matičnih podlagah.
Številčnost deževnikov (slika 1) je bila najvišja na Dolenjskem (do 51 osebkov na m^2), sledili sta Primorska (do 32,3 osebkov na m^2) in Štajerska (do 13,6 osebkov na m^2). Ugotovili smo, da so bolj kot vsebnost Cu v tleh na pojavljanje deževnikov vplivale druge lastnosti tal: vsebnost organske snovi, zatravljenot, zastirka na površini, način obdelave. Dolenjska regija je izstopala tudi po najvišji masi deževnikov, in sicer bila ta povprečno 72,9 g/m^2. Povprečna masa juvenilnih osebkov v vseh treh regijah je bila 18,4 g/m^2, povprečna masa odraslih osebkov pa 29,2 g/m^2 (slika 2).

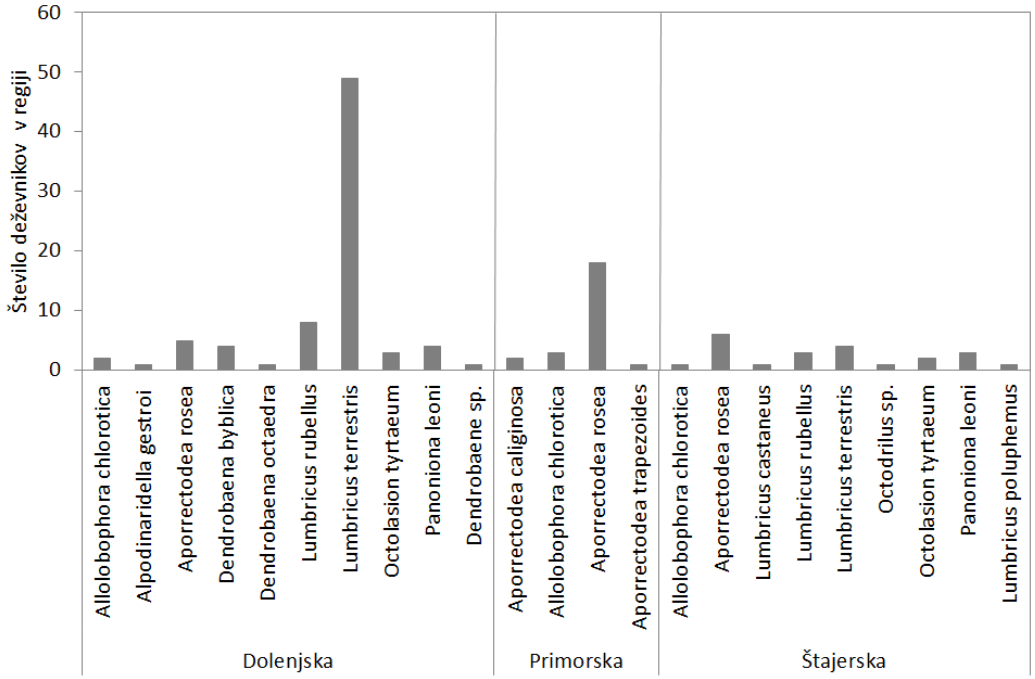


Slika 1: Število odraslih deževnikov / m^2 v posameznem vinogradu. Vinogradi so označeni z zaporednimi številkami od 1do 22.

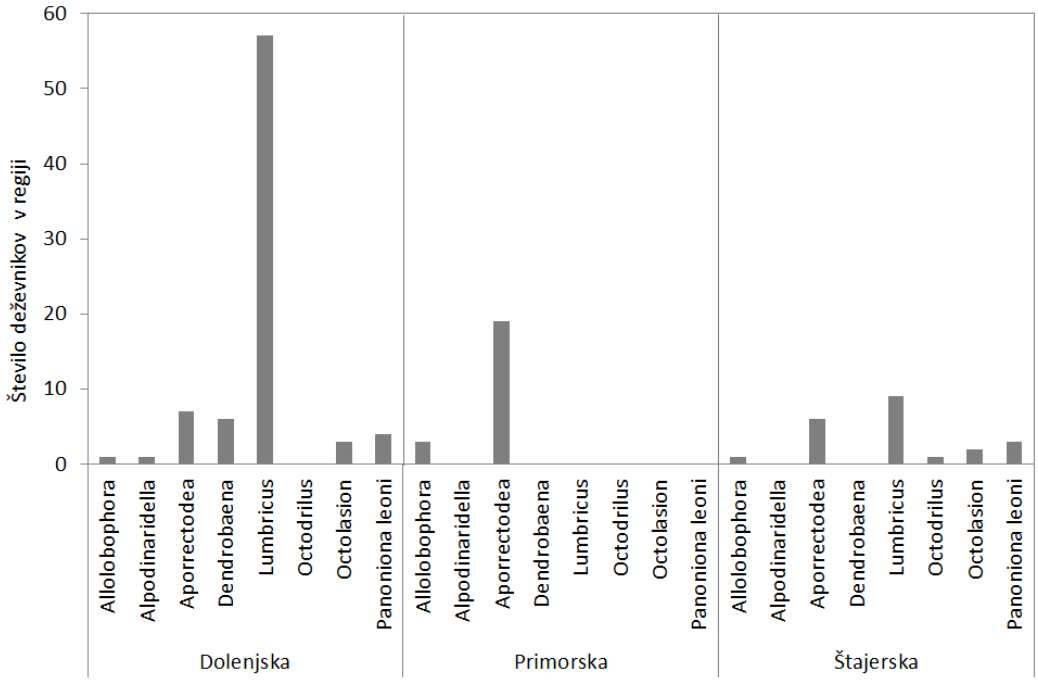


Slika 2: Skupna masa odraslih in juvenilnih deževnikov / m2 v posameznem. Vinogradi so označeni z zaporednimi številkami od 1do 22.

Na slikah 3 in 4 je prikazano skupno število vzorčenih deževnikov po vrstah in rodovih za posamezne regije. Razberemo lahko, da smo največjo vrstno pestrost zasledili na Dolenjskem, sledila je Štajerska. V dolenjski regiji smo zabeležili 12 vrst (od skupno 15 vrst, ugotovljenih v celotni raziskavi), na Štajerskem pa 9 vrst. Na Primorskem smo zabeležili prisotnost le treh vrst. Po številčnosti predstavnikov je bila na Dolenjskem najbolj zastopana vrsta *Lumbricus terrestris* L. Vzorčili smo ga v petih vinogradih od skupno 10-ih; v vinogradu 699 je predstavljal številčno najpogostejšo vrsto (45,9 osebkov/m^2). Na Primorskem in Štajerskem je bila najpogostejša vrsta *Aporrectodea rosea* (Savigny 1826), ki se je sicer pojavljala v vseh treh regijah in bi jo lahko označili kot kosmopolitsko vrsto. Opazimo lahko, da je bil na Primorskem najpogostejši rod *Aporrectodea*. Vrsta *A. calignosa* (Orley 1885) se je pojavila le na Štajerskem in na Dolenjskem, medtem ko se je vrsta *A. trapezoides* (Orley 1885) na Primorskem pojavila le z enim primerkom in je kljub večjemu skupnemu številu deževnikov na Dolenjskem in Štajerskem nismo zabeležili.



Slika 3: Število deževnikov po vrstah. Prikazano je skupno število vzorčenih deževnikov v posamezni regiji.



Slika 4: Število deževnikov po rodovih. Prikazano je skupno število vzorčenih deževnikov v posamezni regiji.

4 Sklepi

Razmere v tleh, kot so vlažnost, temperatura, delež organske snovi, oranje, globina tal in prisotnost skeleta, vplivajo na populacije deževnikov. Deževniki so prisotni tudi v vinogradih z vsebnostmi Cu v tleh, ki presegajo opozorilne in kritične vrednost za Cu v tleh (Ur.l. RS. 68/96). Na Dolenjskem smo ugotovili največjo številčno zastopanost in vrstno pestrost deževnikov, in sicer 12 vrst od skupno 15 zabeleženih v celotni raziskavi. Po številčnosti je bila na Dolenjskem najbolj zastopana vrsta *Lumbricus terrestris* L.. Na Primorskem in Štajerskem je bila najbolj zastopana vrsta *Aporrectodea rosea* (Savigny 1826), ki je edina vrsta, ki se je pojavila v vseh treh regijah in ki bi jo lahko označili kot kosmopolitsko vrsto.

5 Literatura

Čuš, F., Lešnik, M., Sušin, J., Miklavc, J., Radišek, S., Grčman, H., Bavčar, D., Gregorčič, A., Simončič, A. 2013.Upravljanje z vnosom bakra v tehnologijah pridelave v trajnih nasadih : zaključno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta : šifra projekta V4-1083, Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije: 17 str.

ISO 10390. Soil Quality – Determination of pH. 1994: 5 str.

ISO 11464. Soil Quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analysis. 1994: 9 str.

ISO 23611-1. 2006.Soil quality — Sampling of soil invertebrates —Part 1: Hand-sorting and formalin extraction of earthworms

Mršić, N. 1997. Živali naših tal. 1. izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 416 str.

Paoletti, M. G., Sommaggio, D., Favretto, M. R., Petruzzelli, G., Pezzarossa, B., Barvafieri, M. 1998. Eartworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. Applied Soil Ecology, 10: 137-150

Rusjan, D., Strlič, M., Pucko, D., Korošec-Koruza, Z. 2007. Copper accumulation regarding the soil characteristic in Sub-Mediterranean vineyards of Slovenia. Geoderma, 141: 111-118

SIST ISO 14235. Soil Quality – Determination of organic carbon by sulfocromic oxidation = Kakovost tal - Določevanje organskega ogljika z oksidacijo v kromžvepleni kislini, 1999.

SIST ISO 11047. Kakovost tal – določanje Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn – metoda plamenske in elektrotermične atomske absorpcijske spektrometrije, 1996: 5 str.

SIST ISO 11466. Kakovost tal – Ekstrakcija elementov v sledovih, topnih v zlatotopki. 1996: 6 str.

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih emisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Ur.l. RS št.68/96

How to prevent soil compaction and erosion by environmentally sound tillage

Ivica KISIC[10], Igor BOGUNOVIC[11]

Abstract
The study aims to evaluate impact of different tillage treatments on soil conservation and compaction on Stagnic Luvisol. Changes in climatic conditions in both possible directions – increase or decrease of annual precipitation and mean annual temperature, will actualize the issue of soil conservation by tillage. In order to estimate the effect of the current climatic conditions, soil loss and compaction were measured as penetration resistance on Stagnic Luvisol on six different tillage treatments and the following crop rotation: maize – soybean – winter wheat – oilseed rape – double crop (barley + soybean). The highest erosion in the 20-year period was recorded in the control treatment, following by the treatment that involved ploughing and sowing up and down the slope. Lower soil losses were recorded in no-tillage treatments and treatments with ploughing and sowing across the slope. No tillage recorded higher resistance in top soil but lower on the edge of 30 cm. Treatments with plowing to 30 cm recorded presence of impermeably layer below the edge of primary tillage. Results indicate that since soil water content and penetration resistance were adversely affected, subsoiling should be applied continuously on a Stagnic Luvisol, under semihumid to humid climate.
Key words: soil tillage, soil compaction, soil loss, climatic change, Daruvar, Croatia

Kako preprečiti zbitost tal in erozijo z okolju prijaznim načinom obdelave

Izvleček
Cilj študije je oceniti vpliv različnih načinov obdelave tal na ohranjanje tal in na zbitost v stagnic luvisolu (pseudoglej) v okolici Daruvarja, Hrvaška. Spremembe podnebnih razmer: povečanje ali zmanjšanje letne količine padavin in povprečne letne temperature, bodo vprašanje ohranjanja tal s pravilnim načinom obdelovanjem tal dodatno aktualizirale. V trenutnih vremenskih razmerah smo merili izgube in zbijanje pseudooglejenih tal pod vplivom šestih različnih načinov obdelave tal in kolobarjenja: koruze - soje - ozimne pšenica - oljne ogrščice - dvojnega posevka: ječmen + soja. Največja erozija v 20-letnem obdobju je bila zabeležena pri kontroli (črna praha + oranje vzdolž nagiba), ter z obravnavo, ki je vključevala oranje in sejanje vzdolž pobočja. Manjše izgube tal smo zabeležili v sistemu brez obdelave (»no-till«) in pri oranju in setvi prečno na pobočje. Pri »no-till« smo zabeležili povečano kompaktnost na površini tal, ki pa se je od roba 30 cm naprej zmanjšala. Obdelava s plugom do 30 cm povzroča prisotnost nepropustne plasti pod robom globine obdelave, kar zmanjša vsebnost vode v tleh in poveča zbitost. Podrahljavanje je zato ukrep, ki ga v takih sistemih obdelave, v semihumidni do humidni klimi ter v pseudooglejenih tleh priporočamo stalno uporabljati.
Ključne besede: obdelava tal, zbitost tal, izguba tal, klimatske spremembe, Daruvar, Croatia

1 Introduction and objectives of investigation

Water induced soil erosion is influenced by tillage (especially by the ploughing direction in relation to slope), crop selection, planting direction or orientation, and the amount, distribution, and intensity of rainfall. The primary objective of this investigation is to determine the characteristics of water erosion on Stagnic Luvisols (ISSS-ISRIC-FAO, 2006) and then to find the answer to the question whether it is possible, and to which extent, to

[10] Prof. PhD, Department of General Agronomy, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Svetošimunska 25, Zagreb, Croatia, e-mail: ikisic@agr.hr
[11] Researcher, the same institution, e-mail: ibogunovic@agr.hr

reduce erosion to an acceptable level (soil loss tolerance – T values) by applying different soil tillage treatments in growing agricultural crops.
Because of their physical composition and poor structure, poor chemical properties, calcium carbonate deficiency and low organic matter content, in combination with very low aggregate stability (Basic et al., 2004) Stagnic Luvisol were also susceptible to compaction. Soil compaction occurs in the wide range of soils and climates and a typical phenomenon of the industrialized and poorly developed agriculture (Birkás et al., 2008). In central and Eastern Europe soil compaction is often induced by tillage operations (Birkás et al., 1996), but it is often less important than the traffic induced compaction by machinery that is the subject of research present in Western literature (Hakansson and Voorhees, 1997). Therefore, present study will try to give a solution which tillage treatment is best for erosion protection and reduction of compaction.

2 Materials and methods

The experimental field was located near Daruvar in central Croatia (N: 45°33’ 48” E: 17°02’ 06”) and was initiated on Stagnic Luvisol. Erosion was measured on six plots, according to the USLE (Universal soil loss equation – Wischmeier and Smith, 1978) protocol, which specifies a plot area of 41.3 m^2 (22.1 m long and 1.87 m wide) on a 9 % slope. Sheet metal borders were used to fence off the plots, and were removed before each tillage operation and then placed back into the soil for the remainder of the growing season. Filtration equipment was set up at the lower end of each plot and clean water was collected in a container. To facilitate the use of agricultural machinery, the plots were set 15 m apart to allow the tractor with the longest trailing implement to easily turn at the ends. The crops on each experimental plot (apart from the control plot) were grown in a crop rotation that is typical for this part of Europe: 1995; 2000; 2008 and 2012 – maize (*Zea mays* L.); 1996; 2001; 2005 and 2009 – soybean (*Glycine hispida* L.); 1996/97; 2001/02; 2005/06 and 2012/13 – winter wheat (*Triticum aestivum* L.); 1997/98; 2002/03; 2006/07 and 2010/11 – oil seed rape (*Brasicca napus* var. oleifera L.) and double crop: 1998/99; 2003/2004; 2009/10 and 2013/14 – spring barley (*Hordeum vulgare* L.) with soybean. Erosion risk was calculated by comparing soil loss per treatment with soil loss tolerance (T), according to the following equation:

Erosion risk = Soil loss (t/ha/year) : Soil loss tolerance (10 t/ha/year)

Soil loss tolerance (T value) for this soil type has been estimated at 10 t ha^{-1} $year^{-1}$ (Basic et al., 2004). Based on the difference between the tolerance value and the recorded erosion in particular treatment, erosion risk has been evaluated for the studied tillage practices using the criteria of Auerswald and Schmidt (1986): insignificant ≤ 0,20; small 0,21-0,50; moderate 0,51-1,00; high 1,01-2,00; extreme 2,01-4,00 and disastrous >4,01.
To elucidate the extent to which the studied tillage practices present a hazard to their sustainability, annual soil losses were calculated in centimetres of soil loss recorded in the growing of the test crops. For this calculation the bulk density of arable layer and depth of arable layer of 25 cm were used. Relating the weight of such arable layer to the weight of the recorded soil loss renders data on annual soil loss in centimetres in different tillage practices applied in growing tested crops. The time period, i.e. the number of years in which the plough layer would be completely eroded away if a particular test crop was grown, was estimated. Penetration resistance was measured with hand held penetrologer in eight occasions during 2012, 2013 and 2014. Data are presented as means of all annual measurements. Six different

tillage treatments were investigated: The control /check/ plot (black fallow - BF) tillage up and down the slope. Applied tillage practices included: ploughing to a depth of 30 cm and seedbed preparation with a harrow, but the soil was kept bare at all time. The weeds were suppressed by total herbicides. This is the plot in which maximum soil loss were expected. Ploughing up and down the slope to a depth of 30 cm (PUDS). Seedbed preparation and sowing were performed in the same direction. No-tillage (NT) treatment included sowing with a special seeder into the dead mulch up and down the slope. Two to three weeks before sowing, weeds were suppressed by total herbicides. On this treatment from the beginning of investigation no cultivation has been done. Plant residues were retained on the soil surface. Ploughing across the slope to a depth of 30 cm (PAS). Very deep ploughing across the slope to a depth of 60 cm (VDPAS). In contrast to all other ploughing which was done with multi-furrow ploughs, a single-bottom plough was used in this treatment. Subsoiling to a depth of 60 cm (SSPAS). Subsoiling operation was performed with tines spaced 60 cm apart, with ploughing across the slope to a depth of 30 cm.

3 Results and discussion

Table 1 shows soil loss in relation to the crops that were grown. Low density spring row crops (maize and soybean), had a significantly higher soil loss compared to high density winter crops in all treatments. Likewise, a significantly higher soil loss in growing of spring row crops was observed in treatment with ploughing up and down the slope in comparison with the no-tillage and the treatment with ploughing and sowing across the slope. In low density spring row crops growing, in up and down the slope tillage treatment the soil loss exceeded the soil loss tolerance level. In years with growing winter crops of high density (winter wheat and oilseed rape) significant differences between the investigated tillage treatments were not detected. Soil loss in years with growing high density winter crops, all soil tillage treatments recorded erosion far below the soil loss tolerance level.

Table 1: Average soil loss (t ha^{-1} year^{-1}) for tillage treatments and crops 1994 – 2014

Year/Treatment	BF	PUDS	NT	PAS	VDPAS	SSPAS
Maize	107.17 A a	31.68 B a	6.13 B a	8.10 B a	10.54 B a	5.04 B a
	89.36 A ab	22.90 B a	3.72 B a	4.92 B a	2.80 B a	2.52 B a
Winter wheat	40.04 A c	1.63 A a	0.14 A a	0.87 A a	0.91 A a	0.85 A a
Oil seed rape	45.65 A bc	2.04 AB a	0.16 B a	0.75 B a	0.21 B a	0.38 B a
Barley with soybean	45.37 A c	11.18 A a	0.37 A a	5.54 A a	3.41 A a	2.63 A a

Different letters indicate significant differences (P<0.05) between tillage treatments (capital letters) and cover crop (lower-case letters). *Source: Kisic et al., 2015.*

Table 2 shows the soil loss (cm ha^{-1} year^{-1}) under different soil tillage treatments, as well as the time period in which the plough layer in year with growing spring or winter crops, as test crops, would be completely eroded away. As expected, in all investigated years, the soil loss was the highest in the control treatment and it varies within the disastrous values. Extreme soil loss was also observed in low density spring crops growing. If low density spring crops were grown on this type of soil every year, with up and down the slope ploughing and sowing tillage treatment, the plough layer of 25 cm would be completely eroded away in 147 years. In all other treatments the plough layer would be lost in more than 500 years. In high density winter crops growing the annual loss of the plough layer amounts to less than 1 millimetre, which means that there is absolutely no danger for complete erosion of plough layer, not even

in the distant future. Similar results were observed in double crops regarding the average soil loss during the investigated period (1994-2014). Somewhat below the sustainability level (320 years) was only treatment with ploughing up and down the slope. Soil erosion protection considers every tillage treatment as unacceptable if it enables a complete loss of plough layer in the period shorter than 320 years (Njøs, 1994). The observed results obviously show that in wide row crops growing – maize and soybean, ploughing up and down the slope is unacceptable, even though it is a common practice in this area. There is no doubt: this practice should be abandoned. The recorded results for treatments under high density winter crops suggest that under all treatments erosion were within the tolerance levels.

Table 2: Soil loss and erosion risk under different tillage treatments and crops

Treatment	BF	PUDS	NT	PAS	VDPAS	SSPAS
Spring row crops (maize and soybean)						
Soil loss, cm/ha/year	0,714	0,170	0,038	0,044	0,046	0,023
Loss of arable layer of 25 cm, in years	35	147	661	574	548	1.086
Erosion risk	Disastrous	Extreme	Moderate	Moderate	Moderate	Small
Winter high density crops (winter wheat and oil seed rape)						
Soil loss, cm/ha/year	0,352	0,009	0,001	0,003	0,001	0,002
Loss of arable layer of 25 cm, in years	71	2.863	25.333	8.780	16.905	13.036
Erosion risk	Disastrous	Insignificant	Insignificant	Insignificant	Insignificant	Insignificant
Double crops – spring crops (soybean) + winter crops (barley or wheat)						
Soil loss, cm/ha/year	0,307	0,094	0,002	0,036	0,030	0,023
Loss of arable layer of 25 cm, in years	81	267	12.258	699	847	1.071
Erosion risk	Disastrous	High	Insignificant	Moderate	Small	Small

Source: unpublished data

Based on soil loss tolerance level and the amount of actual soil loss in growing investigated crops under different treatments, the erosion risk was calculated. For ploughing up and down the slope treatment, in low density spring crops growing, the erosion risk is extremely high, and for no-tillage treatment it is moderate. For tillage treatment across the slope under spring crops growing the erosion risk is moderate to small. For all tillage treatments under winter high density crops (apart from control treatment) the erosion risk is insignificant. When the whole period of 20 years of crop rotation is taken into consideration, the erosion risk for control treatment is disastrous, for up and down the slope tillage treatment is high, and for all other treatments the risk is small.

These results point to the conclusion that during the year, the soil should be kept bare for the shortest period possible (Birkas, 2008). Ploughing and sowing low density spring crops on sloping fields is unsustainable method of soil management in this area.

The observations of this investigation apply to the actual climate conditions recorded during the investigation period. Figure 1 shows the amount of annual precipitation and mean annual temperature from 1936 to 2014. The trends that are shown in the Figure 1 point to the significant changes of climate conditions. The decreasing trend in rainfall and the temperature increase in the investigated period from 1936 until 2014 can clearly be noticed. Based on a 20-year survey of erosion and the daily half-hour rain intensity, the following preliminary conclusion can be derived. Although the investigated period (1995 - 2014) is relatively short, there are small changes in total annual rainfall. In the last decade of the last century (1990-1999) the annual amount of precipitation increased, while in the first decade of this century

(2000-2009) the annual amount of precipitation is much lower. In four years of this decade (2010-2014) two years were extremely dry (2011 & 2012) and two years were extremely wet (2010 & 2014). However, a greater problem is what cannot be seen in Figure 2, is the changes of the intensity of rainfall. The rains more often occur in short and intensive form, causing, among other things, the erosion of the sloping terrain.

The direction of erosion trends in the future is difficult to predict, but it is assumed that extreme climatic conditions will occur more often, which will among other things, cause more frequent extreme consequential phenomena such as floods and torrential flows on one side and the dry period, on the other side. Natural disasters that used to have a 50-year probability of occurrence now have a 10-year probability, what was happening in the climatic conditions every ten years, happens almost every third or fourth year and what used to happen every three or four years, now happens every year. Therefore, soil condition is factor that should be monitor.

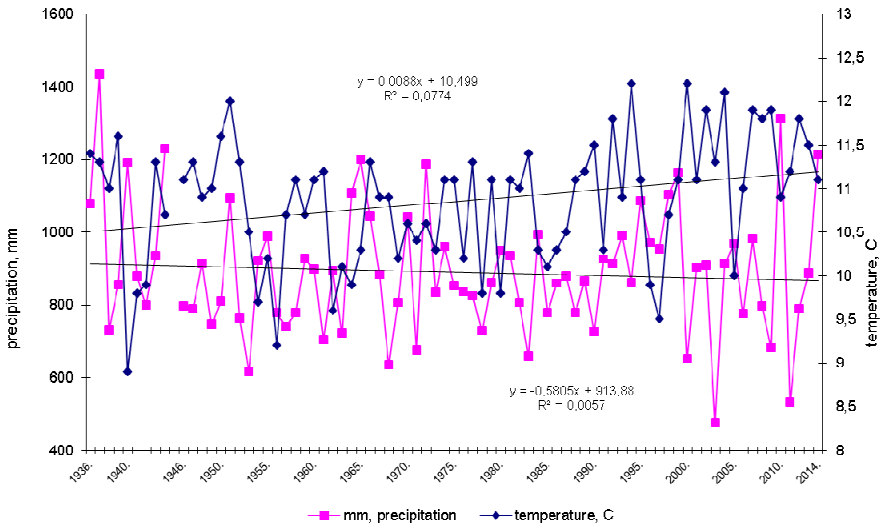


Figure 1: Rainfall and temperature trends in Daruvar, from 1936 to 2014.

Soil strength is usually indirectly measured with penetration resistance (PR). Influence of tillage treatments on vertical distribution of penetration resistance are presented on Figures 2-4. Data shows summary results from period of each investigation season. Annually vertical distribution under maize growing stage is presented on Figure 2. Generally, all treatments recorded favourable resistance values (which are below 3 MPa) till the soil depth of 20 cm (treatment with ploughing across of slope), maximally 30 cm depth (treatment with deep ploughing). From this observation only treatment with fallow are different with values below 2.5 MPa in the whole profile. When compared all treatments with crops, impermeable horizon can be seen below 25 cm. Some easier soil conditions in mentioned interval were recorded in treatments with sub-soiling, but also on that treatments below 30 – 35 cm soil conditions are unsuitable for crops under climatic dry season.

Next, 2013 is more favourable hydrological year that can be seen through lower PR values in the Figure 3. This year we also recorded more pronounced differences in penetration resistance among treatments. In the surface 10 cm the greatest resistance was recorded under no-tillage treatment. Furthermore, among treatments with crop, generally lower resistance between 5 - 40 cm was recorded in treatments with deep tillage. This is direct result of better water conservation and prolonged effect of deep tillage. It is also expressed by the presence of

poorly permeable horizon (plow pan) on treatments with ploughing up/down the slope and ploughing across the slope. In these treatments favourable state for the root system stops at the 20-22 cm. It should be noted that no-tillage recorded lower increase of soil resistance with increase of depth than conventional treatments.

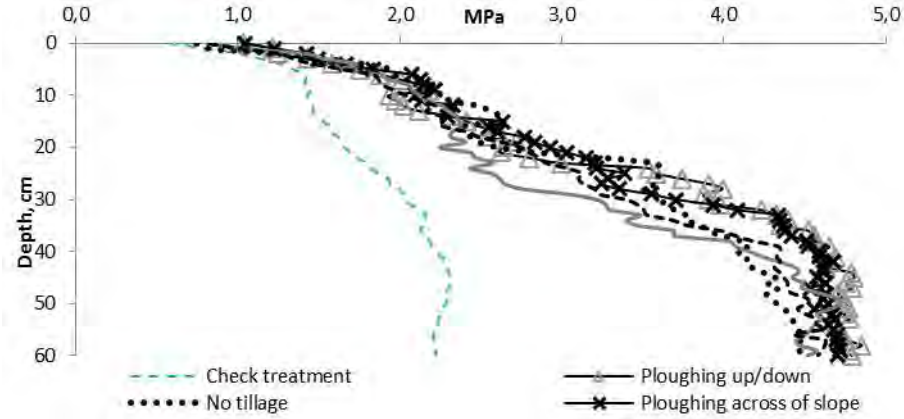


Figure 2: Vertical distribution of penetration resistance (MPa), average for 2012. Source: Bogunovic, 2015.

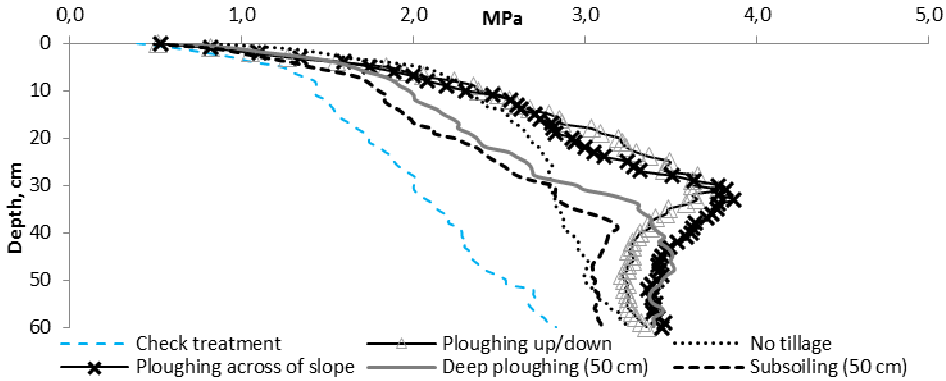


Figure 3: Vertical distribution of penetration resistance (MPa), average for 2013. Source: Bogunovic, 2015.

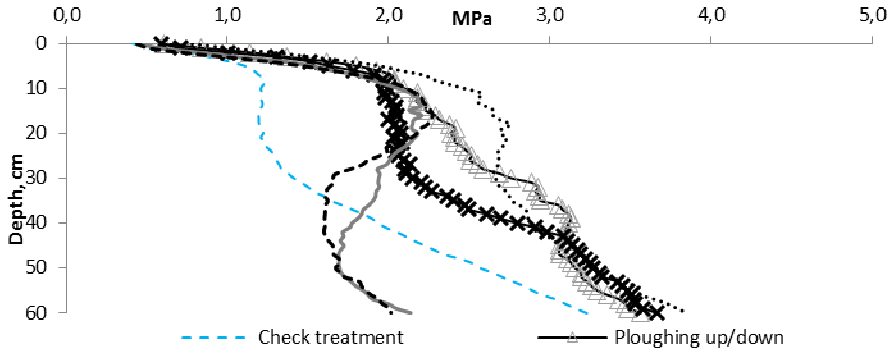


Figure 4: Vertical distribution of penetration resistance (MPa), average for 2014. Source: Bogunovic, 2015.

Last investigation year, 2014 is even more „wetter year“, which also influenced average annually penetration resistance on treatments that recorded lowest values in all three seasons (Figure 4). Under low suction soil conditions it is noticeable that treatments with tillage recorded lower penetration resistance compared to no-tillage. However, PR on no-tillage is also in tolerable level for root development. All treatments with tillage and cover crop recorded similar PR on topsoil (10 cm). Furthermore, below depth of 30 cm, it is visible harder soil strength on treatments PUDS and PAS as consequence of long-term repeated tillage operations on same depth. Treatments with repeated deep tillage record significantly lower PR as consequence of better hydraulic conductivity.

4 Conclusions

The results obtained during the 20 years of investigation lead to the following conclusions regarding the optimal soil tillage method for the rolling country in Central Croatia, on the Stagnic Luvisol:

- In the annual crops growing, winter or spring crops of high density must prevail in crop rotation.
- In winter crops growing, up and down the slope tillage treatment can be applied, but with a certain risk of erosion exceeding the tolerance level.
- Conservation tillage and sustainable crop rotation are the most powerful tool for controlling erosion in the altered climatic conditions.
- In contrast to treatments with annual ploughing no-tillage doesn’t record the presence of impermeable layer. But, in comparison of all treatments with tillage, treatments with deep tillage showed more favourable physical state in whole profile.

5 References

Auerswald, K., Schmidt, F. 1986. Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern. Bayerisches Geologisches Landesamt, GLA-Fachberichte 1

Basic, F., Kisic, I., Mesic, M., Nestroy, O., Butorac, A. 2004. Tillage and crop management effects on soil erosion in Central Croatia. Soil & Tillage Research, 78(2): 197-206

Birkás, M., Szalai, T., Nyárai, H.F. 1996. Problems of the soil physical condition and the soil tillage in Hungary. Hung. Agr. Res. (Crop Production), 1: 8–12

Birkas, M. 2008. Environmentally-sound adaptable tillage. Akademiai Kiado: 353

Bogunovic, I. 2015. Improvement of physical characteristics of Pseudogley under different tillage systems on slopes. Doctoral thesis. Faculty of Agriculture University of Zagreb: 183 (In Croatian)

Hakansson, I., Voorhees, W.B. 1997. Soil compaction. In: Lal, R., Blum, W.H., Valentine, C., Stewart, B.A., Methods for Assessment of Soil Degradation. CRC Press, New York: 167–179

ISSS-ISRIC-FAO. 2006. World Reference Base for Soil Resources. Wageningen, Rome

Kisic, I., Bogunovic, I., Jurisic, A., Bilandzija, D. 2015. Influence of soil erosion by water on particle size distribution. Journal of Soils and Sediments. *In press.*

Njøs, A. 1994. Future land utilisation and management for sustainable crop production. Soil & Tillage Research, 30: 345-357

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978. A Universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. In Int. Con. Soil Sci., Trans., 7. Madison: 418-425

Tehnični ukrepi za zmanjšanje zbitosti tal

Tomaž POJE[12]

Izvleček
Z modernizacijo poljedelstva se uporabljajo vedno težji traktorji, priključki in samohodni stroji. Ti ob svojem prehodu in delu po njivah tlačijo tla. Zaradi tega so tla pogosto zbita, kar je še bolj izrazito v letih, ko je padavin veliko in se ne da opraviti vseh potrebnih agrotehničnih ukrepov pri ustreznem stanju tal. Zbitost tal lahko zmanjšamo ali preprečimo s številnimi ukrepi. Med nje sodijo tudi tehnični ukrepi, kot je na primer uporaba širokih pnevmatik, nižji tlak v pnevmatikah na njivskih tleh, dvojne pnevmatike, uporaba prikolic z več osmi, goseničnimi izvedbami traktorjev.
Ključne besede: zbitost tal, traktor, pnevmatika, nižji tlak v pnevmatikah, dvojne pnevmatike, gosenice, večosna vozila

Technical measures to reduce soil compaction

Abstract
With the modernization of crop production, agriculture machinery (tractors, implements and self-propelled machines) becomes heavier. Agriculture machinery compresses the soil during transport and work on the fields. Consequently, the soil is more compact, which is shown even more in years when rainfall is large and agricultural tasks cannot be carried out in a proper condition of the soil. Soil compaction can be reduced or prevented with a number of measures. They include the technical measures such as the use of wide tires, lower tire pressure on the off road surfaces, dual tires, the use of multi-axle trailers, crawler tractors etc.
Keywords: soil compaction, tractor, tire, lower pressure in the tires, twin wheels, tracks, multi axle vehicles

1 Uvod

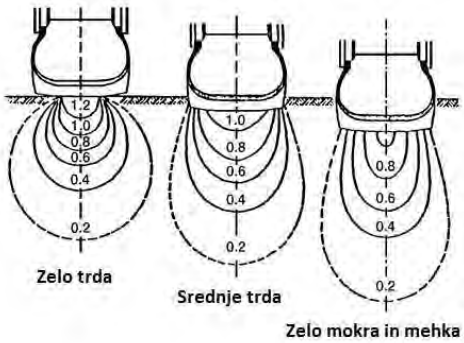
Po »Oceni izvajanja konvencije ZN o boju proti dezertifikaciji / degradaciji tal v Sloveniji«, ki jo je v letu 2005 objavil Regionalni center za okolje za srednjo in vzhodno Evropo, je v Sloveniji malo podatkov glede zbitosti tal ali pa jih sploh ni (Suhadolc, 2005). Raziskave teh degradacij tal so v Sloveniji redke. Sicer pa je Slovenija v letu 2001 ratificirala konvencijo UNCCD, ki zavezuje vlade podpisnic k spodbujanju dolgoročnih strategij (programov varstva / gospodarjenja s tlemi), ki bodo usmerjene k povečanju pridelovalne sposobnosti zemljišč itn. Fenomen zbijanja tal je pri nas premalo proučevan. Bilo je sicer opravljenih nekaj raziskav in diplomskih nalog predvsem na proučevanju tega problema pri pridelavi poljščin in v trajnih nasadih. Za jesen 2014 so bile značilne pogoste padavine, tako da so bila kmetijska tla obilno založena z vodo ali pa celo preveč zasičena z vodo (Žust in sod., 2014) V takih razmerah pa je bilo tlačenje tal s kmetijskimi stroji še bolj izrazito.
Namen tega prispevka je predstaviti vzroke za tlačenje tal - zbitost tal ter predstaviti tehnične ukrepe za zmanjševanje zbitosti tal, ki bi morali biti sestavni del vsake dobre kmetijske prakse.

[12] Mag., univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko, Hacquetova ulica 17, SI – 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

2 Tlačenje in zbitost

Razvoj kmetijstva v zadnjih desetletjih je povezan z vedno večjim mehaniziranjem tehnoloških postopkov pridelave. Povprečna moč traktorskih motorjev se je tako v Sloveniji od leta 1952 pa do leta 2013 povečala iz 19,6 na 61,4 kW (Poje, 2012; Poje, 2015). Traktorji postajajo vedno težji, ravno tako pa tudi njihovi priključki. V letu 1952 so bili traktorji v povprečju težki 1640 kg, v letu 2013 pa 3358 kg. Najtežji traktor registriran v letu 2013 je imel kar 11500 kg. Vedno večji in težji traktorji ter priključki imajo za posledico tudi večji negativen vpliv na tla. S prehodi traktorja in priključkov ter samovoznih strojev prihaja do neželenega tlačenja tal in s tem do povečane zbitosti tal pod kolesnicami. Zbita tla imajo spremenjene mehanske (fizikalne) lastnosti tal, posledično pa prihaja tudi do spremembe kemičnih in bioloških lastnosti tal, kar vse skupaj vpliva na rastline, ki jih pridelujemo.
Struktura tal ni stalna lastnost tal, ampak se spreminja zaradi naravnih dejavnikov in zaradi dejavnosti ljudi. Spremembe v strukturi tal so odvisne od temperature tal, vlažnosti tal, biološke aktivnosti in mehanskih obremenitev kot posledice uporabe traktorjev in drugih kmetijskih strojev (človeške dejavnosti). Tla so na kmetijskih površinah običajno mehansko obremenjena preko koles, lahko tudi preko gosenic, ki pa imajo manjši negativni učinek na tlačenje tal (Ansorge in sod., 2007). Obremenitev tal je določena z obremenitvijo samega kolesa in tlaka na kontaktni (naležni) površini med pnevmatiko in tlemi. Zbitost tal je odvisna tudi od vrste in pogostnosti delovnih postopkov ter od uporabljene velikosti traktorja in priključka. Na samo zbitost tal vplivajo torej zunanji dejavniki (kot so obremenitev kolesa, tlak zraka v pnevmatiki, naležna površina in naležni tlak pnevmatike, oblika obremenitve - statična/dinamična) in notranji dejavniki tal kot so vsebnost vode, tekstura tal, struktura tal, gostota tal, vsebnost in oblika organske snovi, vrsta gline itd. Vedno imajo tla določen upor na zunanje vplive. To v primeru mehanske obremenitve tal imenujemo nosilnost tal oziroma prevoznost tal.

Slika 1: Ekstremen primer tlačenja tal – nastanka kolesnic zaradi prehodov traktorja s cisterno za gnojevko pri preveliki vlažnosti tal. V kolesnicah se zmanjša sposobnost tal za infiltracijo vode.



Slika 2: Glede na konsistenco tal so kolesnice pri isti kolesni obremenitvi različno globoke. Samo tlačenje pa pri mokrih in mehkih tleh poteka globlje kot pri trdih tleh. Vir slike: Good Year

Pri tlačenju tal se zmanjša poroznost tal na račun zmanjšanja makropor in s tem zraka v tleh. Spremeni se tudi razmerje med trdno, tekočo in plinasto fazo tal. Tlak, ki ga povzroča teža stroja oziroma vozila, pa ne deluje samo na površju tal, ampak se prenaša tudi v globino. Tlačenje tal po globini se povečuje, če so tla razmočena. Površinsko tlačenje tal se navzven

kaže z nastankom kolesnic, ki so posledica ugrezanja voznih koles v tla. Zbitost tal nastaja zaradi prekomerne obremenitve, zdrsa pogonskih koles traktorja, mazanja in gnetenja pri preveč vlažnih talnih razmerah ali pa tudi zaradi navpičnega premikanja talnih delcev v sistemu por v tleh. Ko so tla obremenjena preko lastne stabilnosti, struktura tal pod pritiskom popusti. Talni delci in agregati se tako daleč stiskajo dokler ne pride do izravnave z delovanjem pritiska. Pri tlačenju tal voda, ki se nahaja v talnih porah, pospešuje ta postopek, ker deluje kot drseči film za premikanje delcev. Vlažna tla so zato bistveno bolj občutljiva kot suha tla.

Zbitost kmetijskih tal se pojavlja kot stalni neželena posledica vseh tehnologij, ki se uporabljajo v kmetijstvu. Kot vir zbitosti tal so dejansko vsi delovni postopki, ki se uporabljajo v okviru določene tehnologije, tako celo tiste, ki imajo za cilj rahljanje samih tal (Ronai, 1986).

Zbitost tal lahko povzroči ali pospeši erozijo tal, kar spet povzroča degradacijo tal. Zbitost tal reducira sposobnost tal za infiltracijo padavinske vode, kar posledično vodi k odtekanju vode na nagnjenih terenih ali zastajanju vode na zbitih tleh na ravnih terenih. Zgornja zbita plast tal se tudi hitro zasiti z vodo.

Zbita tla imajo sicer veliko znakov, med njimi so: vidne kolesnice, deformirani koreni, zadrževanje vode na površini tal, povečana poraba energije za obdelavo tal, upočasnjena rast rastlin, zmanjšanje pridelka. Tlačenje oziroma zbitost ne nastaja samo po površini. Pri oranju lahko na dnu brazde nastane plazina. To je poškodba strukture tal oziroma stlačena, zbita plast tal, ki nastane zaradi nestrokovne obdelave. Nastane pa zaradi oranja s prevelikim zdrsom pogonskih koles traktorja, oranja prevlažnih tal, oranja na vedno isti globini, pa tudi zaradi oranja s topimi lemeži. Večini poljščin ustreza malo zbita zemlja. Na zbito zemljo so zlasti občutljive korenovke (sladkorna pesa), ki se zbiti plasti ognejo – se zvijejo na stan (Mrhar, 2002). Kulturne rastline se na tlačenje tal oziroma na zbita tla odzovejo s svojo rastjo (pridelkom), ki pa je manjša od potencialne (Lipiec in Simota, 1994).

3 Trdnost tal

Trdnost tal je sposobnost tal, da se uprejo zunanjim silam. Trdost tal predstavlja največjo dovoljeno napetost v določenih tleh pred pojavom deformacij v obliki pokanja, drobljenja ali tlačenja tal. Trdnost oziroma nosilnost tal je njena sposobnost upiranju zunanjim silam in posledično deformiranje pod zunanjimi obremenitvami.

4 Regeneracija zbitih tal

Pri današnjem nivoju mehanskih obremenitev tal naravne sile kot so nabrekanje in krčenje, zmrzovanje in taljenje, ter dejavnost koreninskega sistema in talnih organizmov ne zmorejo odstraniti zbitosti tal in regenerirati strukturo tal. Zlasti je to opazno v pod obdelovalno plastjo. V obdelovalni plasti tal se zaradi delovanja vremenskih vplivov močne zbitosti tal ne izboljša v enem letu.

5 Ukrepi za zmanjšanje zbitosti tal

Zbitost tal je možno zmanjšati ali preprečiti s številnimi ukrepi. Ukrepe lahko razdelimo v tri glavne skupine. V prvo skupino spadajo ukrepi zaradi spremembe tehnologije pridelave (spremembe tehničnih postopkov), v drugo skupino spadajo ukrepi, ki vsebujejo spremembe parametrov vozila (traktorja in vlečenih priključkov). V tretjo skupino ukrepov pa spadajo ukrepi za povečanje nosilnosti tal. Med spremembo tehnologije (spremembo tehničnih postopkov) sodi združevanje prehodov (delovnih operacij), uporaba strojev, ki so gnani preko

priključne gredi traktorja, vzpostavitev stalnih kolesnic, uporaba On-land plugov (kjer traktor ne vozi po dnu brazde). Pri spremembi parametrov vozila (traktorja) je možno zmanjšati tlačenje tal in zbitost s povečanjem kontaktne površine pnevmatik, z zmanjšanjem tlaka v pnevmatikah, z zmanjšanjem obremenitve posameznega kolesa, z uporabo mostnih (portalnih) traktorjev idr. Nosilnost tal oziroma vertikalna trdnost tal je v kmetijski mehaniki tal opredeljena s posedanjem tal, globino ugrezanja zaradi obremenitve tal s navpično silo. Največkrat ocenimo nosilno trdnost tal na temelju rezultatov merjenja mehaničnega upora tal s konusnim penetrometrom (Mrhar, 2002). Obstajajo pa tudi druge metode ugotavljanja nosilnosti tal (Godeša in Vrščaj, 2008). Nosilnost tal je večja pri delu na tleh v bolj suhem stanju ali pa ko zmanjšamo intenziteto obdelave (konzervirajoča obdelava, direktna setev). Zbitost tal je posledica tlačenja tal pri čemer se zmanjša prostornina tal na račun zmanjšanja makropor in zraka v tleh.

6 Tehnični ukrepi za zmanjšanje zbitosti tal

Tehnični ukrepi za zmanjšanje zbitosti tal so vezani na traktorje, vlečene priključke in samovozne stroje. Pri vseh teh kmetijskih vozilih je pnevmatika glavna vez med njimi in tlemi. Ena izmed lastnosti pnevmatike je tudi njena nosilnost, ki mora biti primerna za vedno težje traktorje, priključke in samovozne stroje. Nosilnost pnevmatike lahko povečamo na dva načina. Prvi je, da povečamo prostornino zraka v pnevmatiki. Drugi način pa je, da povečamo tlak zraka v pnevmatiki. Prvi način proizvajalci pnevmatik rešujejo z večanjem premera pnevmatike ali pa z večanjem širine pnevmatike. Drugi način z večanjem tlaka zraka v pnevmatiki; iz stališča varovanja tal in tlačenja ta način ni primeren, saj povzroča globlje kolesnice in visok kontaktni tlak.

Štirikolesni pogon traktorjev je že vrsto let tako rekoč standardna oprema traktorjev. Omogoča boljši prenos moči traktorskega motorja na kolesa in potem na tla, škodljivega zdrsa je manj.

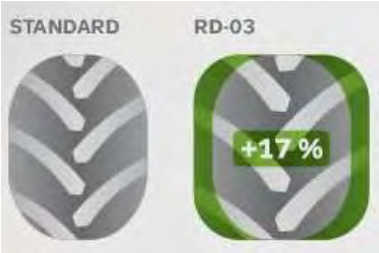
Med ukrepe za zmanjšanje zbitosti tal sodi uporaba dvojnih pnevmatik. Dvojne pnevmatike so cenovno ugodna tehnična rešitev za dodatno vgradnjo pri predsetveni pripravi tal, setvi, spravilu in transportu po njivah na vlažnih, rahlih tleh saj se poveča naležna površina vozila in masa vozila se porazdeli na več pnevmatik oziroma večjo naležno površino. Zmanjša se tudi zdrs pogonskih koles traktorja pri vleki priključkov. Da se popolnoma izrabi prednost dvojnih pnevmatik je potrebno tudi ustrezno zmanjšati zračni tlak v pnevmatikah.

Druga možnost zmanjšanja tlačenja tal je uporaba nizko tlačnih širokih pnevmatik in »terra« pnevmatik (Antille in sod., 2013). Široke pnevmatike s tlakom <80 kPa imajo še relativno veliko vlečno silo, primerne pa so za varovanje tal pri vseh njivskih delih. Gospodarnost njihove uporabe je omejena na večje kmetije in tam kjer ni veliko transporta.

Na njivskih površinah moramo imeti v pnevmatikah nizek tlak, pri vožnji po cestišču pa visokega. Tlaka pa ne smemo spustiti pod minimalno vrednostjo, ki jo predpiše proizvajalec pnevmatike (in povzame proizvajalec traktorja). Na njivskih (mehkejših) površinah z nižjimi tlaki zmanjšamo globino kolesnic – ugrez pnevmatike, zbitost tal, zdrs in porabo goriva. Tlak spreminjamo s kompresorjem. Naprave za spreminjanje tlaka v pnevmatikah so lahko enostavne, ročne ali pa popolnoma avtomatske, kjer lahko že med samo vožnjo spreminjamo tlak.

Zdrs pogonskih koles se pri vleki priključkov vedno pojavlja. Zaradi zdrsa koles je poraba goriva večja, pojavljajo pa se tudi poškodbe tal. Zdrs pogonskih koles naj ne bi bil večji od 20 %. Zdrs koles lahko zmanjšamo z vključitvijo štirikolesnega pogona. Nekateri traktorji imajo tudi možnost elektronskega nadzora spodrsavanja - nastavitve največjega dovoljenega zdrsa

pogonskih koles na nadzorni plošči EHR hidravlike oziroma na Bord Computer-ju (sistem za nadzor spodrsavanja (John Deere, 2011). Ko se zdrs poveča se zadnje hidravlično dvigalo dvigne in s tem zmanjša potrebno vlečno moč priključka (pluga), ker zmanjša delovno globino. Tak elektronski sistem za nadzor zdrsa koles zagotavlja manjšo porabo časa in goriva, manjšo obrabo pnevmatik, manjše poškodbe tal in manjšo obremenitev voznika.
Kmetijska vozila povzročajo manjše tlačenje tal, če so opremljene z več osmi. Več osi je normalno na nekaterih traktorskih priključkih kot so cisterne za gnojevko, nakladalne prikolice itd. Proizvajalec traktorjev Fendt je leta 2007 pokazal študijo traktorja TriSix Vario s tremi osmi. Finski Valmet pa je traktor s tremi osmi na tržišče ponudil že leta1975, vendar se ta model traktorja ni razširil v kmetijstvu. Dvojne ali trojne osi porazdelijo maso vozila na več koles in posledično se tlačenje lahko zmanjša. V trajnih nasadih (sadovnjakih in vinogradih) je običajno, da kolesa vozijo vedno po istih kolesnicah in posledično je tam tlačenje tal in zbitost bolj intenzivna. To se lahko pojavlja tudi v poljedelstvu ali pa pri pridelavi krme, saj gredo lahko kolesa traktorja in večosne prikolice v isti liniji. V začetnih prehodih se tla najbolj zbijejo, nadaljnji prehodi pa vedno manj prispevajo k poglabljanju kolesnic, ker takrat vozimo po vedno bolj utrjeni podlagi. Ta problem zbijanja zaradi vožnje po istih kolesnicah rešujejo proizvajalci kmetijskih strojev na različne načine. Med njimi je tako imenovan pasji hod, kjer ima vsako kolo traktorja svojo sled (kolesnico). Samonakladalne prikolice Poettinger imajo lahko osem kolesno podvozje, ki ga sicer izdeluje specializirano švicarsko podjetje (Dubach, 2005). V dveh oseh so po štiri kolesa (skupaj osem koles). Dejansko je širina koles na eni osi enaka širini nakladalne prikolice. Večosne prikolice imajo elektronsko upravljano osi, kjer kolesa ne vozijo po istih sledeh – kolesnicah (Fliegl Agrartechnik, 2014). Nizozemski proizvajalec Schuitemaker proizvaja cisterne za gnojevko z dvema osema, kjer je ena teleskopsko razširljiva, tako da kolesa cisterne ne gredo po istih kolesnicah med vožnjo izven cestišča (Schuitemaker, 2014).



Slika 3: Naležna površina Mitas široke pnevmatike je za 17 % večja od naležne površine standardne pnevmatike Vir slike Mitas.

Slika 4: Specialno podvozje za samonakladalne prikolice. Na vsaki osi so po štiri pnevmatike (skupaj osem koles), kar povzroča manjše tlačenje tal. Vir slike Kurmann Technik Ag.

Traktorji imajo namesto koles lahko tudi gosenice. Poleg že dolgo poznanih železnih gosenic se v zadnjih letih uveljavljajo gumijaste gosenice, ki so primerne tudi za vožnjo po cesti. Ne glede na vrsto gosenice pa je glavna njihova prednost, da povzročajo manjši tlak na tla ob enaki masi traktorja. Večji je tudi izkoristek transmisije, realizira pa se lahko tudi večja vlečna sila brez škodljivega zdrsa. Primerne so tam, kjer je potrebna velika moč in istočasno varovanje tal (Molari in sod., 2012; Arvidsson in sod., 2011). V zadnjih letih se pojavljajo tudi polgosenične izvedbe traktorjev, kjer so gosenice samo namesto zadnjih koles traktorja. Nekateri proizvajalci žitnih kombajnov ponujajo tudi gosenične izvedbe kombajnov (Ansorge in Godwin, 2007; Claas, 2014).

7 Sklepi

Pri uporabi kmetijske mehanizacije prihaja do neželenega tlačenja tal, kar povzroča zbitost tal. To je še zlasti izrazito v letih, ko je padavin veliko in so tla prevlažna, delovne operacije na kmetijskih površinah pa moramo kljub neustreznemu stanju tal izvesti. Med ukrepe za zmanjševanje ali preprečevanje zbitosti tal spadajo spremembe tehnologije pridelave in ukrepi za povečanje nosilnosti tal. Tlačenje tal je možno zmanjšati tudi s povečanjem kontaktne površine pnevmatik, z zmanjšanjem tlaka v pnevmatikah, z zmanjšanjem obremenitve posameznega kolesa, uporabo goseničnih ali polgoseničnih izvedb traktorjev.

8 Literatura

Ansorge, D., Godwin, R.J. 2007. The effect of tyres and a rubber track at high axle loads on soil compaction, Part 1: Single axle-studies. Biosystems Engineering, 98: 115-126

Antille, D.L., Ansorge, D., Dresser, M.L., Godwin, R.J. 2013. Soil displacement and soil bulk density changes as affected by tire size. Transactions of the ASABE, 56(5): 1683-1693

Arvidsson, J., Westlin, H., Keller, T., Gilbertsson, M. 2011. Rubber track systems for conventional tractors – Effects on soil compaction and traction Soil & Tillage Research, 117: 103-109

ASW Zubehör. 2014. http://fliegl-agrartechnik.de/asw-zubehoer/150/4360/3989/ (26.11.2014)

Dubach, S. 2005. Zwei mal vier. Acht-Rad_Fahrwerk von Kurmannn Technik AG. Profi Magazin fuer Agrartechnik, 17, 4: 64-66

Godeša, T., Vrščaj, B. 2008. Naprave in postopki za pridobivanje nekaterih mehanskih lastnosti tal in izvedbo pedološke analize tal po posameznih horizontih. Hmeljarski bilten, 15: 85-92

John Deere Navodila za upravljanje, Traktorji 6170 R, 6190 R in 6210 R. 2011. John Deere Werke Mannheim: 411 str.

Lipiec, J., Simota, C. 1994. Role of soil and climte factors in influencing crop respoinses to soil compaction in Central an Eastern Europe. V:Soil compaction in crop production. Elsevier Science B.V.: 365-390

Molari, G., Bellentani, L., Guarnieri, A., Walker, M., Sedoni, E. 2012. Performance of an agricultural tractor fitted with rubber tracks. Biosystems Engineering, 111: 57-63

Mrhar, M. 2002. Tlom prijazna obdelava. Kmetijska založba, Slovenj Gradec: 24-28

Poje, T. 2012. Razvojne tendence traktorskega parka v Sloveniji. Zbornik radova 40. Međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede, Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede Opatija, 21. - 24. veljače). Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede: 23-29

Poje, T. 2015. Report on the number of newly registered tractors in Slovenia from January to December 2014. KIS - Študije po naročilu. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije: 6 str.

Pumptankwagen – Robusta. 2014. http://landbouwmachines.sr-schuitemaker.nl/de/produkte/landmaschinen/düngen/pumptankwagen-robusta/#pumptankwagen-robusta-highlights (26.11.2014)

Ronai, Đ.M. 1986. Sabijanje zemljišta kao posledica kretanja točka. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad: 224 str.

Suhadolc, M. 2005. Ocena izvajanja konvencije ZN o boju proti dezertifikaciji / degradaciji tal v Sloveniji. Regionalni center za okolje za srednjo in vzhodno Evropo, Ljubljana: 16 str.

Terra Trac. Mehr Bodenschonung im Feld. Jetzt auch für den LEXION 750. 2014. http://www.claas.de/produkte/maehdrescher/lexion780-740/motor-fahrwerk/terra-trac (26.11.2014)

Žust, A., Valher, A., Sušnik, A. 2014. Mesečni bilten vodnobilančnega stanja kmetijskih tal v Sloveniji za zimsko obdobje (od 1. oktobra do 31. marca) 1.–31. oktober 2014, Oddelek za agrometeorologijo, ARSO (4.11.2014)

Dinamika izpustov CO_2 iz težkih in lahkih tal pri konvencionalnem in reduciranih sistemih obdelovanja tal

Denis STAJNKO[13]

Izvleček
Na parcelah v bližini Zgornje Kungote (46 ° 37 '36 "N, 15 ° 37' 55" E) in Podove (46 ° 25 '30 "N, 15 ° 42 '35 "E) sta potekala poljska poskusa, v katerih smo proučevali vpliv različne obdelave tal na emisije CO_2 iz oglejenih tal oziroma rjavih distričnih tal (Podova). Od začetka leta 2011 do konca 2013 smo v kolobarju koruza (*Zea mays* L.), ozimna pšenica (*Triticum aestivum* L.) in oljna ogrščica (*Brassica napus* L.) vsako leto tla pred setvijo pripravili na konvencionalen način (z lemežnim plugom in predsetveno kombinacijo) ter alternativno z rahljalnikom. Tretjo varianto je predstavljala direktna setev. Meritve izpustov CO_2 kažejo vsako leto izrazita ciklična spreminjanja, ki so povezana z zračenjem tal. Na oglejenih tleh smo največje emisije (26,16 mol $m^{-2}s^{-1}$) izmerili maja 2012 na parceli oranje, posejani z oljno ogrščico. Na aluvijalnih tleh je bila največja emisija (16,9 µmol $m^{-2}s^{-1}$) izmerjena v oktobru 2011 na parceli orano, posejani z ozimno pšenico. Na aluvialnih tleh je bila največja povprečna letna emisija 5,62 µmol $m^{-2}s^{-1}$ izmerjena na zorani parceli v letu 2013 in minimalna 2,70 µmol $m^{-2}s^{-1}$na parceli, obdelani z rahljalnikom v letu 2012. Na oglejenih tleh je bila največja povprečne letna emisija 7,09 µmol $m^{-2}s^{-1}$ na zorani parceli v letu 2013 in minimalna 3,31 µmol $m^{-2}s^{-1}$ na parceli direktna setev v letu 2012.
Ključne besede: obdelava tal, oranje, rahljalnik, direktna setev, CO_2 izpusti

Dynamics of CO_2 emissions from heavy and light soils in conventional and reduced tillage systems

Abstract
The effect of different soil tillage systems on CO_2 emissions from the gleyic soil near Zgornja Kungota (46° 37′ 36″ N, 15° 37′ 55″ E and dystric brown alluvial soil near Podova (46° 25′ 30″ N, 15° 42′ 35″ E) was conducted from 2010 to 2013. In the rotation corn (*Zea mays* L.), winter wheat (T*riticum aestivum* L.) and winter raps (*Brassica napus* L.) the influence of conventional tillage with mouldborad plough and seedbed combination, non-conventional tillage with chisel plough and direct seed showed significant cyclic changes of CO_2 emissions, which are strongly related to the intensification of soil aeration. On the gleyic soil, the maximal emission (26.16 µmol $m^{-2}s^{-1}$) was detected in May 2012 (winter raps) on ploughed plot. On the alluvial soil, the maximal emission (16.9 µmol $m^{-2}s^{-1}$) was detected in October 2011 (winter wheat) on ploughed plot. However, specific annual precipitations caused even greater differences between CO_2 emissions than tillage itself. So, on alluvial soil the maximal average annual emissions 5.62 µmol $m^{-2}s^{-1}$ was on ploughed plot in 2013 and minimal 2.70 µmol $m^{-2}s^{-1}$ on chisel parcel. On gleyic soil the maximal average annual emissions was 7.09 µmol $m^{-2}s^{-1}$ on ploughed plot in 2013 and minimal 3.31 µmol $m^{-2}s^{-1}$ on direct seed plot in 2012.
Key words: soil tillage, ploughing, chisel, direct drill, CO_2 emissions

1 Uvod

Med vodilnimi svetovnimi strokovnjaki je sprejeto dejstvo, da so emisije CO_2 iz kmetijskih zemljišč pomemben sestavni del globalnega ogljikovega cikla in so neposredno odvisne od sedanjih kmetijskih praks, zlasti obdelovanja tal. Globalni delež kmetijskih zemljišč predstavlja le 12,6 % celotne kopne površine (FAO, 2014), zato je dolgo časa veljalo, da je

[13] Red. prof., dr. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Katedra za biosistemsko inženirstvo, Pivola 10, SI-2311 Hoče, e-pošta: denis.stajnko@um-mb.si

prispevek h globalni bilanci ogljika iz tega vira manj pomemben (Smith in Falloon, 2005). Ker pa se vsako leto ogromne gozdne površine spreminja v travnike in polja (Corbin in sod., 2010), je prišlo do večjega zanimanja za računanje svetovnega ciklusa ogljika, povzročenega zaradi obdelave tal (Houghton et al., 2001).

Večina našega sedanjega znanja o emisijah CO_2 in letnih izračunih bilance C v poljedelstvu temelji na meritvah, opravljenih na obsežnih monokulturnih kmetijskih površinah v Severni Ameriki, posejanih v kolobarju koruza-soja (Hollinger in sod., 2005) oziroma kolobarju koruza - ozimna pšenica - ječmen (Sus in sod, 2010; Jans in sod. 2010) ter v pedoekoloških razmerah srednje in zahodne Evrope.

Meritve izmenjave CO_2 med različnimi ekosistemi in atmosfero se večinoma pridobivajo z dvema širše sprejetima merilnima tehnikama, in sicer s tehniko z merilno komoro (CT) in tehniko vrtinčne kovariance (eddy covarienace) (Wohlfahrt in sod., 2005). Tehnika vrtinčne kovariance najbolje opisuje dogajanja na velikih, odprtih habitatih, velikosti od 100 m^2 do nekaj km^2, kjer so emisije CO_2 povezane z jasno definiranimi tipi vegetacije. Druga metoda omogoča z uporabo prenosnih komor neposredno oceno neto izmenjave CO_2 (Net Exchange Ecosystem CO_2), oceno dihanja ekosistemov (ReCO) in bruto oceno primarne produktivnosti ekosistemov (GPP) na majhnih prostorskih ravninah (npr. na posamezni parceli), zaradi česar je mogoče to metodo uporabiti tudi za proučevanje razlik znotraj heterogene pokrajine, kot so mešani sistemi kmetovanja v slovenski kmetijski krajini.

V raziskavi smo uporabili podatke iz večletnega poskusa primerjave različnih sistemov pridelave poljščin, zato rezultati odražajo posnetek dejanskih razmer in njihovega vpliva na širši prostor. V pričujoči študiji smo se osredotočili na emisije CO_2 iz aluvialnih in oglejenih tal. V triletnem kolobarju koruze (*Zea mays* L.) - ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L.) in ozimne ogrščice (*Brassica napus* L.) smo tla pred setvijo vsake poljščine obdelali na konvencionalen in alternativen način, ki je razširjen v vzhodni Sloveniji. Poleg tega smo vključili tudi direktno setev.

Namen naše raziskave je bil (1) določiti sezonske vzorce in amplitude emisij CO_2 v prizemni plasti ozračja nad različno obdelanimi tlemi in (2) proučiti vpliv letnega razporeda temperatur in padavin na cikel emisij CO_2 iz tal. Predpostavljamo, da so pri določenem tipu obdelave tal pomembne razlike v časovnih, prostorskih in količinskih vrednostih emisij CO_2.

2 Material in metode dela

2.1 POSKUSNE PARCELE IN KOLOBAR

Od začetka leta 2011 do konca leta 2013 je na parceli v bližini naselja Zgornja Kungota (15º40´36´´ E in 46º35´58´´ N) in na parceli pri naselju Podova (15° 42'35" E, 46°25'30"N), ki sta v lasti Perutnine Ptuj d.d., potekal večletni poljski poskus. Na istih parcelah že več let proučujemo vpliv različnih načinov obdelave tal (konvencionalna, konzervirajoča in direktna setev) in z njim povezanih sistemov tehnologije pridelave na pridelek, izboljšanje rodovitnosti tal in emisije CO_2 iz tal ter ekološki odtis posamezne proizvodnje.

Zgornja Kungota leži v Pesniški dolini, ki jo opredeljuje za vodo nepropustni ilovnati nanosi. Tla so globoka z majhnim odstotkom skeleta, označena kot oglejena (FAO, 2006), glinasto ilovnate teksture. Podova se nahaja na delu Dravskega polja, ki ga opredeljuje terasa fluvioglacialnega gramoza, ki je zelo porozna za vodo. Tla so zelo plitva z visokim odstotkom skeleta, označena kot rjava, distrična (FAO, 2006), ilovnate teksture.

Na posamezni njivi smo izbrali 11.760 m^2 (490 x 24 m) eksperimentalno parcelo in jo razdelili na tri podparcelice, prilagojene uporabi različnih tehnik obdelovanja tal (konvencionalna obdelava z lemežnim plugom do globine 22 cm in kombinacija vrtavkaste

brana s sejalnico, konzervirajoča obdelava z rahljalnikom do globine 12 cm ter direktna setev).
Na obeh parcelah je bil enak triletni kolobar, ki ga je sestavljala koruza (*Zea mays* L.), ozimna pšenica (*Triticum aestivum* L.) in ozimna oljna ogrščica (*Brassica napus* L.).

2.2 MERITVE VREMENSKIH PARAMETROV

Za eksperimentalno parcelo pri Zgornji Kungoti smo vremenske parametre povzeti iz merilne postaje Pesnica (A733, Adcon, Avstrija) in za eksperimentalno parcelo Podova iz avtomatske meteorološke postaje Letališča Edvarda Rusjana, Maribor (AWS, WS-GP1, Delta-T Devices Ltd., Velika Britanija). Obe merilni postaji se nahajata približno 3500 m od eksperimentalnih parcel, zato dobro opisujeta vremenske razmere v opazovanem časovnem obdobju. Vsakič, ko smo merili emisije CO_2 iz tal, smo dobili tudi trenutne podatke o temperaturi, tlaku in relativni vlažnost.

2.3 MERITVE EMISIJ CO_2

Na vsaki poskusnih parceli smo teden dni pred pričetkom poskusa določili 3 vzorčne točke s pomočjo naprave GPS Leica. Emisije CO_2 smo od januarja 2011 merili po CT metodi z napravo LC PRO+ (slika 1), ki ima eno komoro. Od oktobra 2011 smo v naslednjih dveh letih uporabljali še dodatno napravo ECHO (slika 2) z dvema komorama. Večino meritev CO_2 smo opravili v suhih sončnih ali oblačnih dneh brez dežja v presledku dva tedna.

Slika 1: Merjenje CO_2 z merilno napravo LC PRO+ na lokaciji Podova, dne 18. 8. 2012

Slika 2: Merjenje CO_2 z merilno napravo ECHO na lokaciji Zg. Kungota dne 25. 10. 2011 (levo mobilna enota, desno centralna enota z IR merilnikom)

Sistem merjenja z LC PRO+ temelji na konstantnem izsesavanju zraka iz komore, medtem ko se je komora ECHO naprave s pomočjo cilindričnega valja potem, ko je bila dosežena najvišja vrednost emisij CO_2, odprla. Meritve so bile izvedene med 9-13 uro, med tem časom pa je bilo izvedenih 8 ciklov meritev.

2.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

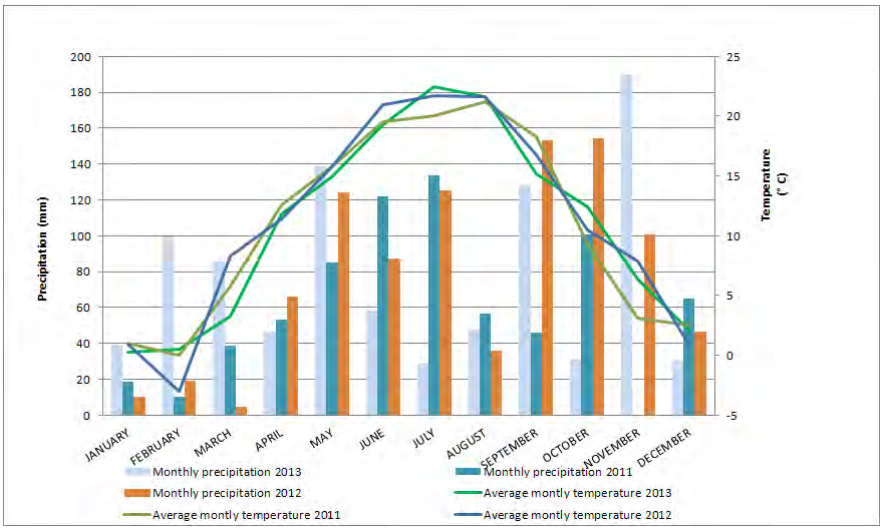
Vse podatke, dobljene v poskusih in laboratoriju, smo statistično obdelali s pomočjo statističnega programa IBM SPSS Statistics 21.0. Izvedli smo analizo variance (ANOVA) in primerjavo povprečij po Duncanovem testu pri $p<0,05$.

3 Rezultati

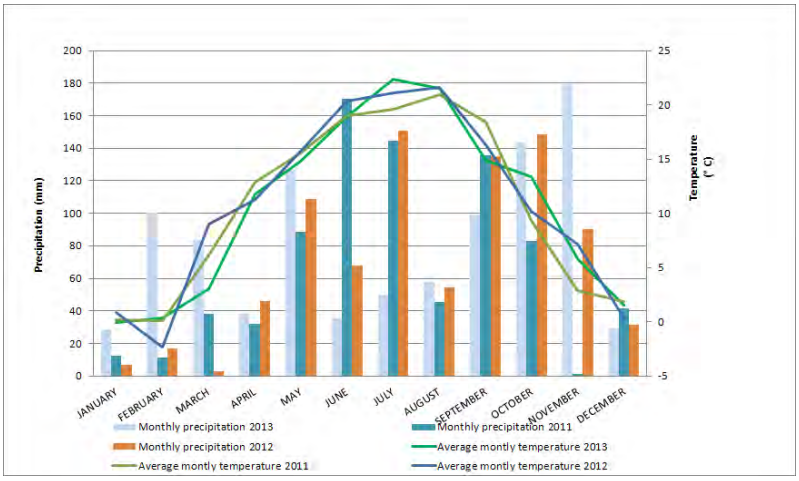
3.1 VREMENSKE RAZMERE

Povprečne mesečne temperature in skupne mesečne padavine v obdobju 2011-2013 za lokacijo Podova so prikazane na sliki 1. Kot je razvidno, v vseh letih se temperatura zraka enakomerno povečuje od pomladi do poletja, ko dosežemo najvišje vrednosti v različnih mesecih; avgusta 2011 (do 21,2 ^{o}C), julija 2012 (21,7 ^{o}C) in julija 2013 (22,5 ^{o}C). Še posebej vroče je bilo poletje 2012. Minimalne vrednosti so bile izmerjene februarja 2011 (0 °C), februarja 2012 (-3,0 ^{o}C) in januarja 2013 (0,3 ^{o}C). Letna količina padavin se je med leti močno razlikovala; 729,9 mm v letu 2011, 928,7 mm v letu 2012 in 923,7 mm v letu 2013. Največ dežja je bilo v juliju 2011 (133,9 mm), septembru 2012 (154,4 mm) in novembru 2013 (189,9 mm), medtem ko je bil november 2011 brez padavin.

Za lokacijo Zgornja Kungota so povprečne mesečne temperature in skupne mesečne padavine v obdobju 2011-2013 prikazane na sliki 2. Tudi na tej lokaciji v vseh letih se temperatura zraka enakomerno povečuje od pomladi do poletja in doseže najvišjo vrednost avgusta 2011 (do 20,91 ^{o}C), avgusta 2012 (21,6 ^{o}C) oziroma julija 2013 (22,4 ^{o}C). Najnižja temperatura zraka je bila izmerjene februarja 2012 (-2,34 °C). Letna količina padavin je bila 803,8 mm v letu 2011, 859 mm v letu 2012) in 971,2 mm v letu 2013. Največ padavin je bilo ponovno novembra 2013 (179,4 mm), medtem je bilo novembra 2011 le 1,2 mm padavin.



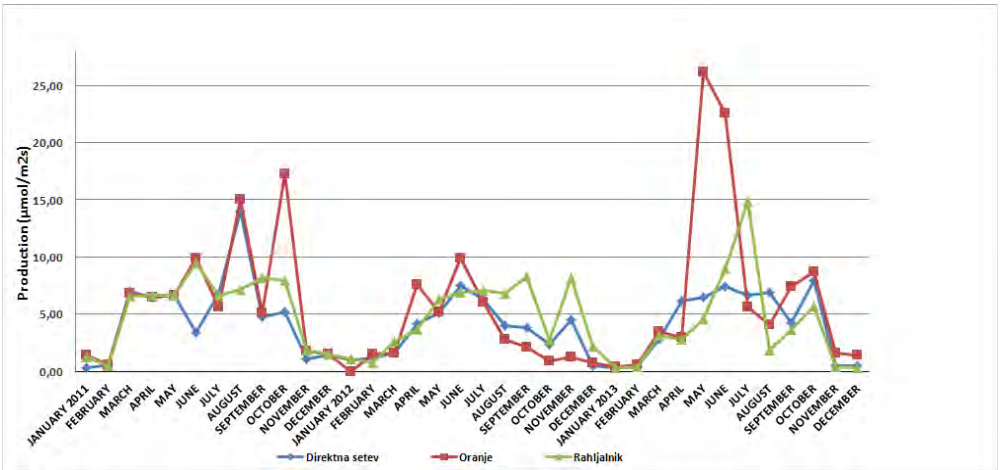
Slika 1: Mesečne padavine in povprečne mesečne temperature na lokaciji Podova v letih 2011-2013 (ARSO 2014)



Slika 2: Mesečne padavine in povprečne mesečne temperature na lokaciji Zgornja Kungota v letih 2011-2013 (ARSO 2014)

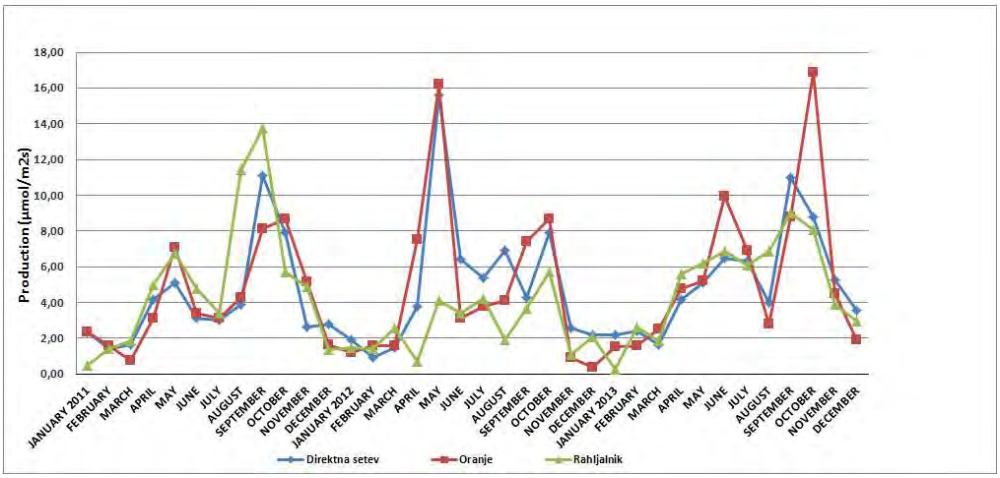
3.2 DINAMIKA IZPUSTOV CO_2

Dinamika spreminjanja izpustov CO_2 iz različno obdelanih tal na lokaciji Zgornja Kungota je prikazana na sliki 3. Na vseh parcelah lahko opazujemo trend povečevanja izpustov CO_2 iz tal od februarja do konca maja, pri čemer smo največje vrednosti izmerili na parcelah oranje in najmanjše na parcelah direktna setev. Nato sledi manjši padec in drugi maksimum v juniju. Julija in avgusta se zaradi poletnega pomanjkanja vlage v tleh izpusti ponovno zmanjšajo in se povečajo šele ob jesenski pripravi tal za setev. V letu 2012 se je negativni trend zaradi velike suše nadaljeval še v jesensko-zimski čas. Povprečno so bili v obdobju 2011-2013 največji izpusti izmejeni na parceli oranje (5,64 µmol/m^{2}s), sledi s 4,68 µmol/m^{2}s rahljanje in 4,18 µmol/m^{2}s direktna setev. Na parceli oranje je bil največji izmerjen izpust (26,16 µmol/m^{2}s) izmerjen maja 2012 in najmanjši (0,01 µmol/m^{2}s) v januarju 2012. Na parceli rahljanje je bil največji izpust (14,84 µmol/m^{2}s) izmerjen julija 2013 in najmanjši (0,3 µmol/m^{2}s) decembra 2013. Na parceli direktna setev je bil največji izpust (14,00 µmol/m^{2}s) julija 2011 in najmanjši (0,3 µmol/m^{2}s) januarja 2011. Preračunan v mesečne komulativne vrednosti pokaže zelo majhne izpuste CO_2, ki ne presegajo 10 kg iz enega hektarja.



Slika 3: Dinamika CO_2 v različno obdelanih tleh na lokaciji Zg. Kungota 2011-2013

Na sliki 5 je prikazano spreminjanje izpustov CO_2 iz različno obdelanih tal na lokaciji Podova. Na vseh parcelah lahko opazimo podobno povečevanje izpustov CO_2 iz tal kot na lokaciji Zgornja Kungota, vendar so vrednosti manjše. Tako znaša povprečje na parceli oranje v obdobju 2011-2013 4,81 µmol/m^{2}s, sledi s 4,71 µmol/m^{2}s parcela direktna setev in s 4,23 µmol/m^{2}s parcela rahljanje. Na parceli oranje je bil največji izmerjen izpust (16,90 µmol/m^{2}s) oktobra 2013 in najmanjši (0,40 µmol/m^{2}s) decembra 2012. Na parceli rahljanje je bil največji izmerjen izpust (13,75 µmol/m^{2}s) izmerjen septembra 2011 in najmanjši (0,29 µmol/m^{2}s) januarja 2013. Na parceli direktna setev je bil največji izpust izmerjen (15,60 µmol/m^{2}s) maja 2013 in najmanjši (0,90 µmol/m^{2}s) februarja 2012.



Slika 5: Dinamika CO_2 v različno obdelanih tleh na lokaciji Podova 2011-2013

Preglednica 1: Povprečni izpusti CO_2 iz različno obdelanih tal na obeh lokacijah

Lokacija	**Leto**	**Izpusti (µmol/m^{2}s)**		
		Direktna setev	**Konvencionalna obdelava**	**Konzervirajoča obdelava**
Zgornja Kungota	2011	4,82 [a]	6,52 [b]	5,39 [b]
	2012	3,31 [a]	3,52 [a]	4,71 [b]
	2013	4,20 [a]	7,09 [b]	3,93 [a]
Podova	2011	4,10 [a]	4,12 [a]	5,07 [b]
	2012	4,95 [a]	4,71 [a]	2,70 [a]
	2013	5,08 [b]	5,62 [b]	5,03 [a]

[a, b, c] se statistično značilno razlikujejo pri $p \leq 0,05$ po Duncanovem testu.

Povprečne letne vrednosti in celotne serije meritev se med seboj statistično značilno ločijo le med posameznimi obravnavanji in leti (preglednica 1). Absolutno se najbolj pokaže statistična razlika med izpusti neposredno v času obdelave, kjer smo izmerili maksimalne vrednosti na parceli oranje na obeh lokacijah. Na parcelah rahljanje in direktna setev so vrednosti manjše kot pri oranju, vendar se praviloma med seboj ne ločita značilno.

4 Zaključki

V triletnem poskusu (2011-2013) smo na dveh tipih tal, težka tla v Pesniški dolini in lahka tla na Dravskem polju, merili izpuste CO_2 iz tal s tehniko komore (CT). V kolobarju koruza - ozimna pšenice - ozimna oljna ogrščica smo proučevali učinek treh različnih sistemov priprave tal na dinamiko izpustov CO_2.. Ugotovili smo, da najbolj intenzivna priprava tal za setev najbolj vpliva na mineralizacijo organske snovi v tleh in količine emisij CO_2 iz tal.
Vpliv obdelave tal na maksimalne izpuste je praviloma kratek, vendar lahko ostanejo mesečne vrednosti izpustov v kombinaciji s klimatskimi dejavniki v času vegetacije dlje časa nadpovprečne, še zlasti v povezavi s padavinami. V zimskem obdobju (mirovanje vegetacije) pa so nasprotno velikosti izpustov bolj odvisne od temperature tal, na katero pa posredno prav tako vpliva obdelava tal. To se je lepo videlo v času pomanjkanja padavin julija 2011, julija in avgusta 2012 ter avgusta 2013, ko so izpusti stagnirali kljub visokim temperaturam, nato pa se že v prvem obilnejšem deževju povečali.
Nadaljnja raziskave bomo namenili oceni neto bilance ogljika pri različnih načinih obdelave tal in različnih celokupnih pridelkih biomase pri poljščinah, vključenih v kolobar, s čemer bomo poskušali odgovoriti na vprašanje o dejanskem vplivu izpustov CO_2 na širše, tudi nekmetijsko okolje v agroekoloških razmerah vzhodne Slovenije.

Zahvala
Predstavljeni rezultati so sestavni del projekta CRP V4-1062 z naslovom "Proučevanje vpliva alternativnih načinov obdelave tal na izboljšanje rodovitnosti tal in povečevanje humusa v tleh ter zmanjšanje izpustov CO_2 v ozračje", ki ga financirata ARRS in MKGP. Avtorji se zahvaljujejo tudi za vso pomoč, ki jo je nudil Klemen Kaučič, tehnolog Perutnine Ptuj d.d.

5 Literatura

ARSO. 2014. Vremenski podatki za postajo ‘Letališče Edvarda Rusjana Maribor’. http://meteo.arso.gov.si/ (4. feb. 2014)

Corbin, K.D., Denning, A.S., Lokupitiya, E.Y., Schuh, A.E., Miles, N.L., Davis, K.J., Richardson, S., Baker, I.T. 2010. Assessing the impact of crops on regional CO_2 fluxes and atmospheric concentrations. Tellus, 62: 521–532

FAO, Soil Map of the World. FAO, Rome, 2006

FAO. 2014. Global Land Cover (GLC-SHARE) Beta-Release 1.0 Database, Land and Water Division. United Nations FAO, Rome, Italy

Hollinger, S.E., Bernacchi, C.J., Meyers, T.P. 2005. Carbon budget of mature no-till ecosystem in North Central Region of the United States. Agric. For. Meteorol., 130: 59–69

Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Xiaosu, D. (ur.). 2001. IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001. The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge: 944

Jans, W.W.P., Jacobs, C.M.J., Kruijt, B., Elbers, J.A., Barendse, S.C.A., Moors, E.J. 2010. Carbon exchange of a maize (*Zea mays* L.) crop: influence of phenology. Agric. Ecosyst. Environ., 139: 316–324

Smith, P., Falloon, P. 2005. Carbon sequestration in European croplands. Soc. Exp. Biol.: 47–55

Sus, O., Williams, M., Bernhofer, C., Béziat, P., Buchmann, N., Ceschia, E., Doherty, R., Eugster, W., Grünwald, T., Kutsch, W., Smith, P., Wattenbach, M. 2010. A linked carbon cycle and crop developmental model: description and evaluation against measurements of carbon fluxes and carbon stocks at several European agricultural sites. Agric. Ecosyst. Environ., 139: 402–418

Wohlfahrt, G., Anfang, C., Bahn, M., Haslwanter, A., Newesely, C., Schmitt, M., Droesler, M., Pfadenhauer, J., Cernusca, A. 2005. Quantifying ecosystem respiration of a medow using eddy covariance: chambers and modelling. Agric. For. Meteorol., 128: 141–162

Dostopnost hranil v odvisnosti od intenzitete obdelave tal

Primož ŽIGON[14], Rok MIHELIČ[15]

Izvleček
Način obdelave tal vpliva na fizikalne in kemijske lastnosti tal. V okviru poskusa, ki neprekinjeno poteka že 14 let, smo preučevali vpliv konvencionalne obdelave tal (oranje do globine 25 cm in predsetvena priprava tal) ter ohranitvene obdelave (obdelava brez oranja do globine 10 cm) na pH tal, dostopnost dušika, fosforja in kalija in vsebnost topnega organskega ogljika (DOC) v tleh. Poskus permanentno poteka od leta 2000 na rjavih, meljasto-ilovnatih tleh oblikovanih na prodnato-peščenem, ledenodobnem zasipu reke Drave v subpanonskem delu Slovenije, v Moškanjcih. V času trajanja poskusa 2011 in 2012 so si v kolobarju sledile poljščine: koruza, sončnice ter ozimna rž. Tla smo vzorčili jeseni 2011 ter dvakrat v letu 2012, v štirih različnih globinah (0-10, 10-20, 20-30 in 30-60 cm). Ugotovili smo, da je pH tal obdelanih na ohranitveni način v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi v povprečju višji za 0,2 enote (6,4 oziroma 6,2). Konvencionalna obdelava vpliva na večjo vsebnost dostopnega fosforja in dušika v tleh (za 227 kg/ha oziroma 6,8 kg/ha), vsebnost kalija pa je bila večja v ohranitveno obdelanih tleh (za 103,9 kg/ha). Vsebnost DOC je bila večja v konvencionalno obdelanih tleh (za 14,7 kg/ha). Stratifikacija vsebnosti fosforja, kalija, dušika in DOC v tleh je bila izrazitejša v profilu ohranitveno obdelanih tal. Glede na C/N razmerje in izmerjene vsebnosti mineralnega dušika sklepamo, da je bila stopnja mineralizacije dušika večja v tleh, obdelanih na konvencionalen način.
Ključne besede: obdelava tal, dostopnost hranil, ohranitvena obdelava, dolgoletni poljski poskus

Nutrient availability as a function of soil tillage intensity

Abstract
Different soil tillage practices can impact soil physical and chemical properties. The effects of conservation (harrowing 10 cm deep only) and conventional tillage (ploughing 25 cm deep + seedbed prep by harrowing) on soil pH and plant available phosphorous, potassium, nitrogen and dissolved organic carbon (DOC) were investigated on a 14 years field experiment. Experiment is located on cambisol with silty loam texture formed over gravely-sandy glacial deposits of river Drava in Moškanjci in Sub-Panonnian area. Maize, sunflowers and rye where included in a crop rotation in 2011 and 2012. Soil was sampled in autumn 2011 and two times in 2012 for four depth intervals ranging from (0-10, 10-20, 20-30 and 30-60 cm). Soil pH under conservation tillage was 0.2 units higher than under conventional tillage (6,4 and 6,2). Conventional tillage increased plant available P (for 227 kg/ha), N (for 6.8 kg/ha) and DOC (for 14,7 kg/ha) compared to conservation tillage. On the opposite, a positive effect of conservation tillage on K content was observed. Plant available phosphorus, potassium, nitrogen and DOC showed greater stratification in the soil profile under conservation tillage. According to C/N ratio and mineral nitrogen contents we implicit that N-mineralization rate was higher in conventionally tilled soil.
Key words: soil tillage, nutrient availability, conservation tillage, long-term field experiment

1 Uvod

Glavni namen obdelave tal je rahljanje zgornje plasti tal za pripravo ustrezne setvene površine, ki omogoča vzpostavitev optimalnih razmer za kalitev, pravilen razvoj posevka in

[14] Mag. inž. agr., Metrob d.o.o., Začret 20a, 3202 Ljubečna, e-pošta: primoz.zigon@metrob.si
[15] Doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rok.mihelic@bf.uni-lj.si

ustrezen rastlinski sklop (Subbulakshmi in sod., 2009). Sedanja prevladujoča intenzivna oblika obdelave tal, ki temelji na uporabi pluga, lahko poslabšuje strukturo tal predvsem zaradi zmanjšane vsebnosti organske snovi v tleh. Takšna tla so bolj dovzetna za nastanek erozijskih procesov in s tem povezanih drugih okoljskih problemov, imajo manjšo kapaciteto za zadrževanje vode ter manjšo biološko aktivnost (Holland, 2004). V 80. letih prejšnjega stoletja se je kot alternativa v ZDA uveljavil pojem konzervirajoča ali ohranitvena obdelava tal, ki vključuje različne tehnike obdelave brez obračanja vrhnjega sloja tal. Vsaj 30 % površine tal po setvi ostaja pokritih z rastlinskimi ostanki prejšnje poljščine (Mannering in sod., 1987).

Poleg različnih vplivov na fizikalne in biološke lastnosti tal tehnike zmanjšane intenzitete obdelave tal vplivajo tudi na procese kroženja hranil. Ohranjanje večje količine organske mase v zgornjem sloju tal vpliva na večjo vsebnost in drugačno razporeditev organske snovi, procesov mineralizacije in s tem tudi rastlinam dostopnih oblik hranil v profilu tal v primerjavi z oranimi tlemi (Wright in sod., 2007a). Vplivi ohranitvene obdelave na spremembe talnih lastnostih so okoljsko pogojeni in se razlikujejo glede na klimatske razmere ter tip tal (Lopez-Fando in Pardo, 2009).

Namen naše raziskave je bil ugotoviti, kako zmanjšana intenziteta obdelave tal na lokaciji večletnih poskusov vpliva na različne kemijske lastnosti tal v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi. Zanimala nas je časovna dinamika mineralizacije organske snovi ter dušika, kot tudi vsebnost rastlinam dostopnih oblik hranil in vpliv različne obdelave na lastnosti tal v posameznih plasteh talnega profila.

2 Materiali in metode dela

2.1 OPISI IN ZASNOVE POSKUSOV

V Moškanjcih, na Ptujsko-Dravskem polju, od leta 2000 poteka večletni poskus, s katerim želimo primerjati konvencionalne in ohranitvene obdelave tal. Konvencionalna obdelava je opravljena s plugom do globine 25 cm. Za ohranitveno obdelavo tal se uporablja vlečeno orodje (Vario-disc, Evers Agro), podobno krožni brani, ki s pomočjo diskov, nameščenih v štirih vrstah, in spiralnega valja rahlja in meša talne delce do globine med 10 in 12 cm. Delovanje je podobno principu rahljanja tal z motiko. Podatke za raziskavo smo zbirali v letih 2011 in 2012. Tla na tem območju spadajo v skupino evtričnih rjavih tal, ki so se razvila na peščeno prodnatih fluvio-glacialnih nanosih Drave. Ilovnata tekstura in ugodna grudičasta struktura tal pogojujeta dobre zračno-vodne razmere v tleh in omogočata rastlinam razvoj dovolj globokega koreninskega sistema. Poskus je bil zasnovan v dveh blokih, vsak blok pa je bil razdeljen na 10 parcel površine 36 m^2. Vzorčili smo na 4 naključno izbranih parcelah posameznega bloka (4 ponovitve).

2.2 DELO NA TERENU

V času trajanja poskusa so bila tla obdelana dvakrat. Prvič je obdelava potekala 31. 4. 2012 pred setvijo sončnic sorte Polka, ko je bila dodana tudi PRP sol (35% CaO, 8% MgO, 4,5% Na in drugi mikroelementi), ki je deklarirana kot izboljševalec tal (kalcijev-magnezijev karbonat + mikroelementi), v količini 250 kg/ha. 15. 6. 2012 je sledilo medvrstno okopavanje posevka z dognojevanjem. Uporabljeno je bilo dušično gnojilo KAN v količini 250 kg/ha (67,5 kg N/ha). Drugič so bila tla obdelana 31. 9. oziroma 6. 10. 2012 pred setvijo rži sorte Askari, ko je bilo znova dodana PRP sol v količini 220 kg/ha.

2.3 VZORČENJE TAL

Vzorce tal smo v času trajanja poskusa odvzeli štirikrat, in sicer: 24. 11. 2011, 11. 4. 2012, 17. 7. 2012 ter 22. 10. 2012. Tla smo vzorčili z žlebičasto sondo, ločeno glede na način obdelave in po parcelicah. Združen vzorec vsake parcelice je sestavljalo pet podvzorcev, ki so bili vzeti na enakomerno porazdeljenih vzorčnih mestih po parcelici. Vzorce smo jemali iz različnih globin: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm ter 30-60 cm, razen vzorčenja 17. 7. 2012, ko spodnja globina (30-60 cm), zaradi praktičnih težav s sondiranjem v posevku sončnic, ni bila zajeta. Vzorce smo shranili v označene papirnate vrečke ter jih dali v sušilno komoro s temperaturo 40 °C za 24 ur. Posušene vzorce smo zmleli in presejali skozi 2 mm sito. Tako pripravljeni vzorci so bili namenjeni opravljanju analiz opisanih v poglavju 2.4.

2.4 LABORATORIJSKO DELO

Volumsko gostoto tal smo določali po standardu (ISO 11272, 1993). Vzorce smo jemali s pomočjo kopeckijevih cilindrov, vzorce posušili in stehtali. Volumska gostota je definirana kot razmerje med maso trdne faze vzorca in volumnom vzorca. Kislost tal (pH) smo določili elektrometrično v suspenziji talnega vzorca in 0,01 M raztopine $CaCl_2$ (ISO 10390). Lahko izmenljivi fosfor (P_2O_5) in kalij (K_2O) v tleh smo določili po AL-metodi (Egner-Riehm-Domingo, 1960). Po ekstrakciji vzorca tal z amonlaktatom se vsebnost fosforja v ekstraktu določa spektrofotometrično, vsebnost kalija pa z atomsko absorbcijsko spektrometrijo. Za določanje vsebnosti topnih oblik dušika (skupnega ter mineralnega) ter topnega organskega ogljika smo tla ekstrahirali s pomočjo raztopine kalcijevega klorida (0,01 M $CaCl_2$). Meritve so potekale spektrofotometrično na segmentiranem pretočnem analizatorju. Pri meritvah topnega organskega ogljika se najprej s pomočjo žveplove kisline (H_2SO_4) iz vzorca izloči anorganski ogljik, preostali ogljik pa se ob prisotnosti $K_2S_2O_8$ oksidira do CO_2. Ta skozi plinsko membrano difundira v raztopino $NaCO_3$ z dodanim fenolftaleinom, ki omogoča fotometrično meritev. Ob prisotnosti kalijevega peroksid sulfata in UV sevanja se amonijevi ioni (NH_4^+), nastali pri razkroju organske snovi, oksidirajo v nitratne ione (NO_3^-). Nitrat se po barvni reakciji s hidrazinijevim sulfatom reducira v nitrit, ki ga izmerimo fotometrično (Kmecl in Sušin, 2003).

Nitratni ioni se v bazičnem mediju ob prisotnosti redukcijske spojine $N_2H_6SO_4$ in Cu-II-sulfata reducirajo do nitrita. V alkalnem mediju nato nitritni ioni reagirajo s sulfanilamidom in NED raztopino (N-1-naftil etilen diamin dihidro klorid) pri čemer se tvori barvni kompleks. Meritev poteka fotometrično. Vzorec v bazičnem mediju reagira z natrijevim salicilatom, natrijevim hipokloritom in natrijevim nitroprusidom pri 37 °C. Po približno šestih minutah poteče fotometrična meritev pri valovni dolžini 660 nm (Kmecl in Zupančič-Kralj, 2005). Vsebnost topnega organskega dušika izračunamo iz razlike med vsebnostjo skupnega in mineralnega dušika.

2.5 OBDELAVA PODATKOV IN STATISTIČNA ANALIZA

Pridobljene podatke kemičnih analiz smo obdelali s pomočjo računalniškega programa MS Excel 2007 ter R Version 2.11.1. Za določanje statistično značilnih razlik med parametri smo uporabili enosmerno analizo variance (ANOVA) in Tukey (HSD) test mnogoterih primerjav. Upoštevali smo 5 % tveganje. Prikazana je primerjava povprečnih vrednosti posameznih parametrov glede na globino vzorčenja tal. Statistično značilne razlike smo označili s črkami tako, da se vrednosti označene z istimi črkami statistično ne razlikujejo (p=0,05). Primerjava vsebnosti posameznih parametrov glede na čas vzorčenja v globini ornice (0-30 cm) je prikazana kot seštevek povprečnih vsebnosti v posameznih vzorčenih globinah (0-10 cm, 10-20 cm in 20-30 cm).

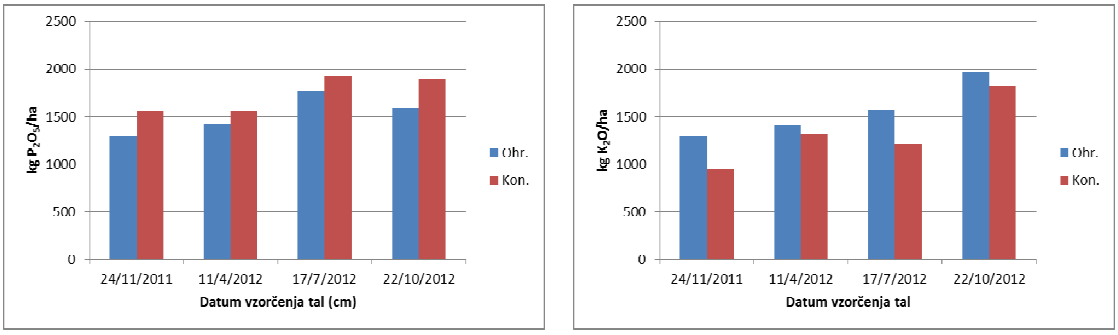
3 Rezultati z diskusijo

Zgornji sloj tal (0-10 cm) je lahko zaradi povečane mineralizacije, nitrifikacije in rastlinskih izločkov v primeru direktne setve bolj kisel kot zgornji sloj konvencionalno obdelanih tal (Lopez-Fando in Pardo, 2009). V naši raziskavi večjih razlik v pH med obema načinoma obdelave nismo ugotovili; v povprečju je znašal pH tal obdelanih na konvencionalen način 6,2, ohranitveno obdelanih tal pa 6,4. Najvišje povprečne vrednosti pH smo izmerili v globini 20-30 cm (6,3 pri konvencionalni obdelavi in 6,5 pri ohranitveni obdelavi), najnižje pa v zgornjem delu tal (6,1 pri konvencionalni obdelavi in 6,3 pri ohranitveni obdelavi).

Preglednica 1: Povprečna vrednost pH ± standardna napaka, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v pH.

Globina tal (cm)	pH			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	6,3 ± 0,1	a	6,1 ± 0,1	a
10-20	6,3 ± 0,1	a	6,2 ± 0,1	a
20-30	6,5 ± 0,1	a	6,3 ± 0,1	a
30-60	6,4 ± 0,1	a	6,2 ± 0,1	a

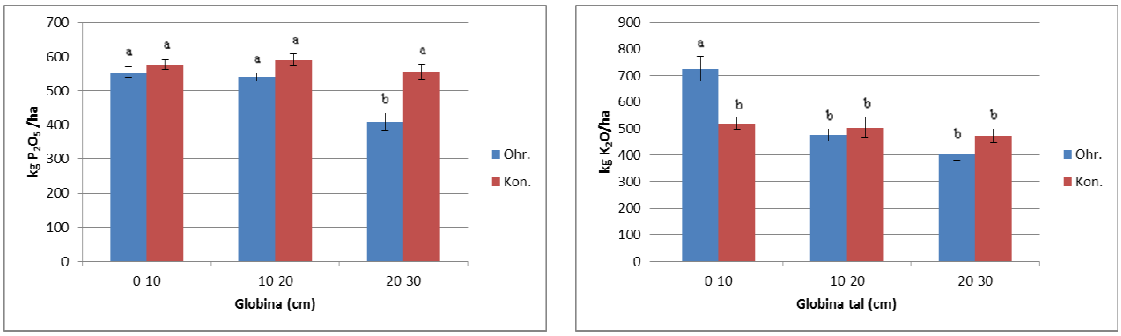
Časovna dinamika vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja in kalija v ornici je bila bolj dinamična. Količine dostopnega fosforja so bile večje pri konvencionalno obdelanih tleh (1727,8 kg/ha pri konvencionalni obdelavi v primerjavi s 1500,8 kg/ha pri ohranitveni obdelavi), razlika med načinoma obdelave je bila statistično značilna. Največje količine fosforja so bile izmerjene v poletnem času (660,9 kg/ha v konvencionalno obdelanih tleh in 551,4 kg/ha v ohranitveno obdelanih tleh), ko je intenzivnost rasti rastlin največja. Način obdelave ni vplival na vsebnost kalija v zgornjih 30 cm tal, ki je med letom, pri obeh načinih obdelave znašala od 550,2 do 649,2 kg/ha. Bolj izrazito povečanje vsebnosti smo izmerili pri zadnjem vzorčenju, ki je bilo izvedeno po setvi ozimne rži in predhodni obdelavi tal, ki je očitno povzročilo hitrejše sproščanje kalija iz talnih zalog (slika 1).



Slika 1: Količina P_2O_5 in K_2O (kg/ha; 0-30 cm) med letom glede na način obdelave tal (Ohr.=ohranitvena obdelava, Kon.=konvencionalna obdelava)

Pri razporeditvi vsebnosti hranil v profilu ohranitveno obdelanih tal pride do pojava stratifikacije. Večja vsebnost hranil v vrhnjih slojih tal obdelanih na ohranitveni način je

posledica mineralizacije nakopičenih organskih ostankov in dodanih gnojil (Lopez-Fando in Almendros, 1995). Pojav akumulacije hranil v zgornjem sloju tal (0-10 cm) pri ohranitvenem načinu obdelave je bil bolj izrazit pri kaliju. Na oranih tleh je bila razporeditev hranil v ornici bolj homogena, kar je posledica globlje obdelave ter intenzivnejšega premeščanja talnih delcev in rastlinskih ostankov v tem delu tal (slika 2).



Slika 2: Povprečna količina P_2O_5 in K_2O (kg/ha) vseh terminov vzorčenja ter standardna napaka v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v vsebnosti P_2O_5 in K_2O.

Preglednica 2: Količine skupnega topnega dušika, topnega organskega ogljika (kg/ha; 0-30 cm) ter C/N razmerje topnih oblik C in N glede na način obdelave tal

	DOC (kg/ ha)	N (kg/ha)	C/N
Ohranitvena obdelava	430,6	68,1	6,3
Konvencionalna obdelava	445,3	74,9	5,9

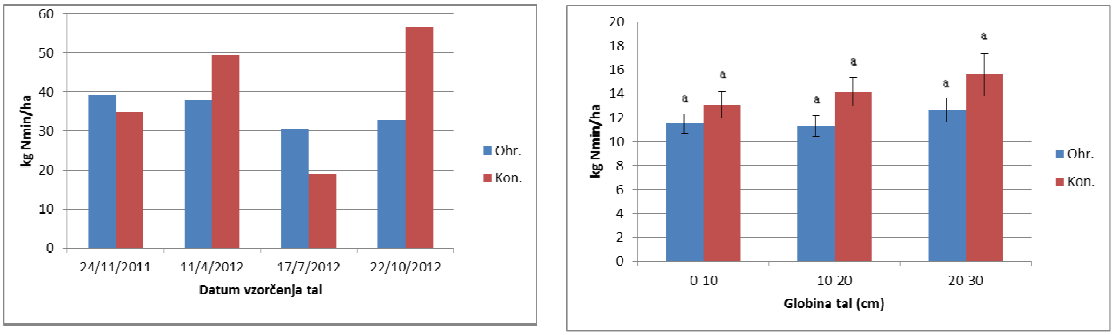
Preglednica 3: Povprečne vsebnosti skupnega topnega dušika, topnega organskega ogljika (kg/ha) ± standardna napaka ter C/N razmerje topnih oblik C in N vseh terminov vzorčenja v različnih globinah glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.

Globina tal (cm)	N (kg/ha)		DOC (kg/ha)		C/N	
	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.
0-10	22,1 ± 1,8 a	23,4 ± 1,7 a	134,8 ± 8,6 a	146,6 ± 6,6 a	7,4	6,5
10-20	22,5 ± 1,4 a	25,1 ± 1,7 a	149,6 ± 11,9 a	151,3 ± 7,3 a	7,4	6,3
20-30	23,5 ± 1,7 a	26,4 ± 2,1 a	146,8 ± 11,7 a	147,5 ± 7,7 a	6,7	5,9

Vsebnost skupnega dušika, organskega ogljika in C/N razmerje opredeljujejo vsebnost organske snovi v tleh (Hoffman in sod., 1996). V tleh obdelanih na ohranitveni način smo zaradi večje količine organskih ostankov pričakovali večje vsebnosti topnega organskega ogljika (TOC) v primerjavi s konvencionalno obdelavo (Wright in sod., 2007, Lopez-Fando in Pardo, 2009). Vendar je bila izmerjena povprečna količina TOC, kot tudi skupnega topnega dušika večja v konvencionalno obdelanih tleh. C/N razmerje je bilo največje v zgornjem sloju (0-10 cm) tal obdelanih na ohranitveni način (7,4) in se je do globine 30 cm postopno zmanjševalo (preglednici 2 in 3). Večje C/N razmerje v ohranitveno obdelanih tleh nakazuje

na dejstvo, da mineralizacija organske snovi tam poteka počasneje (Lopez-Fando in Pardo, 2009).

Časovne spremembe vsebnosti mineralnega dušika in s tem intenzivnosti mineralizacije dušika v tleh so bile med letom zaradi obdelave in okoljskih dejavnikov, kot sta vlaga in temperatura, intenzivne. Pri prvem vzorčenju je bila vsebnost mineralnega dušika večja v profilu tal, obdelanih na ohranitveni način, kot v tleh s konvencionalno obdelavo, spomladi pa je bil rezultat ravno obraten. Tla, obdelana na ohranitveni način, so namreč bolj vlažna, zato so temperaturne spremembe med letom v teh tleh počasnejše in manj izrazite (Wang in sod., 2006). Spomladi je omejujoč dejavnik mineralizacije temperatura, ki dosega večje vrednosti v konvencionalno obdelanih tleh. Jeseni ostajajo tla obdelana na ohranitveni način dalj časa toplejša, kar lahko vodi tudi do večjih izgub dušika po žetvi (Wang in sod., 2006). Jeseni 2012 so bila tla obdelana, kar je povzročilo višek mineralizacije dušika v oranih tleh. Večji privzem dušika zaradi intenzivnosti rasti sončnic pa je lahko posledica manjših vsebnosti v poletnem času. Statistično značilnih razlik v vsebnosti mineralnega dušika med posameznimi sloji tal nismo ugotovili. Tudi razporeditev količin mineralnega dušika v profilu tal je bila podobna pri obeh načinih obdelave (slika 3).



Slika 3: Količine mineralnega dušika (kg/ha; 0-30 cm) med letom ter povprečne količine mineralnega dušika (kg/ha) in standardna napaka v različnih globinah tal glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v vsebnosti mineralnega dušika.

4 Sklepi

Bistvenih razlik v kislosti konvencionalno in ohranitveno obdelanih tal nismo zaznali (razlika 0,2 enote); vrednost pH se je z globino povečevala. Izkazalo se je, da je sicer povprečna vsebnost dostopnega fosforja v konvencionalno obdelanih tleh večja, vendar razlika ni bila statistično značilna. Vsebnost dostopnega kalija je bila v povprečju večja v tleh, obdelanih na ohranitveni način (1727,8 kg/ha pri konvencionalni obdelavi in 1500,8 kg/ha pri ohranitveni obdelavi). Količina topnega organskega ogljika je bila večja v konvencionalno obdelanih tleh, razlik v razporeditvi količin v profilu tal obdelanih na konvencionalni oziroma ohranitveni način nismo ugotovili. Razporeditev hranil v profilu tal, obdelanih na ohranitveni način, izkazuje večji koncentracijski gradient z povečevanjem globine tal. Na domnevo o intenzivnejši mineralizaciji dušika v konvencionalno obdelanih tleh poleg ožjega C/N razmerja nakazujejo tudi višje izmerjene koncentracije mineralnega dušika v profilu tal. Časovna dinamika vsebnosti mineralnega dušika kaže tako na pomen načina/intenzitete obdelave tal kot tudi na pomen okoljskih dejavnikov, predvsem temperature, ki vplivajo na proces mineralizacije. Statistično značilni razlik v vsebnosti mineralnega dušika, v

posameznih globinah, pri obeh načinih obdelave tal nismo ugotovili. Vsebnost je z globino hitreje naraščala pri konvencionalni obdelavi, saj je bila razlika med zgornjo in spodnjo vzorčno globino v povprečju 2,6 kg Nmin/ha, pri ohranitveni obdelavi pa je ta razlika znašala 1,1 kg/ha.

5 Literatura

Hoffmann, C., Linden, S., Koch, H. J. 1996. Influence of soil tillage on net N-mineralization under sugar beet. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 159: 79-85

Holland, J. M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment, 103: 1-25

Kmecl, V., Sušin, J. 2003. Razvoj metode za določanje topnega organskega dušika v tleh. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Kmetijstvo, 81, 2: 313-324

Kmecl, V., Zupančič-Kralj, L. 2005. Vpeljava in ovrednotenje metode določevanja mineralnega dušika v tleh. Acta agriculturae Slovenica, 85, 1: 97-105

Lopez-Fando, C., Pardo, M. T. 2009. Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. Soil & Tillage Research, 104: 278-284

Lopez-Fando, C., Almendros, G. 1995. Interactive effect of tillage and crop rotations on yield and chemical properties of soils in semi-arid central Spain. Soil & Tillage Research, 36: 45-57

Mannering, J.V., Schertz, D.L., Julian, B.A. 1987. Overview of conservation tillage. V: Effects of conservation tillage on groundwater qality. Logan T. J., Davidson J.M., Baker J.L., Overcash M.R. (ur.). Michigan, Lewis Publishers: 3-16

Subbulakshmi, S., Saravanan, S., Subbian, P. 2009. Conventional tillage vs. Conservation tillage-A review. Agricultural Reviews, 30: 56-63

Wang, X., Cai, D., Hoogmoed, W.B., Oenema O., Perdok U.D. 2006. Potential effect of conservation tillage on sustainable land use: A review of global long-term studies. Pedosphere, 16: 587-595

Wright, L.A., Hons, M.F., Lemon, G.R., McFarland, L.M., Nichols, L.R. 2007a. Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations. Soil & Tillage Research, 96: 19-27

Wright, A.L., Deu, F., Hons, M.F. 2007b. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in Texsas. Agriculture, Ecosystems and Environment, 121: 376-382

Vpliv tračne obdelave tal (strip-till) na razvoj in pridelek koruze

Robert LESKOVŠEK[16], Andrej SIMONČIČ[17]

Izvleček
Večina intenzivne kmetijske pridelave v Sloveniji poteka na ravninskih predelih z rodovitnimi aluvialnimi tlemi. Hkrati se skozi intenzivno obdelana plitva tla obrečnih nanosov napajajo tudi podzemni vodonosniki, ki predstavljajo glavni vir pitne vode pri nas. Ena izmed uveljavljenih tehnologij v svetu, ki je pokazala pozitivne okoljske učinke, je konzervirajoča obdelava, kjer je setev opravljena v tla, pomešana z rastlinskimi ostanki. Pri tem varujemo tla pred erozijo ter izpiranjem hranil in fitofarmacevtskih sredstev. V letih med 2012 in 2014 smo v poljskih poskusih na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah primerjali konvencionalno in tračno (strip-till) obdelavo tal s hkratno setvijo koruze. Koruzo smo sejali na površino, kjer smo v prejšnjem letu na žitno strnišče posejali dosevke oljno redkev (*Raphanus sativus* L.), mnogocvetno ljuljko (*Lolium multiflorum* Lam.) in inkarnatko (*Trifolium incarnatum* L.). V konvencionalni pridelavi smo dosevke spomladi podorali z lemežnim plugom in tla pred klasično setvijo pripravili s predsetvenikom. Pri tračnem sistemu pridelave smo koruzo posejali v obdelane trakove na površino, kjer smo teden dni pred setvijo koruze razvoj dosevkov ustavili z neselektivnim herbicidom in jih po potrebi zmulčili. Plevele smo v obeh sistemih pridelave zatirali s herbicidi zgodaj po vzniku. Po treh letih preučevanja v poljskih poskusih smo ugotovili, da med tračno obdelavo tal (strip- till) in konvencionalno pridelavo ni bistvenih razlik v poljskem vzniku, kakor tudi ne v mladostnem razvoju koruze. Pridelki suhega zrnja v tračnem sistemu obdelave tal in setvijo v obdelane pasove so bili primerljivi s konvencionalno pridelavo, zato predstavlja ta tehnologija alternativno možnost v proizvodnji koruze.
Ključne besede: konzervirajoča, tračna obdelava, tla, dosevki, koruza

The influence of strip-till development and yield of maize

Abstract
Majority of the intensive agricultural production in Slovenia is concentrated on the fertile arable land in the lowlands. However, the sources for most of the Slovenian drinking water are groundwater aquifers recharged through intensively cultivated shallow alluvial soils. Conservation tillage management practices where main crops are planted in the plant residues exhibited positive environmental implications not just in protecting soils from erosion, but also from preventing of leaching agrochemicals into groundwater. In the period from 2012 to 2014 series of field experiments in maize production was conducted at Agricultural institute of Slovenia in Jablje, where conventional and strip-till management systems were compared. Experimental plots were established in the field, where previous year cover crops, radish (*Raphanus sativus* L.), crimson clover (*Trifolium incarnatum* L.) and ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) where planted in the wheat stubble. In conventional plots, cover crops where incorporated in the spring with moldboard plough, followed by spring tine cultivator seed bed preparation and maize planting. In the strip-till system, cover crops were terminated with glyphosate one week before planting and mulched if needed after which maize was planted in the cultivated strips. Early post emergence herbicide treatment was applied in both production systems. Our preliminary three years experimental results indicate, that similar germination and early growth rate of maize was determined in strip-till management systems, compared to conventional maize production system. Strip-till production system displayed alternative technology and potential for achieving high maize yields.
Key words: conservation tillage, strip-till, soil, cover crops, maize

[16] Dr., univ. dipl. inž. kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: robert.leskovsek@kis.si
[17] Izr. prof., dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: andrej.simoncic@kis.si

1 Uvod

V Sloveniji predstavlja koruza najbolj razširjeno in najpomembnejšo poljščino, namenjeno predvsem zagotavljanju energetsko močne krme za prehrano živali. Glavni vir pitne vode pri nas predstavlja podtalnica in intenzivno kmetijstvo predstavlja tveganje za onesnaževanje tako podzemnih, kakor tudi površinskih voda. Pridelava koruze ni pri tem nobena izjema, saj je kar polovica vseh površin na varovanih območjih vodnih teles, ki so večinoma namenjena preskrbi s pitno vodo. Velik del površin pod koruzo je na pretežno plitvih, peščeno prodnatih obrečnih tleh, kar dodatno predstavlja tveganje za onesnaženja podzemnih voda z nitrati (Sušin in sod., 2008) in fitofarmacevtskimi sredstvi iz kmetijstva (Štangelj, 2009).

Na izpiranje nitratov vpliva veliko dejavnikov, kot so: količina uporabljenih dušičnih gnojil, količina in razporeditev padavin, odvzem dušika s pridelkom, namakanje, idr. Tudi vegetacija ima pomembno vlogo, pri čemer predstavljajo največjo nevarnost za izpiranje nitratov neporaščene površine, kot so prazne neobdelane njive po žetvi, kakor tudi obdelani sadovnjaki in vinogradi (Podgornik in Pintar, 2007). Tudi inkorporacija rastlinskih ostankov izven obdobja intenzivne rasti lahko ob ugodnih razmerah z razpadanjem sprosti del organskega dušika, ki se z nitrifikacijo spremeni v nitrat in tako ob obilnih padavinah izpira v podtalnico (Tonitto in sod., 2006).

V preteklosti je bilo opravljenih precej raziskav na temo vključevanja dosevkov v pridelovalne sisteme, ki so potrdile prednosti vključitve le-teh v kolobar. To so predvsem zaščita pred erozijo (De Baets in sod., 2011; Parlak in Parlak, 2010), zadrževanje vlage v tleh (Villamil in sod., 2006), izboljšanje strukture, povečevanje organske snovi (Ding in sod., 2006), v primeru metuljnic vezave dušika (Kramberger in sod., 2009), vezave ogljika in predvsem imobilizacije dušika izven rastne dobe (Hooker in sod., 2008). Rezultati raziskav so potrdili, da predstavlja pokritost tal z dosevki v jesenskem in zimskem obdobju enostaven in učinkovit ukrep za zmanjšanje izpiranje nitrata z njivskih površin (Martinez in Guiraud, 1990; Lewan, 1994; Wyland in sod., 1996), pri čemer je pozitiven učinek dosevkov v pridelovalnih sistemih merljiv tudi na daljši rok (Constantin in sod., 2010).

Tudi obdelava tal predstavlja tehnološki ukrep, ki vpliva na izpiranje nitratov. Stenberg in sod, (1999) poročajo o nižji vsebnosti nitrata v neobdelanih tleh v jeseni v primerjavi z obdelanimi. Podobno navajata tudi Hansen in Djurhuus (1997), ki sta ugotovila manjše izpiranje nitrata pri manjši intenzivnosti obdelave strnišč in spomladanski obdelavi tal v primerjavi z jesenskim oranjem. Prepozna obdelava ima lahko tudi negativne učinke na pridelek. Pri poznojesenski ali spomladanski obdelavi so Stenberg in sod. (1999) poročali o manjšem pridelku jarih žit zaradi nemotenega razvoja plevelov v jesenskem času. Pri izbiri primernega časa za obdelavo smo pogosto omejeni s talnim tipom. Pri prepozni obdelavi glinastih tal lahko ob neugodnih vremenskih razmerah pozno jeseni (mokra tla) prihaja do poslabšanja strukture tal in s tem izgube pridelka (Myrbcek in sod, 2012).

Poleg ugodnih okoljskih vplivov v zadnjem času dosevki postajajo del strategije pri integriranem zatiranju plevelov (IWM) (Swanton in Weise, 1991; Thill in sod., 1991), bodisi kot pokrovne rastline (mulč), ki preprečujejo vznik plevelov (Mohler, 1991; Moore in sod., 1994) ali pa kot dosevki, ki posedujejo alelopatske učinke na parazitske nematode (Halbrendt, 1996).

Alternativni načini obdelave tal in setve koruze pa prinašajo tudi določeno stopnjo tveganja za izgubo pridelka. Pri neposredni setvi v rastlinske ostanke se lahko pridelki koruze zmanjšajo zaradi razpada mrtve zastirke (dušična depresija zaradi širokega C/N razmerja), počasnega ogrevanja tal, konkurenčnosti dosevka (počasen propad) in predvsem slabšega vznika. Slabši

vznik je posledica hladnih tal, kot tudi neenakomerne globine setve ter površinske zbitosti tal (Cigüt, 2009; Kaučič, 2009).
Namen naše raziskave je bil preučiti možnosti uporabe sistema konzervirajoče priprave tal, oziroma tračne obdelave, ter setve koruze v rastlinske ostanke različnih dosevkov. Nadalje smo želeli ugotoviti, kakšne so možnosti zatiranja plevelov v takšnem sistemu ter primerjati vznik, mladostni razvoj koruze in pridelek zrnja v konvencionalnem in sistemu tračne obdelave tal.

2 Material in metode dela

Poskus je bil opravljen na površinah Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Mengšu v letih med 2012 in 2014. Na območju izvajanja poskusov prevladujejo plitva do srednje globoka evtrična rjava tla meljasto-ilovnate teksture. Tla so dobro propustna, vendar imajo zaradi velike vsebnosti skeleta in plitvosti omejeno zadrževalno sposobnost za vodo v poletnem času. Rezultati kemične analize tal pred setvijo so pokazali, da so nevtralna do rahlo bazična (pH od 7,1 do 7,5), dobro preskrbljena s fosforjem (P_2O_5) in dobro do čezmerno s kalijem (K_2O) (AL metoda). Vsebnost organske snovi je bila v vseh letih izvajanja poskusa visoka (3,5 - 4 %). Poskus je bil zasnovan v štirih blokih, pri čemer so glavne parcele velikosti 25 x 100 m predstavljali dosevki (oljna redkev, mnogocvetna ljuljka, inkarnatka in praha - brez dosevka). Vse osnovne ploskve razen prahe smo razdelili na dve podparceli velikosti 8,3 x 100 m (12 vrst koruze), kjer smo obravnavali dve tehnologiji pridelave, to je konvencionalna in konzervirajoča pridelava s tračno obdelavo tal (Ekosem).
Osnovna obdelava tal v konvencionalni pridelavi je bila opravljena z lemežnim plugom v prvi dekadi aprila, ki ji je sledila predsetvena priprava tal in setev v drugi polovici aprila. Pri tračni pridelavi smo za uničenje dosevkov 7 dni pred setvijo uporabili neselektivni herbicid. Tračna obdelava v pasovih in hkratna setev je bila opravljena istočasno kot pri konvencionalni pridelavi. Pri tem je bil uporabljen stroj Fobro OekoSem IV (K.U.L.T., Vaihingen/Enz, Nemčija), s katerim smo koruzo posejali v obdelane pasove, ki smo jih prerahljali do globine 25 cm in s prekopalnikom obdelali do globine 10 cm. Vsa ostala tehnološka opravila v konvencionalni in tračni pridelavi so bila enaka (preglednica 1). Osnovno gnojenje s fosforjem in kalijem na podlagi analiz je bilo opravljeno po setvi, dognojevanja z dušikom pa so bila opravljena v 3-4 obrokih od faze BBCH 11 do BBCH 19. Zatiranje plevelov je bilo opravljeno zgodaj po vzniku s standardnim pripravkom Lumax v odmerku 3,5 L/ha.
V okviru izvajanja poskusa smo v posevku koruze izvajali naslednje meritve in opazovanja:

- gostota posevka,
- višina rastlin,
- pridelek suhega zrnja koruze (14 % vlaga).

Pri vzorčenju posameznih parametrov (gostota, višina rastlin) smo znotraj posameznih obravnavanj naključno izbrali deset podparcelic, na katerih smo izvajali meritve. Tudi pridelek vsakega obravnavanja smo najprej izmerili na naključno izbranih petih parcelicah velikosti 14 m^2 (10 m dolžine x 1.4 m širine-2 vrsti koruze), nato pa celotno obravnavanje poželi še s kombajnom.
Statistična analiza je bila opravljena s programskim orodjem STATGRAPHICS Centurion XVI (2011, Statpoint Technologies, Warrenton, VA). Predpostavke ANOVE za enakost in normalno porazdelitvijo varianc so bile preverjene z Levenovim in Shapiro-Wilkovim testom. Za testiranje značilnosti vpliva obravnavanj, njihovih ponovitev in interakcij je bila uporabljena enosmerna ANOVA, povprečja pa so bila primerjana s post-hoc LSD testom pri $p<0,05$.

Preglednica 1: Tehnološki postopki pri posameznem sistemu pridelave koruze

Konvencionalna obdelava		**Tračna obdelava**	
Oranje	1. dekada aprila plug 3 brazdni obračalni globina obdelave 25 cm	**Škropljenje**	2. dekada aprila neselektivni herbicid 250 l/ha; 3,5 L glifosat/ha
Predsetvena obdelava	2. dekada aprila predsetvenik Vibrostar globina obdelave 10-15 cm	**Tračna obdelava**	3. dekada aprila Fobro OekoSem IV (K.U.L.T., Nemčija) podrahljavanje do globine 25 cm in obdelava setvenih pasov širine 30 cm in globine 10 cm s prekopalnikom
Setev	3. dekada aprila pnevmatska sejalnica 6 vrst	**Setev**	3. dekada aprila, združena z obdelavo pnevmatska sejalnica 4 vrste
Gnojenje	160-180 kg N/ha 50-60 kg P_2O_5/ha 100-120 kg K_2O/ha	**Gnojenje**	160-180 kg N/ha 50-60 kg P_2O_5/ha 100-120 kg K_2O/ha

3 Rezultati z diskusijo

Ker analiza vpliva vrste dosevka na gostoto posevka in pridelek suhega zrnja koruze ni pokazala statistično značilnih razlik, smo podatke združili in analizirali le vpliv tehnologije (konvencionalna in tračna obdelava) na gostoto posevka in pridelek zrnja koruze.
V letu 2012 smo ugotovili statistično značilno razliko v gostoti posevka med konvencionalno pridelavo koruze in tračno pridelavo v času tehnološke zrelosti (P<0,01; preglednica 2). Ta razlika je nastala zgodaj po setvi, saj smo koruzo pri tračni pridelavi posejali dva dni kasneje in je bila zaradi napada vran že takoj po vzniku vidno zmanjšana gostota posevka. Pridelki suhega zrnja koruze se niso statistično značilno razlikovali in so bili zaradi suše v letu 2012 majhni. Tako smo pri konvencionalni pridelavi izmerili povprečni pridelek 9,1 t/ha, pri tračni pridelavi pa 8,9 t/ha suhega zrnja koruze (slika 1). Na obravnavanju, kjer smo strnišče po žetvi pšenice prejšnje leto le obdelali (praha), pa je bil dosežen povprečni pridelek 6,8 t/ha. Majhen pridelek je bil po vsej verjetnosti izmerjen zaradi večjega delež proda na tem obravnavanju in posledično slabši zadrževalni sposobnosti za vodo v sušnem letu 2012.

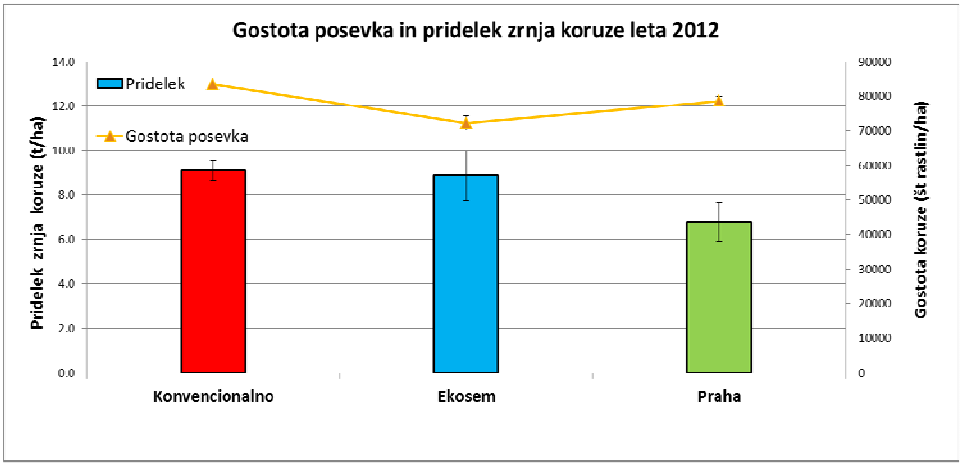
Preglednica 2: Analiza variance vpliva pridelovalnega sistema (tehnologije) na gostoto posevka in pridelek suhega zrnja koruze v letih med 2012 in 2014

Leto	Dejavnik	Parameter	F-statistika	P-vrednost
2012	pridelovalni sistem	gostota posevka	9,99	0,0023 **
2012	pridelovalni sistem	pridelek zrnja	1,48	0,0949
2014	pridelovalni sistem	višina rastlin	25,44	0,0000 ***
2014	pridelovalni sistem	pridelek zrnja	1,61	1.61

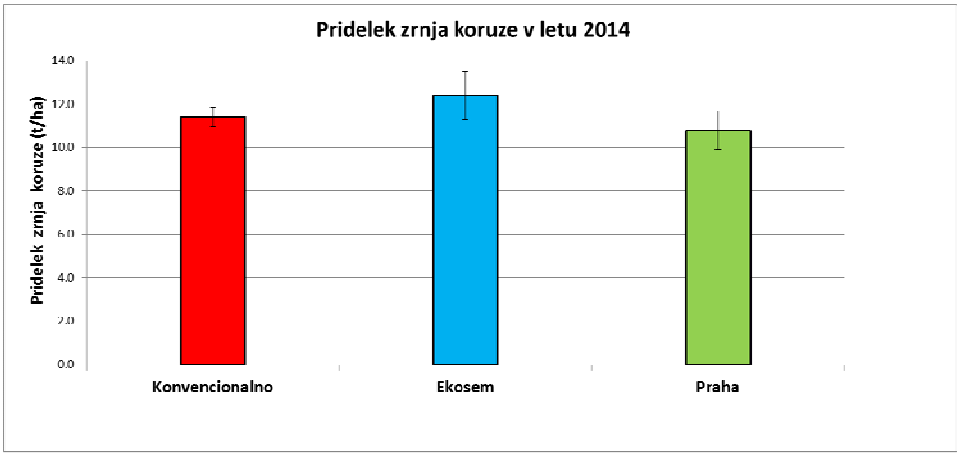
Rezultat enosmerne ANOVE; Signifikanca *** (P<0,001), ** (P<0,01), * (P<0,05)

V letu 2014 med obravnavanji ni bilo ugotovljenih razlik v vzniku koruze (podatki niso prikazani). Po setvi se je koruza zelo dobro razvijala na vseh obravnavanjih (dosevkih), morebitne razlike v razvoju smo poskušali določiti z meritvami višine rastlin. Višino rastlin smo merili 12. junija 2014 v razvojni fazi BBCH 18, približno 55 dni po setvi. Ugotovili smo statistično značilne razlike v višini rastlin (P<0,001; preglednica 2), pri čemer so bile rastline,

kjer nismo posejali strniščnega dosevka (praha) za približno 10 cm nižje od koruze v konvencionalni in tračni tehnologiji pridelave.
Razlike v razvoju so se do neke mere pokazale tudi v povprečnih rezultatih pridelka suhega zrnja, vendar se pridelki statistično značilno niso razlikovali. Tako smo pri tračni pridelavi (Ekosem) izmerili povprečni pridelek 12,4 t/ha suhega zrnja koruze, pri konvencionalni pridelavi 11,4 t/ha in na obravnavanju prahe 10,8 t/ha (slika 2).



Slika 1: Gostota posevka in pridelek suhega zrnja koruze (14 % vlaga) pri različnih sistemih pridelave v letu 2012



Slika 2: Pridelek suhega zrnja koruze (14 % vlaga) pri različnih sistemih pridelave v letu 2014

Dobre rezultate pridelka koruze v tračni (Ekosem) tehnologiji pripisujemo predvsem pravočasnemu uničenju dosevkov z neselektivnim herbicidom in dobri preskrbljenosti z vlago v letu 2014. O pomenu pravočasne desikacije ozimnih strniščnih dosevkov poročata tudi Stipešević in Kladivko (2005), ki sta ugotovila, da je zgodnje uničenje prezimnega posevka 3-4 tedne pred setvijo pozitivno vplivalo na razvoj koruze v primerjavi z uničenjem tik pred setvijo, še posebej v letih, ko je sledilo obdobje pomanjkanja vlage.

4 Sklepi

Na podlagi rezultatov poljskih poskusov med letoma 2012 in 2014 in primerjave različnih tehnologij obdelave tal in sistemov pridelave koruze lahko zaključimo:

- v sistemu tračne obdelave in neposredne setve koruze ima pomembno vlogo pravočasna setev in izbira primernega strniščnega dosevka, s katerim želimo doseči zadostno pokrovnost medvrstnega prostora. V primeru neposredne setve v prezimne dosevke moramo pred setvijo koruze poskrbeti za pravočasno uničenje dosevka in onemogočiti njegovo konkurenčnost v začetni fazi rasti in razvoja koruze,
- tračna obdelava tal (strip- till) ni negativno vplivala na delež vzniklih rastlin, kakor tudi ne na mladostni razvoj koruze v primerjavi s konvencionalno pridelavo,
- pridelki suhega zrnja v tračnem sistemu obdelave tal in setvijo v obdelane pasove so bili primerljivi s konvencionalno pridelavo, zato predstavlja ta tehnologija alternativno možnost v proizvodnji koruze.

Zahvala

Raziskava je bila financirana v okviru projekta CRP V4-1130 Preučevanje okolju prijaznih tehnologij pridelovanja koruze in zatiranja plevela, za kar se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Prav tako velja zahvala vsem sodelavcem in tehničnemu osebju Kmetijskega inštituta Slovenije za pomoč pri izvedbi poskusov.

5 Literatura

De Baets, S., Poesen, J.J., Meersmans, J.J., Serlet, L.L. 2011. Cover crops and their erosion-reducing effects during concentrated flow erosion. Catena, 85: 237-244

Cigüt, Š. 2009. Možnosti različnih alternativnih metod obdelovanja tal pri pridelovanju koruze (Zea mays L.) za zrnje. Dipl. delo, Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 35-40

Constantin, J., Mary, B., Laurent, F., Aubrion, G., Fontaine, A., Kerveillant, P. and Beaudoin, N. 2010. Effects of catch crops, no till and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching and balance in three long-term experiments. Agricultural Ecosystem of Environment, 135: 268-278

Ding, G.W., Liu, X., Herbert, S.S., Novak, J.J., Amarasiriwardena, D.D., Xing, B.S. 2006. Effect of cover crop management on soil organic matter. Geoderma, 130: 229-239

Halbrendt, J.M. 1996. Allelopathy in the management of plant-parasitic nematodes. Journal of Nematology, 28: 8-14

Hansen, E.M., Djurhuus, J. 1997. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. Soil Tillage Research, 41: 203–219

Hooker, K.V., Coxon, C.E., Hackett, R.R., Kirwan, L.E., O'Keeffe, E.E., Richards, K.G. 2008. Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. Journal of Environmental Quality, 37: 138-145

Kaučič, K. 2009. Vpliv sistema direktne setve koruze (*Zea mays* L.) na uspešnost zatiranja plevelov. Diplomsko delo, Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 15-25

Kramberger, B., Gselman, A., Janzekovic, M., Kaligaric, M., Bracko, B. 2009. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. European Journal of Agronomy, 31: 103-109

Lewan, E. 1994. Effects of a catch crop on leaching of nitrogen from a sandy soil: Simulations and measurements. Plant and Soil, 166: 137-152

Martinez, J., Guiraud, G. 1990. A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. Europena Journal of Soil Science,41: 5-16

Myrbeck, Å., Stenberg, M., Arvidsson, J., Rydberg, T. 2012. Effects of autumn tillage of clay soil on mineral N content, spring cereal yield and soil structure over time. European Journal of Agronomy 37, 1: 96-104

Mohler, C.L. 1991. Effect of tillage and mulch on weed biomass and sweet corn yield. Weed Technology, 5: 545-552

Moore, M.J., Gillespie T. J., Swanton C. J. 1994. Effect of cover crop mulches on weed emergence, weed biomass, and soybean (Glycine max) development. Weed Technology, 8: 512-518

Parlak, M., Parlak, A.Ö. 2010. Measurement of splash erosion in different cover crops. Turkish Journal of Field Crops 15, 169-173

Podgornik M., Pintar M. 2007. Causes of nitrate leaching from agriculture land in Slovenia . Acta agriculturae Slovenica, 89 (1): 207-220

Stenberg, M., Aronsson, H., Linden, B., Rydberg, T., Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in osil tillage systems combined with a catch crop. Soil and Tillage Research, 50: 115-12

Stipešević, B., E.J. Kladivko. 2005. Effects of winter wheat cover crop desiccation times on soil moisture, temperature and early maize growth. Plant Soil and Environment, 51(6): 255–261

Sušin J., Vrščaj B., Bergant J. 2008. Nitrati v podzemni vodi in kmetijstvo. V: kazalci okolja v Sloveniji. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=95 (10.12. 2014)

Swanton, C.J , Weise, S.F. 1991. Integrated weed management in Ontario: the rationale and approach. Weed Technology, 5: 657- 663

Štangelj A. 2009. Ocena izpiranja izbranih herbicidov na obrečnih tleh apaške doline posejane s koruzo. Diplomsko delo, Ljubljana Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 20-30

Thill, D.C., Lish, J.M., Callihan, R.H., Bechinski, E.J. 1991. Integrated weed management—a component of integrated pest management: a critical review. Weed Technology, 5: 648-656

Tonitto, C., David, M.B., Drinkwater, L.E., 2006. Replacing bare fallow with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: a meta-analysis of crop yield and N dynamics. Agric. Ecosyst. Environ., 11, 58–72

Villamil, M.B., G.A. Bollero, R.G. Darmody, F.W. Simmons, Bullock D.G. 2006. No-till corn/soybean systems including winter cover crops: Effects on soil properties. Soil Science Society of America Journal, 70: 1936-1944

Wyland, L.J., Jackson, L.E., Chaney, W.E., Klonsky, K., Koike, S.T., Kimple, B. 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impact on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. Agricultural Ecosystem of Environment, 59: 1-17

Posebnosti pridelave visokega navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) na hmeljiščih v premeni

Darja KOCJAN AČKO[18]

Izvleček
Za ugotovitev posebnosti pridelave visokega navadnega fižola (*Phaseolus vulgaris* L.) na hmeljiščih v premeni v Spodnji Savinjski dolini smo v letu 2013 anketirali 30 pridelovalcev visokega fižola, ki so tudi hmeljarji in živinorejci. Vsi anketiranci tradicionalno pridelujejo visoki fižol, in sicer lokalno uveljavljeno sorto Semenarna 22 po domače »savinjski sivček«. Večina (85 %) ga sadi prvo leto premene v kolobar, v katerem prevladujejo krmne poljščine, zlasti koruza in ozimni ječmen. Ker je bil hmelj pognojen s hlevskim gnojem, mineralnih gnojil, zlasti dušikovih skoraj ne dodajajo. Na sadilno mesto ročno posejejo 8 do 10 semen, ki so v vrsti oddaljena od 50 do 70 cm, razdalja med vrstami pa je 240 cm. Od vsakega sadilnega mesta do vrha šestmetrske žičnice napeljejo polimerno vrvico enako kot za hmelj. Zapleveljenost fižola zmanjšujejo z okopavanjem in enim do dvema osipavanjema. Spravilo visokega fižola poteka oktobra z rezanjem vrvic s fižolovko, zrnje iz suhega stročja pa na dveh tretjinah kmetij izluščijo s traktorjem ali mlatilnico, na preostalih pa ročno. Navadno zmanjka »sivčka« že pred novo setvijo, ki je vsako leto na začetku maja, zato bi kazalo obseg pridelave povečati, pri čemer so za velik in kakovosten pridelek zrnja ključnega pomena dosledno izvedeni agrotehnični ukrepi.
Ključne besede: *Phaseolus vulgaris*, sorta Semenarna 22, premena v hmeljiščih, pridelava visokega fižola, anketa pridelovalcem

Features of high common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production on hop gardens in strands

Abstract
To find out the specificity of high common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production on the hop gardens in the strands in the Spodnja Savinjska dolina 30 bean producers, who are also hop growers and cattle-breeders were surveyed in 2013. All respondents traditionally produce high bean, namely locally enforced variety Semenarna 22 domestically »savinjski sivček«. The majority of them (85 %) plant it in the first year of the strands in the crop rotation with dominated fodder crops, especially maize and winter barley. Since the hop was fertilized with manure, the mineral fertilizers, especially nitrogen they hardly add. They sow from 8 to 10 seeds per planting place by hand in 50 to 70 cm raw distance, the between row distance is 240 cm. Like for the hop, from each planting place to the top of a six-meter's cableway the polymer twine is installed. Weeds are reduced mechanically by hoeing and one to two strewing. The high bean harvesting takes place in October with cutting of twines with bean straw. On the two-thirds of farms the grains are extracted from dry husks by a tractor or thresher, on the others by hand. The grain of »savinjski sivček« usually run out before the new seeding, which is held annually in early May. Therefore the production could be increased, but for the high and quality yield consistently accomplished agro-technical measures are important.
Key words: *Phaseolus vulgaris*, variety Semenarna 22, hop gardens in strands, high bean production, questionnaire to producers

[18] Doc. dr. , Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

1 Uvod

Navadni fižol (*Phaseolus vulgaris* L.) spada v botanično družino metuljnice (*Fabaceae*), po uporabi zrnja pa med najpomembnejše stročnice za prehrano ljudi, bodisi kot zeleno stročje, sveže in suho fižolovo zrnje (Martin in sod., 2006). Suho zrnje vsebuje okoli 20 do 25 % beljakovin, 55 do 60 % ogljikovih hidratov, 4,3 % vlaknin, 2 % maščob, minerale (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn), vitamine skupine B in vitamin E (Elzebroek in Koepf, 2008). Pri gojenju v vrtovih ali ob robovih njiv potrebuje dva do štiri metre visoko oporo (kole, palice, prekle, natiče, vrvice), po kateri se rastline ovijejo v nasprotni smeri urinega kazalca (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994). Naši predniki so pridelovali visoki fižol od 17. stoletja dalje tudi v vmesnih posevkih s koruzo kot oporo (Sadar, 1951), specializacija in industrializacija pridelave v drugi polovici 20. stoletja pa sta vzrok, da so sosevek koruze in fižola opustili.
Kmetje v Savinjski dolini, kjer že desetletja pridelujejo visoki fižol v času premene, to je med izkrčitvijo starega in zasaditvijo novega nasada hmelja (*Humulus lupulus* L.), uporabljajo za oporo polimerne vrvice, ki jih podobno kot za hmelj na višini 6 m privežejo na hmeljsko žičnico in zasidrajo v tla ob vsako sadilno mesto (Avšič, 1994; Černe, 1997, 2001). Prednost pridelave visokega fižola v premeni je hmeljska žičnica, ki je izkoriščena v času, ko na njivi ni hmelja, poleg tega pa lahko pričakujemo od pridelave visokega fižola pozitiven vpliv vretenastih korenin ter zračno vezanega dušika v koreninskih gomoljčkih na izboljšanje strukture in rodovitnosti tal (Kocjan Ačko in sod., 2005; Kocjan Ačko, 2010).
S pomočjo odgovorov anketirancev bomo predstavili posebnosti tehnologije pridelave visokega fižola na hmeljiščih v premeni v Savinjski dolini, kot so čas umeščanja fižola v premeno, gnojenje fižola (pred setvijo in v rastni dobi), čas in gostota setve (medvrstna razdalja in razdalja v vrsti, na kateri treba napeljati vrvico), vrste agrotehničnih ukrepov proti plevelom, boleznim in škodljivcem, uporaba namakanja in vrste namakalnih naprav, čas in načini spravila stročja, luščenje zrnja in načini trženja.

2 Material in metode dela

2.1 OPIS VISOKEGA FIŽOLA SORTE SEMENARNA 22

Sorto visokega fižola Semenarna 22 so v osemdesetih letih 20. stoletja požlahtnili v Semenarni Ljubljana, in sicer z odbiro populacije savinjskega sivčka, ki je bil že v preteklosti pomemben posevek na hmeljiščih v času premene ali opustitve pridelave hmelja. V Slovensko sortno listo je bila vpisana leta 1975 kot sorta Semenarna 22 (Ileršič in sod., 2001), ki pa je pridelovalcem in potrošnikom bolj znana pod imenom »savinjski sivček« ali kratko »sivček«. V pogovorih s pridelovalci v Savinjski dolini, prodajalci in kupci na tržnici BTC in na glavni tržnici v Ljubljani smo ugotovili, da ljudje originalnega imena sorte ne poznajo.
Osnovne značilnosti visokega fižola sorte Semenarna 22 so beli cvetovi, zeleni, nekoliko širši stroki dolžine 10 do 20 cm s približno 2 do 10 semeni bleščeče sive barve. Sorta Semenarna 22 je prilagojena na slovenske rastne razmere (Program razvoja …, 2006), glede višine rasti in rastne dobe pa ustreza pridelavi v visokih žičnicah na hmeljiščih v premeni. Spada med ohranjevalne sorte, ki so pomembne za lokalno pridelavo in kot genski vir pri žlahtnjenju novih slovenskih sort fižola (Šuštar-Vozlič in sod., 2012, 2013). Območje zaščite sorte je Spodnja Savinjska dolina, potencialni nosilci zaščite pa so Združenje pridelovalcev vrtnin celjske in koroške regije (Ljudje in zemlja, 2009).

2.2 VSEBINA ANKETE IN NAČIN ANKETIRANJA PRIDELOVALCEV VISOKEGA FIŽOLA

Pridelavo visokega fižola s poudarkom na tehnoloških vprašanjih smo preučili z anketami, v katerih je bilo 26 vprašanj odprtega in zaprtega tipa. Najprej smo jih vprašali o statusu kmetije, vrsti proizvodnih usmeritev na kmetiji, občinah, v katerih ležijo hmeljišča v premeni, velikosti njiv s fižolom in drugimi poljščinami na hmeljiščih v premeni. Sledila so vprašanja glede agrotehničnih postopkov in ukrepov pri pridelavi visokega fižola: leto, v katerem je bil visoki fižol umeščen v premeno, sestavo in trajanje premene, kdaj in kako so sejali visoki fižol, kolikšni sta bili medvrstna razdalja in razdalja med vodili v vrsti, kakšno je bilo temeljno gnojenje pred setvijo in dognojevanje v rastni dobi, čas in število okopavanj in osipavanj ter drugih ukrepov proti zapleveljenosti, vrste omejevanja in širjenja povzročiteljev bolezni in škodljivcev, možnosti namakanja visokega fižola in vrste namakalnih naprav, čas in način spravila, velikost pridelka zrnja, način trženja in mnenje o prodaji.

Anketo smo aprila 2013 poslali 30-im hmeljarjem, pridelovalcem visokega fižola na hmeljiščih v premeni. Nekatere anketirance (14) smo že leta 2008 spraševali o trajanju in sestavi premene (Rožič Plazovnik in sod., 2008; Kocjan Ačko, 2010), vključili pa smo še 16 novih. Maja 2013, ko smo dobili vrnjene vse ankete, smo odgovore pregledali, razvrstili v skupine in opisno analizirali.

3 Rezultati z diskusijo

Od 30-ih anketiranih gospodarjev kmetij smo izvedeli, da ima status čiste kmetije 15 kmetij, druga polovica je mešanih. Kljub pomanjkanju delovnih mest je čedalje več družinskih članov zaposlenih tudi zunaj kmetijstva, kot glavni vzrok pa navajajo preživetje kmetije. Na vseh 30-ih kmetijah se poleg hmeljarstva in poljedelstva ukvarjajo tudi z živinorejo. Pridelava poljščin na njivah v premeni je bila v zadnjih letih vse bolj pogosta, na vseh izbranih kmetijah pa so v premeni že pridelovali visoki fižol. Hmeljišča v premeni, na katerih pridelujejo visoki fižol, ležijo v občinah Vransko, Gomilsko, Braslovče in Žalec. Izračunali smo, da imajo anketiranci v lasti skupaj 950 ha zemljišč. Od tega je 350 ha hmeljišč, 295 ha njiv in vrtov, 120 ha travnikov in pašnikov, le 4 ha sadovnjakov in vinogradov ter 175 ha gozdov.

Vsi anketirani kmetje poznajo fitosanitarni pomen premene za nov nasad hmelja. V integrirani pridelavi, kamor so vključena vsa hmeljišča, je predpisana dveletna premena (IPP, 2014). Razmere na svetovnem trgu so bile vzrok, da se je površina z aktivnimi hmeljišči v Sloveniji v zadnjih letih zmanjševala. V primerjavi z obdobjem 2006 do 2010, ko je bilo še 1573 ha hmelja, so se površine v letih 2011 zmanjšale na 1376 ha, v letu 2012 so obsegale 1159 ha in v letu 2013 le še 1166 ha, povečevala pa se je premena. S podpisom pogodb s tujimi kupci v letu 2014 se kažejo hmelju boljši časi. Zaradi novih nasadov hmelja so se aktivna hmeljišča povečala za približno 10 %, to je za 1296 ha, 489 ha hmeljišč pa je še vedno v premeni (Statistični letopis, 2014).

V primerjavi s preteklostjo, ko je bil glavni vzrok za izkrčenje starost nasada (Rožič Plazovnik in sod., 2008), so skoraj vsi anketirani (90 %) navedli, da je bil v zadnjih letih glaven vzrok premene slaba prodaja pridelka hmelja na svetovnem trgu. Da bi izboljšali prodajo v času krize, so na sedmih kmetijah zamenjali sorto hmelja. Anketirani ugotavljajo, da so vse prevečkrat poleg običajne premene prisiljeni v karantensko premeno zaradi hmeljeve uvelosti (*Verticillium* sp.), in sicer na delih hmeljišč (v času anketiranja je bila karantenska premena na desetih hmeljiščih), kjer pa ne smejo pridelovati visokega fižola in drugih dvokaličnic. Nekateri anketiranci so imeli več hmeljišč v premeni, dolžina premene pa je bila različna, in sicer dve leti (15 odgovorov), tri leta (12 odgovorov), štiri leta (7 odgovorov), pet do šest let

(trije odgovori). V premeni je prevladovala koruza za silažo (30 odgovorov), sledili so ozimni ječmen (15 odgovorov), koruza za zrnje (10 odgovorov), ozimna pšenica (6 odgovorov), mnogocvetna ljuljka in zelje (po trije odgovori). Občasno so bile v premeni TDM, ozimna tritikala, ozimna rž, jari oves, sirek, buče, sončnice in oljna ogrščica. Čeprav se večina kmetovalcev zaveda posledic pridelave koruze za hmelj in druge poljščine v premeni, bodisi zaradi napada koruzne vešče in neugodnega vpliva na strukturo tal, se setvi koruze v premeni le stežka odpovejo, ker potrebujejo koruzo za krmljenje domačih živali.

Skoraj vsi anketirani (92 %) so sadili visoki fižol v prvem letu premene in v čistem posevku (84 %) na zemljišča velikosti od 0,4 do 1,2 ha. Povprečje na pridelovalca je bilo 0,9 ha. Vsi so pridelovali samo sorto 'Semenarna 22', ki jim je znana le pod imenom «savinjski sivček«.

Anketirani pridelovalci (82 %) so odgovorili, da ga sadijo od začetka do prve polovice maja, kar je skladno s priporočili za setev fižola v Sloveniji (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005; IPZ, 2014). Posejejo ga ročno, in sicer položijo na eno sadilno mesto ob vodilo od 8 do 10 semen na globino 2 do 5 cm. Skoraj vsi pridelovalci (27) ga sadijo na medvrstno razdaljo 240 cm, trije pa na 280 cm. Razdalja med sadilnimi mesti v vrsti je bila 50 cm pri 18 anketirancih, 70 do 100 cm pri desetih in od 120 do 140 cm pri dveh anketirancih. Pri vmesnem posevku s hmeljem so sadili fižol v vsako drugo vrsto, razdalje v vrsti pa so bile za polovico manjše kot v čistem posevku visokega fižola.

Ker gnojijo hmelj s hlevskim gnojem, je le polovica anketirancev izvedla temeljno gnojenje visokega fižola pred setvijo, pri čemer so uporabili bodisi uležan hlevski gnoj, gnojnico ali gnojevko. Na skoraj vseh kmetijah so uravnavali bilanco hranil ob setvi z mineralnim gnojilom NPK, dognojevanje z dušikom v rastni dobi pa so izvedli le na petih kmetijah.

Najpogostejši ukrep proti zapleveljenosti mladega nasada je bilo vsaj eno okopavanje v rastni dobi, s katerim so zrahljali območje korenin, uničili plevele in zdrobili skorjo. Pridelovalci osipavajo visoki fižol tako, da potegnejo zemljo k rastlinam. Na ta način je fižol varnejši pred vetrom, predvsem pa se prekrije in zaduši plevel (Friškovec, 2002). Na šestnajstih kmetijah so osipavali dvakrat, štirinajst anketirancev je osipavalo visok fižol samo enkrat. Na petih kmetijah so uporabili v pridelavi visokega fižola enega od registriranih herbicidov.

Na dobri polovici kmetij (18) so opazili večje okužbe s fižolovo rjo, pojav fižolove pegavosti so zabeležili na devetih kmetijah. Manj razširjeni bolezni sta bili bela plesen in bakterijska pegavost, ki so ju navedli po trije anketiranci. Več kot dve tretjini anketirancev uporabljata občasno in po potrebi fungicide, vsi pa menijo, da je uvrstitev fižola takoj po izkrčitvi hmelja (1. leto premene) biotsko in fitosanitarno najustreznejša. Od škodljivcev so največkrat opazili fižolovo uš (na 14 kmetijah) in fižolove pršice (na 10 kmetijah), fižolarja pa so kot pomembnega škodljivca navedli na 15 kmetijah. Proti škodljivcem v nasadu uporabljajo insekticide (polovica vprašanih), druge agrotehnične ukrepe, kot je setev visokega fižola med hmeljem pa pet pridelovalcev.

Poleti, ko nastopijo visoke temperature in se začno daljša sušna obdobja, se več kot polovica pridelovalcev (19) redno odloči za namakanje visokega fižola, saj imajo na njivah premične in kapljične namakalne sisteme.

Spravilo visokega fižola v Spodnji Savinjski dolini poteka od oktobra do novembra. Najprej suho stročje visokega fižola skupaj fižolovino snamejo z žičnice, potem pa ga izluščijo; na dveh tretjinah kmetij so izluščili zrnje s traktorjem ali mlatilnico, na preostalih pa ročno. Če so ugodne rastne razmere pridelajo od 2 do 3 tone zrnja na hektar, kar je enkrat več kot v sušnih letih z vročinskimi obdobji. Ker je povpraševanje kupcev po »sivčku« večje od ponudbe, se zdi pridelovalcem, da je cena dobra. Polovica anketirancev ima sklenjeno dolgoletno pogodbo ali ustni dogovor s prodajalci, drugi, ki pogodbe nimajo, prodajajo fižol na domači kmetiji, na živilskih tržnicah ali s pomočjo oglasov na spletu, vse več pa jih dostavlja na dom.

Večina anketirancev iz Spodnje Savinjske doline (28) je odgovorila, da kupci povprašujejo samo po sivčku, zato ne razmišljajo o iskanju in uvajanju drugih sort visokega fižola, ki bi jih gojili na hmeljiščih v premeni.

4 Sklepi

Anketirani pridelovalci visokega fižola sorte Semenarna 22 se zavedajo, da je za velik pridelek in dobro kakovost zrnja potrebno povezati rastne razmere s pravilno umestitvijo visokega fižola v kolobar v času premene (1. leto premene) in upoštevati posebnosti tehnologije pridelave visokega fižola pri gnojenju, setvi, okopavanju in osipavanju, namakanju v času suše in pri spravilu. Menimo, da se vsi našteti ukrepi z doslednim izpopolnjevanjem strokovnega znanja lahko izvedejo še boljše.
Ker so generacije Slovencev navajene videza in okusa »sivčk«, moramo tudi v prihodnje zagotoviti, da bodo lokalno uveljavljene sorte kmetijskih rastlin, kot je fižol »sivček« ostale na krožnikih slovenskih potrošnikov. Pri načrtovanju pridelave visokega fižola sivčka na hmeljiščih v premeni bi lahko zasnovali nove tržne izdelke iz fižola. Z njimi bi predstavljali Savinjsko dolino, kar lahko prinese nove možnosti za delo in zaslužek.

Zahvala
Zahvaljujem se hmeljarjema diplomirani inženirki živinoreje Mateji Rožič in njenemu očetu Antonu Rožiču za prijazna pojasnila okoli pridelave visokega fižola, zlasti pri oblikovanju anketnih vprašanj.

5 Literatura

Černe, M. 1997. Stročnice. ČZD Kmečki glas, Ljubljana: 25-45

Černe, M. 2001. Pridelovanje visokega in turškega fižola. V prilogi: Fižol in grah. Sodobno kmetijstvo, ČZD Kmečki glas, Ljubljana: 388-390

Elzebroek, A.T.G., Wind, K. 2008. Phaseolus Beans. V: Guide to cultivated plants. Wallingford, CABI: 244-249

Friškovec, I. 2002. Obdelava tal v rastnem obdobju. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D. (ur.). Žalec, IHPS: 165-167

Ileršič, J., Černe, M., Škof, M. 2001. Sortna lista fižola in graha. V prilogi: Fižol in grah. Sodobno kmetijstvo, ČZD Kmečki glas, Ljubljana: 383-385

Kocjan Ačko, D., Tolar, Š., Šantavec, I. 2005. Stročnice v kolobarju slovenskih ekoloških kmetij. Acta agriculturae Slovenica, 85(1): 125-134

Kocjan Ačko, D. 2010. Hop fields in crop rotation. Acta agric. Slov., 99(1): 347-353

Kocjan Ačko, D., Šantavec, I. 2010. Crop rotation on arable and livestock farms in Slovenia = Kolobar na poljedelsko-živinorejskih kmetijah v Sloveniji. Acta agric. Slov., 95(3): 245-251

Martin, J.H., Waldren, R.P., Stamp, D.L. 2006. Field Beans. V: Principles of field crop production. Pearson New Jersey, Prentice Hall, Columbus, Ohio: 641-655

Osvald, J., Kogoj-Osvald, M. 1994. Pridelovanje zelenjave na vrtu. Kmečki glas, Ljubljana: 419 str.

Osvald, J., Kogoj-Osvald, M. 2005. Vrtnarstvo. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 591 str.

Program razvoja podeželja Republike Slovenije: obdobje 2007-2013. Seznam, opis, avtohtonih in tradicionalnih sort kmetijskih rastlin. Priloga 9: Opis avtohtonih in tradicionalnih sort kmetijskih rastlin. http://www.mkgp.gov.si/si/o_ministrstvu/direktorati/direktorat_za_kmetijstvo/starasektor_za_sonaravno_kmetijstvo/oddelek_za_kmetijstvo_in_okolje/kmetijsko_okoljska_placila/pridelava_avtohtonih_in_tradicionalnih_sort_kmetijskih_rastlin/

Rožič Plazovnik, M., Šantavec, I., Kocjan Ačko, D. 2008. Premena v hmeljiščih. V: Tajnšek, A. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2008: zbornik simpozija, Rogaška Slatina, 4. in 5. december 2008. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 68-73

Ljudje in zemlja. Oddaja RTV SLO1, 18.10.2009. http://www.rtvslo.si/odprtikop/ljudje_in_zemlja/18-10-2009/

Statistični urad RS. Pridelava poljščin (ha, t, t/ha). http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/15_kmetijstvo_ribistvo/04_rastlinska_pridelava/01_15024_pridelki_povrsina/01_15024_pridelki_povrsina.asp (12. okt. 2014)

Šuštar Vozlič, J. , Maras, M., Zadražnik, T., Kidrič, M., Razinger, J., Kozjak, P., Meglič, V. 2013. Raziskave sušnega stresa pri navadnem fižolu (*Phaseolus vulgaris* L.). V: Čeh B. (ur.), Dolničar P. (ur.), Mihelič R. (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2013 : zbornik simpozija, Zreče, [24. in 25. januar] 2013. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 86-92

Šuštar Vozlič, J., Maras, M., Munda, A., Zadražnik, T., Meglič, V. 2012. Raznolikost fižola v zbirki Kmetijskega inštituta Slovenije = Variability of common bean accessions in the gene bank of Agricultural institute of Slovenia. Acta agric. Slov., 99, 3: 399-411. http://aas.bf.uni-lj.si/december2012/15Sustar-Vozlic.pdf.

Vpliv gostote setve na pridelek zrnja bele lupine

Igor ŠANTAVEC[19], Darja KOCJAN AČKO[20]

Izvleček
Na Biotehniški fakulteti v Ljubljani smo v letih 2011 do 2013 izvedli na eksperimentalnem polju (srednje globoka, meljasto-glinasta, hidromeliorirana tla) poljske poskuse z domačo populacijo bele lupine (DPBL) (*Lupinus albus* L.) pri pridelavi enaki ekološki. Preučili smo vpliv ožje (12,5 cm) in širše (25 cm) medvrstne razdalje (MRV) pri treh gostotah strnjene setve (65, 75 in 85 kalivih semen/m^2) na pridelek in absolutno maso zrnja. Vremenske razmere so bile izrazito spremenljive (vročinski valovi s sušo, deževje). Povprečni pridelek zrnja treh let je bil 3,7 t/ha. Na pridelek zrnja sta vplivali rastna sezona in medvrstna razdalja setve; gostota setve ni imela vpliva. Za zasnovo posevka DPBL na osnovi rezultatov poskusa priporočamo strnjeno setev z okoli 75 semeni/m^2 pri MVR 25 cm. DPBL je dobro prilagojena težjim tlem in spremenljivim vremenskim razmeram. Z raziskavo bomo nadaljevali. DPBL nameravamo v prihodnje primerjati z novejšimi sortami iz Skupnega kataloga sort EU, preverili pa bomo tudi vsebnost alkaloidov v zrnju.
Ključne besede: bela lupina, *Lupinus albus*, poljski poskusi, medvrstna razdalja, gostota setve, pridelek zrnja

Influence of sowing density on grain yield of white lupine

Abstract
On the experimental field of Biotechnical Faculty in Ljubljana a field trial with Slovenian population of white lupine (SPWL) (*Lupinus albus* L.) has been conducted between 2011 and 2013. Soil is medium deep, silty clay texture, field has drainage system. Crop production was similar to ecological. Influence of row spacing (12.5 vs 25 cm) on grain yield and thousand grain weight for three sowing densities (65, 75 and 85 germinating seeds/m^2) have been evaluated. Weather conditions have been exceptionally changeable (heat waves with dry conditions, extreme quantity of precipitation). Average grain yield was 3.7 t/ha. Vegetation period and row spacing influenced grain yield, whereas no correlation between grain yield and sowing density has been determined. For SPWL crop establishment sowing density of 75 seeds/m^2 with row spacing of 25 cm is recommended. SPWL is suitable for heavier soils and changeable weather conditions, and merits further study. In the future SPWL will be compared with new varieties from Common EU catalogue for agriculture plant species, and evaluated the alkaloid content.
Key words: white lupine, *Lupinus albus*, field trials, row spacing, sowing density, grain yield

1 Uvod

Bela lupina ali beli volčji bob (*Lupinus albus* L.) skupaj z modro lupino ali ozkolistnim volčjim bobom (*Lupinus angustifolius* L.) in rumeno lupino (*Lupinus luteus* L.) spadajo v skupino lupin Starega sveta (Gladstones, 1998). Skupaj z vrsto *Lupinus mutabilis* Sweet, ki izvira iz Andov in jo imenujejo tudi tarwi (Liberei in Reisdorff, 2012), predstavljajo večino površin pod lupinami, kot jih navaja FAO v svoji bazi statističnih podatkov o pridelavi poljščin (Faostat, 2014).
Bela lupina izvira iz Grčije, kjer še zdaj uspeva samonikla varieteta *L. a.* var. *graecus* (Boiss. & Spruner) Gladst.. Njena gojena varieteta *L. a.* var. *albus* je bila že v antiki razširjena po

[19] Dr., asistent, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si
[20] Doc. dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si

celotnem Sredozemlju in v dolini Nila. Rimljani so jo uporabljali za izboljšanje rodovitnosti tal, kot podorino in tudi za zrnje. Svoje ime volčji bob je pri Rimljanih dobila zaradi uspevanja na hribovitih naravnih rastiščih na slabo rodovitnih tleh. Grenčine v zrnju (vsebnost alkaloidov) so lupino obvarovale pred insekti in rastlinojedci. Stari Grki so jo imenovali »thermos«, kar pomeni vroč in opozarja na njeno grenkost. Kljub temu pa so jo že v antiki uporabljali za prehrano ljudi. Zrnje so skuhali in ga nekaj dni namakali v vodi, da je izgubilo grenak okus in alkaloide (Gladstones, 1998). Zrnje grenke bele lupine naj bi vsebovalo 0,35 do 3,25 % alkaloidov, sladke lupine pa precej manj to je od 0,001 do 0,061 % (Schuster, 1998). Delež alkaloidov je lahko tudi do 6 % (Geisler, 1991). Römer (2007) navaja, da je zrnje varno za krmo domačih živali, če vsebuje manj kot 0,05 % alkaloidov. Zrnje in rastline bele lupine lahko vsebujejo naslednje alkaloide: albin, angustifolin, lupanin in spartein (Aniszewski, 2007). Prve sorte sladkih belih lupin so bile Pflugs Gela in Pflugs Ultra požlahtnjene v zahodni Nemčiji in sorta Neutra v vzhodni Nemčiji (Cowling in sod., 1998). Med zrnatimi stročnicami imajo lupine v zrnju v povprečju največ beljakovin (40 do 50 %), visok delež maščob (5 do 6 %) in vlaknin (okoli 13 %) (Šuput, 1986). Aufhammer (1998) navaja, da zrnje bele lupine vsebuje v povprečju 36,7 % surovih beljakovin, 11,5 % surovih maščob in 9,8 % surovih vlaknin. Vzrok za velik delež surovih vlaknin je debela semenska lupina. Energetska vrednost zrnja lupine je v povprečju 19 MJ kg^{-1} (Petterson, 1998). Bela lupina v simbiozi z bakterijami *Bradyrhizobium* sp. fiksira od 147 do 400 kg N ha^{-1}, kar predstavlja 44 do 80 % celotnega letnega odvzema dušika s posevkom (Howieson in sod., 1998). Lupine imajo tudi zelo močan in globok koreninski sistem, ki lahko doseže globino 2 m (Šuput, 1986). Večino koreninskega sistema predstavlja močna glavna korenina, ki je slabo razvejana (Aufhammer, 1998), hkrati pa korenski sistem tudi zelo dobro sprejema močneje vezan fosfor iz tal (Diepenbrock in sod., 1999). Zato imajo lupine tudi zelo veliko meliorativno in s tem predposevno vrednost.

V prispevku je predstavljena pridelava lupine v svetu in Evropski uniji. Spremljanja pridelave lupine s strani Statističnega urada Republike Slovenije pri nas še nimamo (Statistični urad …, 2014), čeprav so jo na območju Slovenije v preteklosti pridelovali na manjših površinah (Šuput, 1986). Predstavljen bo trenutni sortiment bele lupine iz Skupnega kataloga sort poljščin Evropske unije. Z analizo triletnega poljskega poskusa z domačo populacijo bele lupine na Biotehniški fakulteti bomo dali priporočilo za setev pri ustrezni gostoti in medvrstni razdalji.

2 Materiali in metode

2.1 PREDSTAVITEV PRIDELAVE LUPIN IN SORTIMENT BELE LUPINE

Razširjenost pridelave lupin in hektarske pridelke v svetu in Evropski uniji smo analizirali s pomočjo statističnih podatkov, ki jih zbira in ureja FAO in so na voljo na spletu (FAOSTAT, 2014). Podatke smo razvrstili in jih uredili v ustrezne preglednice. Za površine pod lupino in hektarske pridelke smo za zadnjih 10 let (2004-2013) izračunali trenda in jih primerjali s sojo, v svetu najbolj razširjeno zrnato stročnico.

S pomočjo baze podatkov (Plant variety …, 2014), kjer so zbrani podatki o trenutno registriranih sortah poljščin v Skupnem katalogu sort EU, smo pregledali trenutni sortiment sort bele lupine in naredili izbor sort, ki bi jih pri nas upravičeno preizkusili in primerjali z domačo populacijo bele lupine.

2.2 POLJSKI POSKUSI Z BELO LUPINO

V letih 2011, 2012 in 2013 smo na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani izvedli poljske poskuse z domačo populacijo bele lupine, ki smo jo skozi leta ohranili kot

zapuščino prof. dr. Jožeta Spanringa. Poskus smo izvedli v bločni zasnovi z dvema faktorjema in s tremi ponovitvami. Preučevali smo vpliv ožje (12,5 cm) in širše (25 cm) medvrstne razdalje pri strnjeni setvi na pridelek zrnja bele lupine in na njegovo absolutno maso. Drugi faktor v poskusu je bila gostota setve, in sicer 65, 75 in 85 kalivih semen/m^2. Vsako leto pred setvijo poskusa smo ugotovili absolutno maso, kalivost in čistoto semena, da smo lahko izračunali setveno količino (kg/ha).

Predposevek v kolobarju je bila v prvih dveh letih ozimna pšenica, v tretjem letu pa krompir. Tla na eksperimentalnem polju so srednje globoka, meljasto-glinasta (MG), psevdoglejna in meliorirana. Na teh tleh ob močnejšem deževju zastaja voda. Na globini od 0 do 30 cm je približno 4,5 % organske snovi, preskrbljenost s fosforjem in kalijem pa je optimalna (analizirano po AL metodi) in uvrščena v C razred. Njivo za postavitev posameznega poskusa smo jeseni preorali in jo pred setvijo poskusa dopolnilno obdelali z vrtavkasto brano do globine 5 cm. Poskuse smo posejali s parcelno sejalnico za strnjeno setev proizvajalca Wintersteiger. Dolžina parcelice je bila 4,9 m, širina pa 1 m pri medvrstni razdalji 25 cm in 1,125 m pri medvrstni razdalji 12,5 cm. Setev smo opravili 20. 4. 2011, 19. 4. 2012 in 18. 4. 2013. Pridelava bele lupine je bila enaka ekološki, saj nismo uporabili nobenih sintetičnih mineralnih gnojil in fitofarmacevtskih sredstev. Spravilo poskusov (22. 8. 2011, 13. 8. 2012 in 3. 9. 2013) smo opravili ročno z rezanjem strokov, ki smo jih nato omlatili na stacionarni poskusni mlatilnici. Zrnje smo očistili in izmerili vlago po metodi ISTA (International Seed Testing Association) (Internationale Vorschriften …, 1999). Pridelke zrnja lupine smo preračunali na hektar pri 13-odstotni vlažnosti. Absolutno maso zrnja smo določili po standardni metodi, kot jo predpisuje ISTA.

Podatke poskusa smo obdelali s pomočjo programa Microsoft Excel. Za vsako posamezno leto smo opravili statistično analizo za pridelek in absolutno maso zrnja bele lupine s programom Statgraphic plus. Ker so bile variance ostankov po posameznih letih homogene, smo opravili skupno analizo podatkov vseh treh let na način, kot jo navaja Vasilij (2000). Razlike med obravnavanji smo preverili z Duncanovim testom ($p \leq 0,05$).

Preglednica 1: Povprečne mesečne temperature in mesečna vsota padavin v letih 2011, 2012 in 2013 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem 1971-2000 v Ljubljani (ARSO, 2014)

Leto/	Povp. mesečna temperatura (˚C)					Mesečna vsota padavin (mm)				
obdobje	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.
2011	13,5	17,0	20,0	21,1	22,8	38	98	145	157	43
2012	11,4	16,1	21,3	22,7	23,3	128	124	130	113	66
2013	12,4	14,8	19,8	23,5	22,5	91	210	105	22	105
1981-2010	10,8	15,8	19,1	21,3	20,6	99	109	144	115	137

Vremenske razmere v rastni dobi bele lupine (povprečne dnevne temperature in količine padavin od aprila do avgusta) v letih 2011, 2012 in 2013 smo primerjali s povprečnimi mesečnimi temperaturami in padavinami v 30-letnem obdobju od leta 1981 do leta 2010. Iz preglednice 1 je razvidno, da je bil maj v letu 2011 za 1 °C toplejši, v tretjem letu poskusa pa za 1 °C hladnejši od dolgoletnega povprečja. Junijska povprečna temperatura je bila v letu 2012 za 2 °C višja od povprečja v prvem in tretjem letu poskusa pa za okoli 1 °C. Julijske temperature v letu 2012 so bile za 1,5 °C, v letu 2010 in 2013 pa je bil julij za več kot 2 °C toplejši od 30-letnega povprečja. V vseh treh letih je bila povprečna temperatura v avgustu za vsaj 2 °C višja od 30-letnega povprečja. V treh mesecih intenzivne rasti bele lupine (maj, junij, julij) je bila količina padavin v letu 2012 na ravni 30-letnega povprečja, v letu 2011 je padlo 30 mm več padavin in v letu 2013 30 mm manj padavin. Padavinski režim leta 2013 je

bil zelo specifičen, saj je bil maj izrazito vlažen (92 % več padavin od povprečja), julij pa zelo suh (19 % padavin v primerjavi z dolgoletnim povprečjem). V tem letu je bil tudi avgust najbolj deževen med vsemi tremi leti, vendar je padlo le tri četrtine povprečne količine padavin.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 RAZŠIRJENOST PRIDELAVE LUPINE IN SORTE

V povprečju je bila v zadnjih desetih letih (2004-2013) lupina v svetu na 873 tisoč hektarjih zemljišč, kar je slaba desetina zemljišč s sojo (99 mio ha). Ob tem je zelo težko oceniti, koliko te površine pripada beli lupini, saj FAO spremlja vse vrste lupin skupaj (FAOSTAT, 2014). S pomočjo linearne regresijske analize smo ugotovili, da se je v teh zadnjih desetih letih površina z lupinami vsako leto zmanjšala za dobrih 29000 ha (p=0,06, R^2 = 39 %). Sočasno pa se je površina s sojo v svetu letno povečala za 2,1 mio ha (p=0,0001 R^2 = 87 %). Povprečen hektarski pridelek zrnja lupine je bil v tem obdobju 1,2 t/ha in je bil med leti zelo različen (od 0,8 do 1,6 t/ha). Regresijska analiza kaže, da so v zadnjem desetletju hektarski pridelki lupine konstantni. V svetu so bili v tem obdobju konstanti tudi hektarski pridelki soje, ki pa so v povprečju enkrat večji od pridelkov lupine (2,4 t/ha).

Največja pridelovalka lupine na svetu je Avstralija, kjer je bila lupina v zadnjih petih letih na skoraj 600 tisoč hektarjih njiv (preglednica 2), kar predstavlja okoli 75 % celotne svetovne površine pod to poljščino. Po navedbi Frencha in sod. (2008) prevladuje v Avstraliji pridelava vrste *Lupinus angustifolius* L., saj je s to vrsto posejanih okoli 95 % njiv. Glavno pridelovalno območje lupine je jugozahodna Avstralija.

Preglednica 2: Povprečna požeta površina in hektarski pridelek lupin v zadnjem petletnem obdobju (2009-2013) (Faostat, 2014)

Država	Požeta površina [ha]	Pridelek [t/ha]
Avstralija	594022	1,2
Poljska	55472	1,6
Ukrajina	24540	1,7
Belorusija	23548	1,9
Čile	20900	1,9
Nemčija	20052	1,5
Rusija	15132	1,3
Južna Afrika	11695	1,5
Peru	9527	1,2
Litva	7160	0,9

Preglednica 3: Države z največjim povprečnim hektarskim pridelkom zrnja lupine na svetu, v zadnjem petletnem obdobju (2009-2013) (Faostat, 2014)

Država	Pridelek [t/ha]	Požeta površina [ha]
Švica	3,2	56
Francija	2,4	3718
Grčija	2,4	138
Slovaška	2,3	63
Avstrija	2,3	147
Libanon	2,2	54
Egipt	2,0	1296
Čile	1,9	20900
Belorusija	1,9	23548
Ukrajina	1,7	24540

V Evropski uniji je pridelava lupine najbolj razširjena na Poljskem, v Nemčiji in Litvi (preglednica 2). Iz sortimenta v Skupnem katalogu sort EU (Plant variety …, 2014) sklepamo, da v teh državah prav tako prevladuje pridelava modre in rumene lupine. Ugotovljeno je, da ti dve vrsti boljše uspevata v hladnejših območjih, pridelava bele lupine pa je zaradi daljše rastne dobe vezana na toplejša območja z večjo rodovitnostjo tal (Römer, 2007). To potrjujejo tudi francoska navodila za pridelavo lupine (Arvalis, 2010) kjer je navedeno, da je pridelava modre lupine najbolj razširjena v Nemčiji in na Poljskem, v vzhodni Evropi pa prevladuje rumena lupina. V Čilu je v pridelavi v glavnem bela lupina (von Baer in sod., 2009).

Največji povprečni pridelek zrnja lupine je v zadnji 5-ih letih (2009-2013) imela Švica, sledita Francija in Grčija (preglednica 3). V letu 2014 sta bili za pridelavo v Švici priporočeni sorta bele lupine Amiga in modre lupine Borlu (Swiss Granum, 2014).
V skupnem katalogu sort EU (Plant variety …, 2014) je trenutno registriranih 20 sort bele lupine. Največ sort izvira iz Francije, in sicer: Amiga, Arthur, Energy, Magnus in Orus. V skupnem katalogu so tudi tri madžarske sorte (Balkányi 23, Nelly in Vajai 1). V Veliki Britaniji sta registrirani sorti Dieta in Volos, na Poljskem Boros in Butan, na Češkem Zulika, na Portugalskem Estoril, v Nemčiji Feodora in v Španiji Marta. Vse do zdaj naštete sorte so jare sladke bele lupine. V skupnem katalogu je tudi italijanska grenka sorta Multitalia. Na seznamu v skupnem katalogu so še tri ozimne sorte bele lupine, ki pa so po francoskih priporočilih namenjene le za območja, kjer se pozimi temperature ne spustijo pod - 10 °C (Arvalis, 2010).

3.2 POLJSKI POSKUSI Z BELO LUPINO

Povprečni pridelek zrnja bele lupine v triletnem poskusu na eksperimentalnem polju BF je bil 3,7 t/ha, kar je več od povprečnega pridelka soje (3,1 t/ha), kjer so potekali poskusi v letih 2002-2005 (Kocjan Ačko in Trdan, 2009). Na pridelek zrnja sta vplivali rastna sezona in medvrstna razdalja setve (preglednica 4), medtem ko gostota setve ni imela značilnega vpliva.

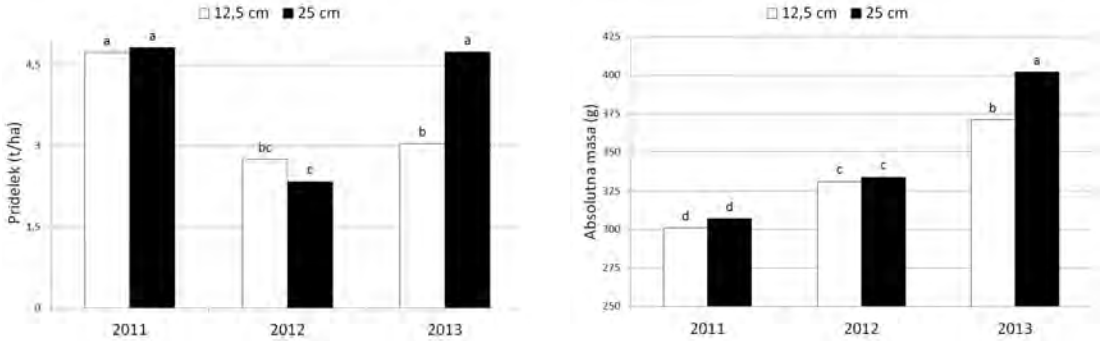
Preglednica 4: Analiza variance za pridelek zrnja in absolutno maso bele lupine na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete (Ljubljana 2011-2013)

Vir variabilnosti	Pridelek zrnja	Absolutna masa
Leto (L)	***	***
Medvrstna razdalja (MR)	***	***
Gostota setve (G)	n.s.	n.s.
Interakcije:		
L×MR	***	**
L×G	n.s.	n.s.
MR×G	n.s.	n.s.
L×MR×S	n.s.	n.s.

Legenda: *** p≤0,001; ** p≤0,01; * p≤0,05; n.s. ni statistično značilnih razlik p>0,05

Največji povprečni pridelek zrnja bele lupine smo dosegli v letu 2011 (slika 1), ko je v treh mesecih intenzivne rasti lupine (maj do julij) padlo največ padavin in je bilo v času dozorevanja suho in toplo vreme. Najmanjši pridelki zrnja so bili v letu 2012, ko je bela lupina dozorela najprej zlasti zaradi sušnih razmer v prvi dekadi avgusta. V tretjem letu (2013) je na pridelek zrnja negativno vplivala ozka medvrstna razdalja, za kar so lahko vzrok vlažne rastne razmere v avgustu. Glede na majhno razliko v absolutni masi v letu 2013 (slika 1), ki je znašala 8 %, je vzrok za manjši pridelek manjše število zrn/m^2. González-Andrés in sod. (2007) navajajo, da je končni pridelek zrnja odvisen predvsem od števila zrn na površino in ne od njegove absolutne mase. Rastline so v letu 2013 na vlažne razmere v avgustu reagirale s propadom že nastavljenih strokov in semen. Posevek je bil zaradi ožjih vrst manj zračen, kar je poslabšalo zdravstveno stanje posevka in privedlo do zmanjšanja števila semen na rastlino. Priporočila za medvrstno razdaljo setve bele lupine so zelo različna. Heyland (1996), Diepenbrock in sod. (1999) in Šuput (1986) priporočajo setev lupine na medvrstno razdaljo 30 do 45 cm. Drugi avtorji navajajo kot optimalne medvrstne razdalje: 10 do 30 cm (AGES, 2014), 12 do 20 cm (Makowski, 2000) in 17 do 35 cm (Arvalis, 2010). Prednost ožje medvrstne razdalje je predvsem hitrejše »zapiranje« posevka, kar posledično zmanjša nevarnost zapleveljenosti in hkrati omogoča enakomerno dozorevanje posevka (Römer,

2007). Faluyi in sod. (1997) so v Kanadi večje pridelke bele lupine dosegli pri medvrstni razdalji 20 cm kot pri 40 cm.



Slika 1: Vpliv rastne sezone in medvrstne razdalje (12,5 cm in 25 cm) na pridelek in absolutno maso zrnja bele lupine (Ljubljana, eksperimentalni polje BF, 2011-2013). Različne črke v posameznem grafu označujejo statistično značilno razliko med obravnavanjema (Duncan, p≤0,05).

S povečevanjem gostote setve se pridelek zrnja in absolutna masa nista povečevala. Kot optimalno navajajo številni avtorji (AGES, 2014; Diepenbrock in sod., 1999; Heyland,1996; Makowski; 2000; Römer, 2007; Šuput, 1986) gostoto od 50 do 85 semen/m^2. Tudi drugi avtorji navajajo, da povečevanje gostote setve lupine nad temi priporočili ni povečalo hektarskega pridelka in absolutne mase zrnja (Clapham in Elbert-May, 1989; Lopez-Bellido in sod., 2000).

4 Sklepi

Pridelki zrnja domače populacije bele lupine v osrednji Sloveniji so primerljivi s pridelki soje s tem, da bela lupina dozori prej, to je v drugi polovici avgusta. S tehnološkega vidika je to velika prednost bele lupine, ker v tem času lažje organiziramo pravočasno spravilo posevka. Na podlagi rezultatov poskusa priporočamo strnjeno setev bele lupine pri medvrstni razdalji 25 cm in gostoti setve okoli 75 semen/m^2. Domačo populacijo bele lupine bi bilo potrebno primerjati v naših rastnih razmerah z novejšimi francoskimi in madžarskimi sortami, z nemško sorto Feodora in češko sorto Zulika ter preveriti vsebnost alkaloidov v zrnju. Zaradi močnega, globokega koreninskega sistema in vezave zračnega dušika priporočamo vključevanje bele lupine v mešanice strniščnih neprezimnih dosevkov.

5 Literatura

AGES. 2014. Österreichische Beschreibende Sortenliste 2014 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2014. Dunaj, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH: 259 str. http://www.baes.gv.at/fileadmin/_migrated/content_uploads/35_Saeverfahren_01.pdf (okt. 2014)

Aniszewski, T. 2007. Alkaloids - secrets of life: alkaloid chemistry, biological significance, applications and ecological role. Amsterdam; Oxford, Elsevier: 316 str. http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444527363 (okt. 2014)

ARSO. 2014. Agencija Republike Slovenije za okolje. www.arso.gov.si (sept. 2014)

Arvalis. 2010. Lupin de printemps et d'hiver. Guide de culture 2010-2011. Pariz, Arvalis - Institut du végétal: 16 str. http://www.unip.fr/uploads/media/guide_culture_lupin_2010_02.pdf (nov. 2014)

Aufhammer, W. 1998. Getreide- und andere Körnerfruchtarten, Stuttgart, Ulmer: 560 str.

Clapham, W.M, Elbert-May, D. 1989. Influence of population on white lupin morphology and yield. Canadian Journal of Plant Science, 69: 16l-170

Cowling, W.A., Huyghe, C., Swiecicki, W. 1998. Lupin Breeding. V: Lupins as crop plants: biology, production and utilization. Gladstones, J.S., Atkins, C.A., Hamblin, J. (ur.). Wallingford; Cambridge (MA), CAB International: 93-120

Diepenbrock, W., Fischbeck, G., Heyland, K.U., Knauer, N. 1999. Spezieller Pflanzenbau 3. Auflage. Stuttgart, Ulmer: 523 str.

Faluyi, M.A., Zhang, F., Leibovitch, S., Smith, D.L. 1997. White Lupin Growth, Yield, and Yield Components in Eastern Canada: Influence of Management Factors. Agronomy journal, 89, 5: 781-788

FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division. http://faostat3.fao.org/home/E (okt. 2014)

French, B., Shea, G., Buirchell, B. 2008. Introduction and history. V: Producing lupins. White, P., French, B., McLarty, A. (ur.), South Perth, Department of Agriculture and Food: 11-18. http://archive.agric.wa.gov.au/objtwr/imported_assets/content/fcp/lp/lup/lupins/lupin%20bulletin%20v10-lr.pdf (nov. 2014)

Geisler, G. 1991. Farbatlas Landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer: 204 str.

Gladstones, J.S. 1998. Distribution, origin, taxonomy, history and importance. V: Lupins as crop plants: biology, production and utilization. Gladstones, J.S., Atkins, C.A., Hamblin, J. (ur.), Wallingford; Cambridge (MA), CAB International: 1-39

González-Andrés, F., Casquero, P. A., San-Pedro, C., Hernández-Sánchez, E. 2007. Diversity in white lupin (*Lupinus albus* L.) landraces from northwest Iberian plateau. Genetic Resources and Crop Evolution, 54: 27-44

Heyland, K.U. 1996. Spezieller Pflanzenbau. Stuttgart, Ulmer: 348 str.

Howieson, J.G., Fillery, I.R.P., Legocki, A.B., Sikorski, M.M, Stepkowski, T., Minchin, F.R., Dilworth M.J. 1998. Nodulation, nitrogen fixation and nitrogen balance. V: Lupins as crop plants: biology, production and utilization. Gladstones, J.S., Atkins, C.A., Hamblin, J. (ur.). Wallingford; Cambridge (MA), CAB International: 353-384

Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. 1999. Seed Science and Technology. 27, Supplement

Kocjan Ačko, D., Trdan, S. 2009. Influence of row spacing on the yield of ten cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Acta agriculturae Slovenica, 93, 1: 44-50

Lieberei, R., Reisdorff, C. 2012. Nutzpflanzen. Stuttgart; New York. Georg Thieme Verlag: 478 str.

Lopez-Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J.E. 2000. Growth and yield of white lupin under Mediterranean conditions: Effect of plant density. Agronomy journal, 92, 2: 200-205

Makowski, N. 2000. Körnerleguminosen. V: Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 2: Kulturpflanzen. Lütke Entrup N., Oemichen, J. (ur.). Gelsenkirchen, Verlag Th. Mann: 553-571

Petterson, D.S. 1998. Composition and food uses of lupins. V: Lupins as crop plants: biology, production and utilization. Gladstones, J.S., Atkins, C.A., Hamblin, J. (ur.). Wallingford; Cambridge (MA), CAB International: 353-384

Plant variety database. 2014. Bruselj, European commission, Directorate General for Health & Consumers. http://ec.europa.eu/food/plant/propagation/catalogues/database/public/index.cfm?event=homepage (okt. 2014)

Römer, P. 2007. Lupinen - Verwertung und Anbau. Rastatt, Gesellschaft zur Förderung der Lupine e. V.: 37 str. http://lelf.brandenburg.de/media_fast/4055/lupine07.15564210.pdf (okt. 2014)

Schuster, W. 1998. Gattung *Lupinus* L. V: Leguminosen zur Kornnutzung. Schuster, W. (ur.). Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/g_lupin.htm#TopOfPage (november 2014)

Statistični urad Republike Slovenije. 2014. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije. http://www.stat.si (sept. 2014)

Swiss Granum. 2014. Liste der empfohlenen Lupinensorten für die Ernte 2014., Bern, Swiss Granum: 1 str. http://www.swissgranum.ch/files/9133831_sortenbl_lupinensorten_d_low2.pdf (nov. 2014)

Šuput, M. 1986. Lupine. V: Posebno ratarstvo 1. Jevtić S. (ur.). Beograd, Naučna knjiga: 365-370

Vasilj, Đ. 2000. Biometrika i eksperimentiranje u biljnogojstvu. Zagreb, Hrvatsko agronomsko društvo: 320 str.

von Baer, E., von Baer, I., Riegel, R. 2009. Pecosa-baer: a new cultivar of white lupin with determined bushy growth habit, sweet grain and high protein content. Chilean Journal Of Agricultural Research, 69, 4: 577-580 http://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v69n4/AT13.pdf (nov. 2014)

Nove metode določanja položaja gomoljev različnih sort krompirja

Jošt POTRPIN[21], Rajko BERNIK[22]

Izvleček
V letih 2011 in 2012 smo na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani izvedli poljski poskus s štirimi različnimi sortami krompirja (Faluka, Manitou, Madeleine in Stirling). Namen poskusa je bil ugotoviti, če obstajajo statistično značilne razlike v zahtevah različnih sort po prostoru v lehi krompirja. Zato smo opredelili in preučili naslednje parametre: površina oblike okrog gomoljev (elipsa in oblak), površina prečnega preseka lehe krompirja, vertikalni in horizontalni razpon gomoljev v lehi krompirja, dolžina [a] in [b] polos elipse, najmanjša oddaljenost gomoljev od zunanje stranice lehe krompirja in najmanjša oddaljenost elipse od zunanje stranice lehe krompirja. Poskus smo zasnovali v obliki slučajnih blokov s petimi ponovitvami. Sorta Faluka je imela največjo površino oblaka okrog gomoljev, največjo površino prečnega preseka lehe in najvišji pridelek. Izkazalo se je, da imajo različne sorte različne rastne zahteve po prostoru v lehi krompirja. V nadaljnjih raziskavah so potrebni še dodatni poskusi z različnimi sortami krompirja in na različnih tipih tal ter preučevanje nekaterih dodatnih parametrov (masa in ekvivalent premera gomolja).
Ključne besede: krompir, leha, sorta, prostor, elipsa

New methods of determining the tuber spacing of different potato varieties

Abstract
In 2011 and 2012, a field trial was conducted in the experimental field of the Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Slovenia. The trial involved four potato cultivars (i.e. Faluka, Manitou, Madeleine and Stirling). Its aim was to determine statistically significant differences in the requirements with regard to the space in the ridge with different potato cultivars. For that purpose, the following parameters were defined and studied: area of the form surrounding the tubers (ellipse and cluster), cross-sectional area of the ridge, vertical and horizontal tuber span in the ridge, lengths of semi-axes [a] and [b] of the ellipse, minimum distance of tubers and ellipse from the outer ridge side. The trial design was a randomised block with five repetitions. Faluka had the largest tuber cluster area, cross-sectional area of the ridge and vertical tuber span. It also had the highest yield. It was determined that different cultivars require different requirements for the growth with regard to the space in the potato ridge. Further research should include additional trials with different potato cultivars on different soil types and the study of addition parameters (mass and equivalent diameter of a tuber).
Keywords: potato, ridge, cultivar, space, ellipse

1 Uvod

Današnji trg in predelovalna industrija od pridelovalcev zahtevata kakovosten krompir. Pridelava krompirja mora biti načrtovana tako, da je tržni pridelek čim višji. Danes so na trgu mnoge kakovostne sorte, ki ob ugodnih rastnih razmerah dosegajo pridelke nad 50 t/ha. Ob tem je pomembno, da so lehe primerno velike in takšne oblike, da zagotavljajo zadostno pokritost gomoljev z zemljo. Če temu ni tako, pridejo gomolji na površino in pozelenijo. Takšni gomolji niso primerni za prodajo in predelavo ter lahko predstavljajo velik strošek. Ker v Sloveniji pri večini pridelovalcev prevladuje še zastarela kmetijska tehnika za saditev in nego krompirja, je to mnogokrat težko doseči. Poleg tega je treba zaradi nizkih cen krompirja ter vsakoletnega nihanja cen na trgu znižati stroške pridelave in povečati storilnost. Zaradi

[21] Univ. dipl. inž. agr., Podkum 69, 1414 Podkum, e-pošta: jost.potrpin@gmail.com
[22] Dr., prof. Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rajko.bernik@bf.uni-lj.si

zgoraj navedenih dejstev je treba poiskati tehnične rešitve, ki bodo omogočile pridelavo kakovostnega krompirja in obenem predstavljale majhen investicijski strošek. To je mogoče doseči s tehnično izboljšavo strojev, ki so že v uporabi, ali z izdelavo nekaterih novih strojev ter s spremembo določenih tehnologij.

V Sloveniji je krompir že vrsto let ena izmed najpomembnejših poljščin. Dokler je bil krompir živilo za zadovoljevanje osnovnih prehrambnih potreb, zlasti še pred drugo svetovno vojno, med njo in še nekaj let po njej, smo ga pridelovali tudi na 60.000 ha, danes pa ga pridelujemo na 4.000 ha. V letu 2010 smo v Sloveniji pridelali 103.000 t krompirja, povprečni letni pridelek pa je bil 24,8 t/ha (Posejana …, 2013). V Sloveniji se pretežni del krompirja porabi kot jedilni krompir za svežo porabo.

Če gomolji niso zadosti pokriti z zemljo v lehi krompirja, postanejo zeleni in neuporabni (znižanje tržnega pridelka). Poznano je, da do pozelenitve gomoljev pride zaradi izpostavitve soncu, pod njegovim vplivom pride v njih do tvorbe klorofila. Glede na ugotovljene rastne zahteve posamezne sorte po prostoru smo določali optimalno prilagojeno obliko lehe krompirja na tak način, da bo pridelek in odstotek zelenih gomoljev minimalen, odstotek tržnih gomoljev pa čim večji.

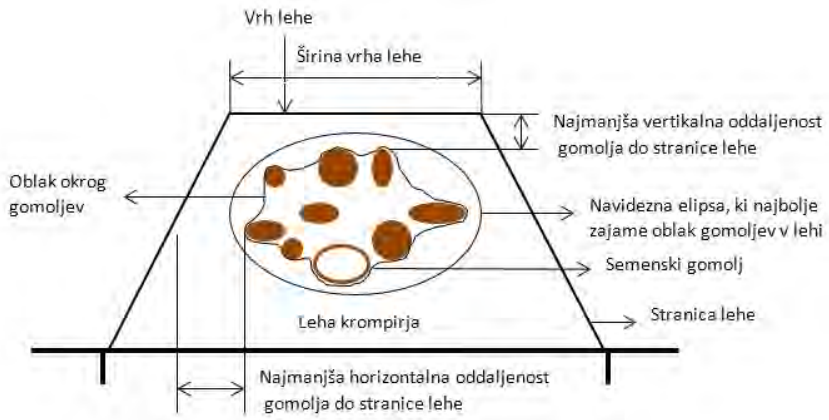
Večina novo nastalih gomoljev se pojavi okrog in nad semenskih gomoljem. Pri rasti potiskajo zemljo navzven in pogosto nastanejo razpoke v lehi, še posebej na ilovnatih tleh (Kouwenhoven in sod., 2003). Gomolji so v lehi razporejeni v obliki elipse in le malo jih raste pod nivojem semenskega gomolja (Bailey, 1957; Kouwenhovn, 1970). V majhnih lehah večina gomoljev raste tik pod površino in tako povečujejo nevarnost pozelenitve (Struik in Wiersema, 1999). Premalo prostora v lehi ni razlog za uvedbo večjih leh. Pri pridelku 50 t/ha gomolji zavzamejo komaj 4,5 % prostora v lehi s prečnim presekom 800 cm^2 (Kouwenhoven in Kimmann, 1987). Bolj pomembni so krajši stoloni, ki se tvorijo v večjih lehah, kar posledično pomeni manj zelenih gomoljev (Kouwenhoven in Perdok, 2000). Širina oblaka gomoljev v lehi je zelo odvisna od sorte krompirja, rastnih razmer in splošnih vremenskih razmer med rastno dobo (Wurr in sod., 1997). Že Lacey (1966) je ugotovil, da širina oblaka gomoljev variira od 15 cm pri sorti Ulster Beacon do 52 cm pri sorti Kerr Pink. Pri sortah, ki imajo manjšo širino oblaka gomoljev, je zelo manjša možnost za nastanek zelenih gomoljev (Kouwenhoven in sod., 2003). Po ugotovitvah zgornjih avtorjev, je zmanjšanje pridelka zelenih gomoljev posledica povečanja prečnega preseka lehe, saditve semenskega gomolja točno na sredino lehe, pokritost novo nastalih gomoljev z vsaj 3,5 cm zemlje, zmanjšano število razpok v lehi in izbira sort, ki imajo bolj ozek oblak gomoljev. Možnost nastanka zelenih gomoljev je minimalna, če so gomolji pokriti vsaj z 7 cm debelo plastjo zemlje (Kouwenhoven in sod., 2003). Najboljšo pokritost gomoljev z zemljo zagotavlja okopalnik, ki je vlečen ter ima elastične nogače na paralelogramskem ogrodju in krilne osipalne glave (Vučajnk, 2006). Vučajnk (2009) je ugotovil, da je pri medvrstni razdalji (MVR) 90 cm najmanjši pridelek zelenih gomoljev, ker je pri tej medvrstni razdalji največji prečni presek lehe, največja širina vrha lehe in najvišja višina vrha lehe. Te karakteristike so še posebej pomembne pri sortah, ki imajo velik razpon oblaka gomoljev (sorte z velikim pridelkom). Medvrstna razdalja 66 cm predstavlja zelo slabo pokritost gomoljev z zemljo, pri tej medvrstni razdalji velika večina gomoljev leži tik pod površino in tako močno povečuje možnost pozelenitve gomoljev. V Sloveniji je večina krompirja posejanega pri medvrstni razdalji 66 cm, kar pomeni visok pridelek zelenih gomoljev

2 Material in metode dela

Različne sorte krompirja imajo različen horizontalen in vertikalen razpon gomoljev v lehi krompirja. V poskusu smo ugotavljali število in usmerjenost smeri glede na sorto krompirja.

Za različne sorte smo opredelili z matematičnim zapisom površino oblike (elipsa, geometrijski lik nepravilnih oblik – oblak (slika 1)) okrog gomoljev. Posamezne sorte bolj ali manj odstopajo od teh oblik. Za določitev zgoraj navedenih parametrov (horizontalen, vertikalen razpon, površina oblike in razporeditev gomoljev) smo določili položaje posameznih gomoljev v lehi krompirja. V raziskavi smo uporabili tridimenzionalno koordinatno merilno napravo. Na osnovi meritev smo nato razvili ustrezni matematični model, s katerim smo na osnovi meritev položajev gomoljev pri različnih sortah določili površino oblike (elipse) okrog gomoljev. Izračun površine elipse okrog gomoljev poteka po metodi, ki smo jo poimenovali metoda ME (minimal ellipse). Metoda ME temelji na kompaktnem matematičnem modelu, ki smo ga razvili v programskem okolju Octave GNU in temelji na metodi najmanjše vsote kvadratov. Matematični model poteka po naslednjih korakih:

1. Prebere točke posameznih gomoljev in lehe ter izračuna oddaljenost ročk gomoljev od točk lehe.
2. V drugem koraku naraščajoče razvrsti točke gomoljev in lehe ter na podlagi razvrstitve nariše sliko.
3. Nato sledi zagon funkcije, ki na podatke o gomoljih položi elipso in vrne dejansko pokritost gomoljev z elipso. Funkcija se ponovi tolikokrat, da dosežemo željeno pokritost gomoljev z elipso. Funkcija vsebuje tri korake:
   a. Z minimiziranjem vsote kvadratov (skozi vse točke gomoljev izračuna krivuljo prvega reda (premico) in kot nagiba premice – na tej premici leži polos [a] elipse.
   b. Po principu srednje vrednosti funkcija izračuna središče elipse.
   c. V zadnjem koraku se izračunajo izhodiščne dolžine polosi [a] in [b] polosi z upoštevanjem standardne deviacije, prilagodijo se na konkretni naklon elispe.
4. V četrtem koraku matematični model izračuna oddaljenost vsake posamezne točke gomolja od središča elipse (z upoštevanjem želene pokritosti). Na ta način določi če se posamezna točka nahaja znotraj elipse, ko velikost elipse doseže želeno pokritost, se matematični model preneha izvajati.
5. V zadnjem koraku matematični model nariše sliko porazdelitve gomoljev in elipse, ter jo skupaj s podatkovnimi rezultati shrani v datoteko.



Slika 1: Oblak okrog gomoljev ter elipsa, ki ta oblak najbolje zajame v lehi krompirja

V letu 2012 smo nadgradili obstoječo metodo, ki natančneje določi površino oblike okrog gomoljev in zajame manj praznega prostora med gomolji v lehi krompirja. Poimenovali smo jo metoda MCP (minimal convex polygon). V programskem okolju Matlab smo razvili

kompakten matematični model, s katerim izračunamo površino oblike položaja gomoljev v lehi krompirja (ogrinjača); z upoštevanjem mase in čiste gostote krompirja izračunamo volumen posameznega gomolja. Površina oblaka – ogrinjače okrog gomoljev kar najbolje predstavlja površino, ki jo v lehi zasedejo gomolji krompirja. Na podlagi mase in čiste gostote krompirja matematični model izračuna ekvivalenti volumen, ki ga v tem primeru predstavlja krogla. Glede na polmer krogle matematični model izračuna pozicijo posameznega gomolja in nadaljnjo pozicijo ter površino oblaka - ogrinjače. Površina ogrinjače okrog gomoljev, glede na površino elipse okrog gomoljev, natančneje poda potrebo po prostoru gomoljev v lehi krompirja, saj upošteva še fizikalno lastnost gomoljev – maso.

Poskus je bil izveden na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Vsako leto smo izbrali drugo poskusno lokacijo. Tekstura tal je bila meljasto glinasta ilovica na obeh poskusnih lokacijah, vsebovala je 27,5 % gline, 58,7 % melja in 13,8 % peska. Sorte, uporabljene v poskusu, so bile Faluka (srednje zgodnja, zelo velik pridelek), Manitou (srednje pozna, velik pridelek), Madeleine (srednje zgodnja, srednje velik pridelek) in Stirling (srednje pozna, srednje velik pridelek).

Poskus je temeljil na naključnih blokih s petimi ponovitvami in smo ga izvedli v letih 2011 in 2012. Vsak blok je vseboval naključno razporejene štiri sorte krompirja (Faluka, Madeleine, Manitou, Stirling). Vsaka parcela površine 30 m^2 je bila dolga 10 m in široka 3 m (4 vrste krompirja z medvrstno razdaljo 75 cm). Vse meritve so bile opravljene na notranjih dveh vrstah krompirja. Podatki o obdelavi tal pred saditvijo, o gnojenju ter o zatiranju plevela, bolezni in škodljivcih so zbrani v preglednici 1.

Preglednica 1: Agrotehnična dela ter datumi

Agrotehnično delo	Leto	
	2011	2012
Gnojenje s 30 t/ha – 90 kg/parcelo s hlevskim gnojem	15/9/2010	14/92011
Osnovna obdelava tal z dvobrazdnim obračalnim plugom, globina obdelave 25 cm	16/9/2010	15/9/2011
Gnojenje s 1666 kg/ha – 5 kg/parcelo NPK 7-20-30 in 833 kg/ha – 2,5 kg/parcelo NPK 15-15-15	30/3/2011	2/4/2012
Dopolnilna obdelava tal pred saditvijo s vrtavkasto brano s 1540 o/min pri 4 km/h in 2750 o/min pri 4 km/h, globina obdelave 15 cm	30/3/2011	2/4/2012
Saditev z razdaljo med gomolji 29 cm in globino saditve[1] 5 cm, pri sadilni hitrosti 3 km/h	31/3/2011	2/4/2012
Gnojenje s 300 kg/ha (78 kg N/ha) – 1125 g/parcelo z Entec (26 %)	24/4/2011	24/4/2012
Aplikacija 12 kg/ha – 45 g/parcelo insekticida proti strunam (Force); škropljenje 1,5 kg/ha – 150 g/parcelo s herbicidom proti plevelom (Sencor); s 5 l/ha – 0,5 l/parcelo s herbicidom za zatiranje travnega plevela (Stomp)	24/4/2011	24/4/2012
Okopavanje z okopalnikom z vrtilno hitrostjo pogonske gredi 540 o/min pri delovni hitrosti stroja 1,8 km/h	24/4/2011	24/4/2012
Osipavanje na širino vrha 20 cm	24/4/2011	24/4/2012

[1]Razdalja med spodnjim delom gomolja in zemljo na površini lehe.

Uporabili smo klasični način saditve, kjer krompir tik pred vznikom ali takoj po vzniku okopljemo z okopalnikom, ki ima prigrajen osipalnik (slika 2). Vse meritve smo opravili tik pred izkopom krompirja.

Slika 2: Okopalnik s prigrajenim osipalnikom

3 Rezultati z diskusijo

Pridelek (preglednica 1) v letu 2011 je bil pri vseh obravnavanih sortah večji kot v letu 2012. To pripisujemo predvsem vremenskim razmeram, saj je bila v letu 2012 manjša količina padavin v obdobju nastavljanja gomoljev kot v letu 2011, in lokaciji poskusnega polja, saj je bil krompir v letu 2012 posajen na lokaciji s slabšimi rezultati analize talnih vzorcev. Analize tal so bile opravljene na Centru za pedologijo in varstvo okolja, na Biotehniški fakulteti v Ljubljani (preglednica 2).

Preglednica 1: Pridelek obravnavanih sort krompirja v letih 2011 in 2012.

Obravnavana sorta	Pridelek (t/ha)	
	2011	2012
Stirling	45,0	38,1
Madeleine	53,7	48,0
Manitou	60,8	57,7
Faluka	75,8	71,3

Preglednica 2: Rezultati analize talnih vzorcev

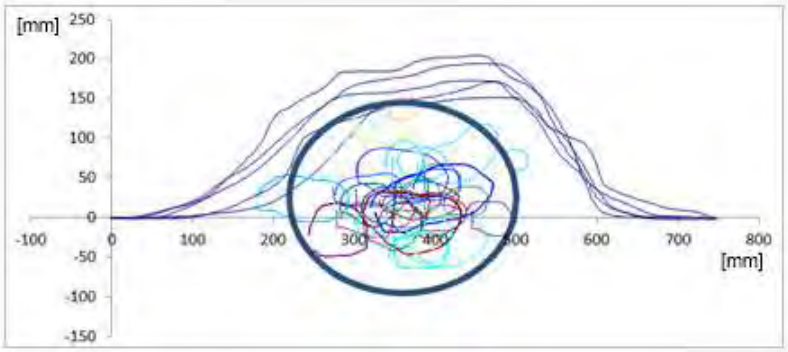
Leto	pH v $CaCl_2$	P_2O_5 [mg/100 g]	K_2O [mg/100 g]	Organska snov [%]	C [%]
2011	6,9	13,4	17,8	3,8	2,2
2012	6,7	9,3	16,6	4,5	2,6

V letu 2011 so se pokazale statistično značilne razlike med sortami Faluka in Manitou in sicer pri površini elipse okrog gomoljev (preglednica 2). Površina elipse je bila največja pri sorti Faluka (slika 3) in sicer 528,21 cm^2, medtem ko je bila najmanjša pri sorti Manitou 355,04 cm^2 (slika 4). Prav tako so se statistično značilne razlike pokazale pri površini oblaka okrog gomoljev (preglednica 2). Površina oblaka je bila največja pri sorti Faluka, znašala je 214,99 cm^2, najmanjša je bila pri sorti Manitou z površino oblaka 169,73 cm^2. Površina prečnega preseka lehe (preglednica 2), v kateri se nahajajo gomolji, med obravnavanimi sortami ni pokazala statistično značilnih razlik. V letu 2012 so se pokazale statistično značilne razlike pri

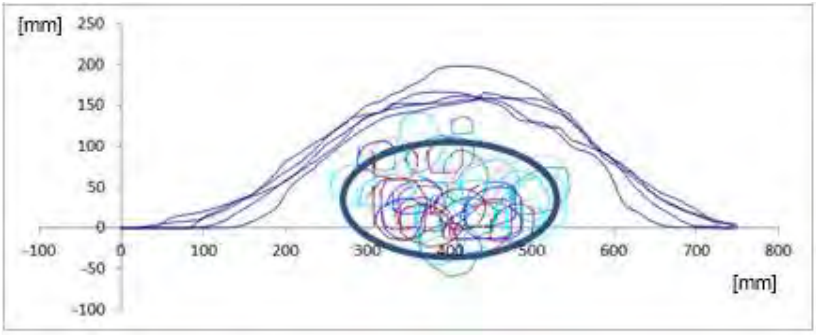
površini elipse okrog gomoljev in pri površini prečnega preseka lehe, medtem ko pri površini oblaka okrog gomoljev statistično značilnih razlik ni bilo. Največjo površino elipse okrog gomoljev ima sorta Manitou in sicer 623,45 cm^2, največjo površino prečnega preseka lehe pa sorta Faluka in sicer 886,19 cm^2.

Preglednica 2: Površina oblike okrog gomoljev v letih 2011 in 2012

Površina okrog gomoljev (cm^2)		Leto	
		2011	2012
Elipse:	Faluka	$528,21^{A}$	$439,74^{A}$
	Stirling	$459,16^{AB}$	$378,80^{A}$
	Madeleine	$450,04^{AB}$	$387,27^{A}$
	Manitou	$355,84^{B}$	$623,45^{B}$
Oblaka:	Faluka	$214,99^{A}$	$188,87^{A}$
	Stirling	$201,08^{AB}$	$158,15^{A}$
	Madeleine	$179,20^{AB}$	$166,91^{A}$
	Manitou	$169,73^{B}$	$213,50^{A}$
Lehe:	Faluka	$607,56^{A}$	$886,19^{A}$
	Stirlng	$606,78^{A}$	$782,03^{B}$
	Madeleine	$603,26^{A}$	$792,26^{AB}$
	Manitou	$606,56^{A}$	$859,43^{AB}$



Slika 3: Razpon gomoljev v lehi krompirja pri sorti Faluka



Slika 4: Razpon gomoljev v lehi krompirja pri sorti Manitou

4 Sklepi

V poskusu smo dokazali, da med različnimi sortami krompirja obstajajo različne rastne zahteve po prostoru v lehi krompirja. Vse obravnavane sorte krompirja so bile pridelovane na isti način, z vsako leto popolnoma enakimi agrotehničnimi ukrepi.

Pri sorti Faluka so bile v povprečju ugotovljene večje potrebe po prostoru v lehi krompirja kot pri ostalih sortah, kar se kaže v 65,09 cm^2 večji površini elipse okrog gomoljev, 28,89 cm^2 večji površini oblaka okrog gomoljev ter 49,12 cm^2 večji površini prečnega preseka lehe kot pri sorti Madeleine, ki je imela v povprečju najmanjše potrebe po prostoru v lehi krompirja. Sorta Faluka je v povprečju imela tudi največji vertikalni razpon gomoljev (za 6,24 cm večji od sorte Manitou z najmanjšim), polos elipse (za 1,86 cm večji od sorte Manitou z najmanjšim) ter največji povprečni pridelek (za 32,46 t/ha večji od sorte Stirling z najmanjšim).

Potrebne so še nadaljnje raziskave, s katerimi bi še natančneje opredelili rastne potrebe različnih sort po prostoru. V nadaljnjih raziskavah bi bilo smiselno preučiti rastne potrebe posamezne sorte v različnih tipih tal ter dodatne parametre kot sta masa in ekvivalent premera gomoljev, s katerimi bi lahko potrebo posamezne sorte v lehi krompirja določili še natančneje.

5 Literatura

Bailey, P.H. 1957. An investigation into the distribution of potatoes in the ridge. Jourlan of Agricoltural Engineering Research, 2: 164–151

Fitzgibbon, A., Pilu, M., Fisher, B.R. 1999. Direct least square fitting of ellipses. Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 21: 476–480

Kouwenhoven, J.K. 1970. Yield, grading and distribution of potatoes in ridges in relation to planting depth and ridge size. Potato Research, 13: 59–77

Kouwenhoven, J.K., Kimmann, J.K. 1987. Optimale ruggrootte voor aardapellen. Landbouwmachan, 38: 262–265

Kouwenhoven, J.K., Perdok, U.D. 2000. Ridges for New Potato Varieties in The Netherlands. Wageningen University, Soil Technology Group, Wageningen, The Neatherlands: 10 str.

Kouwenhoven, J.K., Perdok, U.D., Jonkheer, P.K., Sikkema, P.K., Wieringa, A. 2003. Soil ridge geometry for green control in French fry potato production on loamy clay soils in The Netherlands. Soil and Tillage Research, 74: 125–141

Lacey, J. 1966. The distribution of healthy and blighted tubers in potato ridges. European Potato Journal, 9(2): 86 – 9

Posejana zemljisca in pridelki. 2013. http://www.stat.si/letopis/2010/16_10/16-08-10.htm

Striuk, P.C., Wiersema, S.G. 1999. Seed potato technology. Wageningen, Wageningen Pers: 377 str.

Vučajnk, F. 2009. Novi načini saditve krompirja in oblikovanja grebenov. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta: 302 str.

Vučajnk, F. 2006. Pridelava krompirja pri različnih medvrstnih razdaljah grebenov in pri uporabi osipalnikov z različnimi načini delovanja: Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta: 197 str.

Wurr, D.C.E., Hole, C.C., Fellows, J.R., Milling, J., Lynn, J.R., O`Brien, P.J. 1997. The effect of some environmental factors on potato tuber numbers. Potato Research, 40: 297–306

Učinki različnih tehnik čiščenja in mletja pšeničnega zrnja na vsebnost deoksinivalenola (DON) in nivalenola (NIV) v moki

Aleš KOLMANIČ[23], Mario LEŠNIK[24]

Izvleček
Da bi opravili analizo spreminjanja vsebnosti trihotecenskih mikotoksinov deoksinivalenol (DON) in nivalenol (NIV) v pridelovalni in predelovalni verigi, smo pšenico iz poljskih poskusov očistili z različnimi napravami za čiščenje. Zrnje smo nato zmleli v različne vrste moke in spekli kruh. V tej raziskavi smo preučevali vpliv treh mlevskih tehnik (standardno industrijsko mletje – IVM, mlin kladivar – IMK in tradicionalni mlinski kamen – TMK) ter dveh načinov peke (v industrijski peči in v keramični krušni peči). Primerjavi učinkovitosti čiščenja zrnja na kmetiji in v industrijskem obratu je pokazala, da je učinkovitost čiščenja pri preprostih napravah na kmetiji za 30 % manjša od učinkovitosti čiščenja v industrijskem obratu. Pri čiščenju zrnja na kmetiji smo dosegli 20,8 % in 15,5 % zmanjšanje vsebnosti mikotoksinov (DON in NIV), pri industrijskem čiščenju pa 38,2 % ter 34,8 %. Začetna vsebnost DON v zrnju je bila 1400–1900 µg/kg ter NIV 130–200 µg/kg in je po mletju v tri tipe moke v moki bila med 310–370 µg/kg DON in <50–70 µg/kg NIV pri industrijski moki (IVM), 1060–1400 µg/kg DON in 60–87 µg/kg NIV v industrijski polnozrnati moki (IMK) ter 1100–1770 µg/kg DON in 80–95 µg/kg NIV v tradicionalni polnozrnati moki (TMK). Poskus s čiščenjem in mletjem pšeničnega zrnja je pokazal, da ta postopka značilno vplivata na vsebnost DON in NIV v beli moki, medtem ko je bila učinkovitost zmanjšanja DON pri polnozrnati moki manjša.
Ključne besede: trihotecenski mikotoksini, pšenica, čiščenje, mletje, moka, ohranjanje toksinov

Effects of different wheat cleaning and milling techniques on deoxynivalenol and nivalenol content in flour

Abstract
To analyze the variation of content of trichothecene mycotoxins deoxyinivalenol (DON) and nivalenol (NIV) within the cereal production and processing chain wheat was grown on experimental plots. Grain was harvested, cleaned by different types of cleaning devices and processed to different types of flours from which bread was baked. In this research were impact of three milling techniques (industrial roller-grinder – IVM, grain hammer crasher – IMK, traditional millstone – TMK) and two baking techniques (industrial oven, traditional ceramic stove heated by wood) observed. Comparison of the effectiveness of cleaning grain on farm and in industrial plant has shown that the cleaning efficiency with simple devices on the farm is 30 % lower than the cleaning efficacy in an industrial plant. Cleaning the grain on the farm level showed 20.8 and 15.5 per cent reduction in the levels of mycotoxins (DON and NIV) and industrial cleaning 38.2 % and 34.8 %. Initial values of DON and NIV in grain sample (2500 kg) ranged from 1400–1900 µg/kg and 130–200 µg/kg, respectively, and were after processing 310–370µg/kg and <50–70 µg/kg in standard industrial flour, 1060–1400 µg/kg and 60–87 µg/kg in industrial wholegrain flour and 1100–1770 µg/kg and 80–95 µg/kg in traditional wholegrain flour, respectively. Experiment with wheat cleaning and milling has showed that these procedures significantly affect retention of trichothecene toxins (DON and NIV). Highest reduction of DON and NIV was observed in white flour and highest retention of DON in wholegrain flour.
Key words: trichothecene mycotoxins, wheat, milling, flour, mycotoxins retention

[23] Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si
[24] Prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: mario.lesnik@um.si

1 Uvod

Pri prehranjevanju smo vsakodnevno izpostavljeni majhnim količinam izločkov mikroorganizmov, med najpogostejšimi so mikotoksini, ki jih vsebujejo izdelki iz žit. To je povezano z dejstvom, da so ti izdelki zelo pomemben del našega jedilnika. Z običajnimi pridelovalnimi tehnikami žit pogosto ni mogoče popolnoma preprečiti razvoja gliv, ki oblikujejo mikotoksine (Jouany, 2007). Zato so v pridelovalni in predelovalni verigi potrebni zelo sistematični pristopi, da vsebnosti mikotoksinov ne presežejo mejnih vrednosti, ki so določene z uredbami o mejnih vrednostih kontaminantov v hrani in krmi (za DON–Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006; Uredba Komisije (ES) št. 1126/2007). Mikotoksini (izpeljanka iz grške besede μύκης (mykes, mukos) kar pomeni "glive" in latinske besede »toxicum« kar pomeni "strup"), so sekundarni presnovki, ki jih tvorijo organizmi iz kraljestva gliv, med največje proizvajalke pa spadajo nekatere gobe, plesni in kvasovke (Richard, 2007). Izraz "mikotoksin" je navadno rezerviran za razmeroma majhne molekule (MM≈700), naravnih toksičnih kemičnih snovi, ki nastanejo kot sekundarni metaboliti pri presnovi gliv in so lahko prisotni na pridelkih pred in po spravilu (Richard, 2007). Toksini se zelo razlikujejo v svoji toksičnosti. Nekateri so smrtonosni strupi, nekateri so prepoznavni po povzročanju bolezni ali zdravstvenih težav, nekateri oslabijo imunski sistem, spet drugi delujejo kot alergeni ali dražilne snovi in nekateri nimajo škodljivih učinkov na zdravje ljudi (Bennet in Klinch, 2003). Pri žitih posvečamo veliko pozornost glivam iz rodu *Fusarium* (*Fusarium graminearum* Schwabe ter *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc.), ki oblikujejo veliko število mikotoksinov (trihoteceni, zearelenoni, fumonisini itd.), ki so zdravju ljudi in živalim škodljivi (Bennet in Klinch, 2003). Deoksinivalenol (DON) ter nivalenol (NIV) spadata med najpogostejša trihotecenska mikotoksina gliv *Fusarim*s spp. v Evropi (Bottalico in Perone, 2002). Učinek industrijskega mletja na porazdelitev toksinov pri moki je vsaj navidezno relativno dobro poznan (Thammawong in sod., 2011), vendar še zdaleč ne popolnoma pojasnjen. Mletje običajno nima neposrednega učinka na toksine, ampak povzroči njihovo porazdeljenost v mlevskih frakcijah (Jouany, 2007). Tako so rezultati meritev razporeditve deoksinivalenola v zrnu pokazali, da ga je bilo največ v zunanjih delih zrna (npr. pri mletju v frakcije so pšenični otrobi vsebovali 5-krat več DON kot moka prve meljave) (Gärtner in sod., 2007). Z odstranitvijo teh frakcij lahko učinkovito zmanjšujemo vsebnosti v moki (Schollenberger in sod., 2002). Vendar, kljub opaženi prerazporeditvi DON po mlevskih frakcijah, najbolj onesnažene frakcije predstavljajo le majhen del zrnja, zato je nezanemarljiva količina DON lahko prisotna tudi v najbolj fini moki (Kushiro in sod., 2008). Kot zanimivost, v eni raziskavi so pri uporabi mlinskega kamna opazili večje zmanjšanje toksinov kot pri uporabi industrijskih valjčnih mlinov (Palpacelli in sod., 2007).

Namen raziskave je bil proučiti učinkovitost postopkov čiščenja (industrijsko in tradicionalno čiščenje) in mletja (industrijsko valjčno mletje, mletje z mlinom kladivarjem ter mletje z mlinskim kamnom) krušnih žit v Sloveniji na zmanjševanje vsebnosti trihotecenskih mikotoksinov (deoksinivalenol in nivalenol).

2 Material in metode dela

V poskusu smo uporabili pšenično zrnje sorte Isengrain iz integrirane pridelave brez uporabe fungicidov. Zrnje smo pridelali v poskusu na lokaciji Maribor v letu 2009. Za potrebe poskusa (preglednica 1) smo sorto Isengrain posejali na površini 80 arov (makroposkus). Dodatno smo jo za primerjavo tolerantnosti na fuzarioze med različnimi sortami pridelovali na majhnih parcelah (10 m^2), urejenih po sistemu naključnih blokov z dvema obravnavanjema (škropljeno s fungicidi in neškropljeno) s štirimi ponovitvami (podatki niso prikazani). Rastline smo v

fenofazi BBCH 63–65 umetno okužili s trosi gliv iz rodu *Fusarium.* Vsi postopki na makroposkusu so bili enaki kot v mikroposkusih brez uporabe fungicidov, razen žetve, ki je bila izvedena z navadnim kombajnom za spravilo žit. Podrobnejša metodologija poljskega poskusa je razvidna v disertaciji (Kolmanič, 2013). Po žetvi makroposkusa smo količino zrnja premešali in zmanjšali na potrebnih 2500 kg. Potem smo zrnje skladiščili osem mesecev in ga nato očistili ter zmleli. Zrnje smo skladiščili v mlinskem podjetju. Skladiščna temperatura je bila konstantna pri 10 ± 2 °C. Zračna vlaga je bila med 65 in 75 %. Pred začetkom poskusa smo vzorce zrnja poslali na določitev vsebnosti trihotecenov z HPLC-UV-analizo. Pred poskusom smo izmerili tudi vlago ter določili vidne simptome fuzarijskih okužb (rdečkasto obarvanje, deformacije oblike zrnja ipd.).

2.1 ZASNOVA POSKUSA

Osnovno količino zrnja (2500 kg, NZ – neočiščeno zrnje) smo temeljito premešali in razdelili v 15 osnovnih podvzorcev (NZ 1–15). Sistem oblikovanja podvzorcev zrnja in struktura poskusa je prikazana v preglednici 1. Pet kilogramov težke vzorce pšenice smo vzeli iz vsake podserije za namen analiziranja vsebnosti DON in NIV pred procesiranjem. Pet serij (NZ 1–5), vsaka po 300 kilogramov (skupna masa serij 1500 kg), in pet serij (NZ 6-10), vsaka po 100 kilogramov (skupna masa serij 500 kg), je bilo obdelanih z industrijskimi čistilnimi napravami (IČ – industrijsko čiščenje – več industrijskih separatorjev, sit in aspiratorjev). Pet serij (NZ 11–15), vsaka po 100 kilogramov (skupna masa serij 500 kg), smo očistili s pomočjo tradicionalnega preprostega čistilnika(vejalnika) (TČ – preprosto čiščenje na kmetiji – preprosta naprava z vgrajenim aspiratorjem), ki se pogosto uporabljajo na kmetijah. Tako smo dobili 15 serij očiščenega zrnja (OZ – očiščeno zrnje – OZ 1–5, OZ 6–10 in OZ 11–15), in nato smo iz vsake odvzeli pet kilogramov težke vzorce ter jih poslali na analizo vsebnosti DON in NIV. Tako smo izračunali zmanjšanje/povečanje vsebnosti DON in NIV zaradi vpliva postopka čiščenja.

Preglednica 1: Zasnova poskusa

OSNOVNA SERIJA NEPREDELANEGA ZRNJA (2500 kg)		
5 serij NZ NZ 1 – 6 5 x 300 kg	**5 serij NZ** NZ 6 – 10 5 x 100 kg	**5 serij NZ** NZ 11 – 15 5 x 100 kg
Industrijsko čiščenje **5 serij očiščenega zrnja** OZ 1 - 5	Industrijsko čiščenje **5 serij očiščenega zrnja** OZ 6 - 10	Tradicionalno čiščenje **5 serij očiščenega zrnja** OZ 11 - 15
Mletje s standardnim industrijskim valjčnim mlinom **5 serij standardne industrijske moke** IVM 1 - 5	Mletje z industrijskim mlinom kladivarjem **5 serij polnozrnate industrijske moke** IMK 6 - 10	Mletje s tradicionalnim mlinskim kamnom **5 serij "tradicionalne" polnozrnate moke** TMK 11 - 15

2.2 NAČINI MLETJA ZRNJA

Poskus z mletjem smo izvedli v zasebnem mlinskem podjetju Mlinarstvo Sajko, s. p., ter na ekološki kmetiji Kvas (Anton Kvas, Dolgi Vrh – Laporje). Serije zrnja OZ 1–5 so bile zmlete z uporabo standardnega industrijskega valjčnega mlina (IVM), serije OZ 6–10 z uporabo industrijskega mlina kladivarja (IMK) ter serije OZ 11–15 z uporabo tradicionalnega

mlinskega kamna (TMK). Kot rezultat mletja smo dobili pet serij vzorcev standardne industrijske moke (IVM-moka 1–5), 5 serij industrijske polnozrnate moke (IMK-moka 6–10) in pet serij »tradicionalne« polnozrnate moke (TMK-moka 11–15). Iz vsake serije smo odvzeli tri kilograme moke za analizo vsebnosti DON in NIV in oceno osnovne pekovske lastnosti mok. Mlevske postopke v poskusu smo izvajali s posnemanjem dejanskih tehnik mletja, ki se uporabljajo v industriji in na kmetijah, brez sprememb zaradi same izvedbe poskusa. Želeli smo popolnoma posnemati tipične postopke mletja. Pri IVM-načinu mletja smo pustili stroje teči na prazno 20 minut med procesiranjem različnih serij, da smo preprečili mešanje mok različnih serij. Vzorce mok smo vzeli iz zadnjih 30 kilogramov moke z namenom, da bi še dodatno preprečili navzkrižno kontaminacijo mok iz različnih serij.

2.3 ANALIZE VSEBNOSTI MIKOTOKSINOV

Analize vsebnosti trihotecenov v vzorcih smo opravili v laboratoriju QUANTAS Analytik GmbH, Europe, Technopark 1, 3430 Tulln, Austria. Uporabljena metoda je bila HPLC-analiza z UV-detekcijo. Podrobno predstavitev standardne, mednarodno potrjene metode diagnostičnih protokolov je navedena v prispevku Fuchsa in sodelavcev (2004), prav tako je dostopna na spletnem naslovu (Romer Labs, 2012). Vzorci za analize na vsebnosti mikotoksinov so pri zrnju tehtali po pet kilogramov ter pri moki po tri kg.

3 Rezultati z diskusijo

Vsebnost DON-a so bile v povprečju med 1400 µg/kg in 1900 µg/kg v nepredelanem zrnju in NIV med 130 µg/kg in 200 µg/kg (preglednica 2). Nekaj vzorcev je imelo izrazito nadpovprečne vrednosti DON in NIV. Pred čiščenjem zrnja smo vidne simptome okužb s fuzariozami ugotovili pri 28 % zrnja. Med samim postopkom čiščenja smo odstranili povprečno 8–18 % zrnja in nečistoč v razsutem stanju (močno okužena, zmečkana in polomljena zrnja, slama in druge nečistoče). Rezultati poskusa so pokazali, da je čiščenje zrnja na industrijski način zmanjšalo vsebnost DON za 38,2 % in NIV za 34,8 %. Pri uporabi tradicionalnega stroja za čiščenje (vejalnika) na kmetiji smo dosegli 20,8 % zmanjšanje vsebnosti DON in 15,5 % zmanjšanje vsebnosti NIV (preglednica 2). Glede na ugotovitve je bilo čiščenje učinkovitejše od pričakovanih vrednosti (20 %), ki jih navaja Larsen in sod. (2004), vendar manjše ali v okvirih rezultatov drugih raziskav (Murphy in sod., 2006). Zrnje, ki je močneje okuženo s fuzariozami, je pogosto izmaličeno, lažje ter običajno vsebuje večje količine DON (Chelkowski in Perkowski, 1992). Tako zrnje razmeroma enostavno odstranimo s postopki čiščenja. V rastni sezoni, naklonjeni močnim fuzarijskim okužbam, lahko tudi zrna z normalno obliko in težo vsebujejo večje količine DON (Bennett in Richard, 1996). Pojav je pogostejši pri sortah, tolerantnejših na okužbe. V takih primerih je standardni postopek čiščenja zrnja manj uspešen. Sklepamo, da se je podobno zgodilo v našem poskusu. Sorta, uporabljena v našem poskusu, je zmerno tolerantna na okužbe s fuzariozami. Pri teh sortah je lahko velik del zrnja na podlagi organoleptičnih ocen videti popolnoma zdrav, a vsebuje velike količine mikotoksinov. Rezultati so pokazali, da način mletja statistično značilno vpliva na zmanjševanje toksinov (preglednica 3). Z uporabo standardnega industrijskega mletja smo zmanjšali vsebnosti DON za 71,3 % in NIV za 67,9 % (preglednica 3). Dobljene vrednosti so bile večje glede na rezultate podobnih poskusov (0–40 %) (Seitz in sod., 1986; Dexter in sod., 1996; Visconti in sod., 2004). Kljub nekaterim ugotovljenim izjemam (Ríos in sod., 2009) je vsebnost DON in NIV ponavadi tesno povezana s stopnjo pepela v moki (Schollenberger in sod., 2002). V moki z večjo vsebnostjo surovega pepela lahko pričakujemo večje vsebnosti DON in NIV.

Preglednica 2: Vsebnost DON in NIV (µg/kg) v pšeničnem zrnju pred in po čiščenju z uporabo industrijskih čistilcev zrnja (IČ) ali tradicionalnih čistilcev (TČ) ter zmanjšanje (%) vsebnosti mikotoksinov med čiščenjem

Postopek:		**Min. vrednost**	**Maks. vrednost**	**Povprečje ± SEM**
Vrednosti mikotoksinov v zrnju:				
Pred čiščenjem	DON	1743	2382	1949 ± 226 c
Po IČ-čiščenju	DON	1156	1423	1201 ± 140 a
Po TČ-čiščenju	DON[a]	1343	1928	1548 ± 266 b
Pred čiščenjem	NIV	157	238	194 ± 12,6 c
Po IČ-čiščenju	NIV	92	197	128 ± 15,7 a
Po TČ-čiščenju	NIV[a]	137	208	164 ± 10,5 b
Redukcija zaradi čiščenja:				
IČ-čiščenje	DON	–33,7	–40,2	–38,2 ± 1,1 b
TD-čiščenje	DON[a]	–16,8	–22,9	–20,8 ± 0,9 a
IČ-čiščenje	NIV	–17,2	–46,7	–34,8 ± 4,1 b
TD-čiščenje	NIV[a]	–12,6	–18,4	–15,5 ± 0,9 a

SEM: standardna napaka povprečja petih ponovitev. a: tradicionalna metoda predelave. Povprečja označena z enako črko (znotraj NIV ali DON) se ne razlikujejo značilno glede na Tukey HSD-test (P < 0,05).

Preglednica 3: Vsebnost DON (µg/kg) v moki, mleti s tremi tehnikami mletja in zmanjšanje (%) vsebnosti mikotoksinov med mletjem

Postopek:		**Min. vrednost**	**Maks. vrednost**	**Povprečje ± SEM**
Vsebnosti mikotoksinov v moki:				
IVM moka	DON	311	368	345 ± 20,7 a
IMK moka	DON	1061	1398	1220 ± 124 b
TMK moka	DON	1105	1771	1417 ± 218 b
IVM moka	NIV	50(<50[l])	59	54 ± 1,8 a
IMK moka	NIV	60	79	65 ± 3,4 b
TMK moka	NIV	82	95	89 ± 1,6 b
Redukcija zaradi mletja:				
IVM moka	DON	–70,2	–74,1	–71,3 ± 1,6
IMK moka	DON	+8,5	–6,8	–0,5 ± 0,8
TMK moka	DON	–1,9	–10,6	–9,5 ± 2,8
IVM moka	NIV	–64,8	–71	–67,9 ± 1,5
IMK moka	NIV	–38,1	–59,9	–47,2 ± 3,4
TMK moka	NIV	–37	–54,3	–45 ± 2,6

SEM: standardna napaka povprečja petih ponovitev. Povprečja označena z enako črko (znotraj NIV ali DON) se ne razlikujejo značilno glede na Tukey HSD-test (P < 0,05).

V našem poskusu je pri IVM-mletju le majhen delež zunanjih delov zrnja vstopil v fino mleto moko. To dejstvo je verjetno razlog za veliko stopnjo zmanjšanja vsebnosti mikotoksinov med industrijskim mletjem (preglednica 3). IVM-mletje je imelo signifikantno večji učinek na vsebnost mikotoksinov kot IMK (-0,5 % za DON) in TMK (-9,5 % za DON). V obeh primerih smo celotno zrnje zmleli in nobene frakcije nismo odstranili s siti. Mogoče sama mlevska procedura vpliva na vezavo toksinskih molekul na matriks polnozrnate moke in posledično na ekstrakcijske postopke mikotoksinov v laboratorijski pripravi vzorcev za HPLC-analize. V literaturi nismo našli potrditve naših domnev, tudi ne informacij o različnem načinu vezave mikotoksinov na matriks moke zaradi kemičnih reakcij med IMK- ali TMK-mletjem. Primerjava velikosti delcev v moki iz IMK- ter TMK-mletja je pokazala, da je IMK-moka

vsebovala manjše število večjih delcev kot TMK-moka (43 % in 54,2 %). Pomembna razlika med obema načinom mletja je bila tudi temperatura mletja. Pri mletju z uporabo mlina kladivarja je lahko material izpostavljen temperaturam 60–75 °C, kar je sicer prenizka temperatura, da bi povzročila signifikanten razpad toksinov (Hazel in Patel, 2004), mogoče pa lahko vpliva na moč vezave toksina na matriks moke. Trihoteceni so poznani kot temperaturno obstojni in DON kot zmerno stabilen pri 210 °C (Hazel in Patel, 2004). Pri mletju z mlinom kladivarjem se je vsebnost DON zmanjšala v povprečju za 0,5 %, vendar se vrednosti pred začetkom in vrednosti po mletju z mlinskim kamnom niso značilno razlikovale. Verjetno so izmerjene razlike v vsebnosti mikotoksinov pred in po mletju rezultat variabilnosti, povzročene z naključno pripravo vzorcev in ne kakih posebnih procesov med mletjem, ki spreminjajo fizikalne in kemične lastnosti molekul toksinov. Pri poskusu z industrijskimi napravami čiščenje ne more biti izvedeno enako natančno kot v laboratoriju in mešanju materialov različnih vzorcev se ne moremo popolnoma izogniti. Dejstvo je, da IMK- in TMK-mletje ne more zmanjšati vsebnosti toksinov do te mere kot IVM-mletje, ker vsi deli zrnja vstopajo v moko. Zmanjšanje vsebnosti NIV je bilo v povprečju večje kot pri DON. V literaturi nismo našli zapisov, da je porazdelitev NIV v okuženem zrnju drugačna kot od DON ali da je vezava NIV na matriks moke drugačna od vezave DON. Rezultati raziskave kažejo, da morda vse sorte, ki so odporne oziroma tolerantne na fuzarioze, niso primerne za predelavo v polnozrnato moko. Pri sorti Isengrain je bila pri IMK ter TMK mokah, mejna, še dovoljena vsebnost za vsebnost DON in NIV v moki presežena ne glede na način mletja in čiščenja. Dosežena učinkovitost v smislu zmanjševanja toksinov je lahko zato v nekaterih letih, ob močnejših vsebnostih toksinov premajhna, da bi v postopkih čiščenja in mletja dosegla merila kvalitete za polnozrnato moko (manj kot 750 µg/kg DON v moki pred peko). Zrnje z večjimi vsebnostmi DON in NIV ni primerno za predelavo v polnozrnate moke, ne glede na uporabljene tehnike čiščenja in mletja.

4 Sklepi

Zmanjševanje vsebnosti toksinov pri predelavi poteka korak za korakom. Slovenskih raziskav o vplivih pridelovalne tehnike in neindustrijske predelave pšeničnega zrnja na vsebnost trihotecenskih mikotoksinov v moki je, sodeč po analizi dostopnih znanstvenih virov, malo. V primeru fuzarioz klasa (FHB) moramo biti pozorni ne samo na odpornost sort na bolezen, ki zmanjša pridelek in poslabša pekovske lastnosti moke, ampak tudi na učinkovitost čiščenja zrnja pri obdelavi zrnja pred mletjem v moko. Tako smo pri primerjavi učinkovitosti čiščenja zrnja na kmetiji in v industrijskem obratu ugotovili, da je učinkovitost čiščenja pri preprostih napravah na kmetiji za 30 % manjša od učinkovitosti čiščenja v industrijskem obratu. Pri čiščenju zrnja na kmetiji smo dosegli 20,8 % in 15,5 % zmanjšanje vsebnosti mikotoksinov (DON in NIV), pri industrijskem čiščenju pa 38,2 % ter 34,8 %. Rezultati kažejo, da je za izboljšanje obvladovanja tveganj glede DON in NIV potrebno povečati učinkovitost čiščenja v neindustrijskih obratih (posodobitev opreme). Rezultati so pokazali, da način čiščenja in mletja signifikantno vplivata na zmanjševanje toksinov, a je pri nekaterih sortah lahko običajno dosežena učinkovitost čiščenja in mletja v smislu zmanjševanja toksinov med postopkoma premajhna, da bi dosegla merila kvalitete za polnozrnato moko (manj kot 750 µg/kg DON v moki pred peko).

5 Literatura

Bennett, G.A., Richard, J.L. 1996. Influence of processing on Fusarium mycotoxins in contaminated grains. Food Technology, 50: 235–239

Bennett, J.W., Klich, M. 2003. Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews, 16, 3: 497–516

Bottalico, A., Perrone, G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. European Journal of Plant Pathology, 108: 611–624

Chelkowski, J., Perkowski, J. 1992. Mycotoxins in cereal grain (part 15). Distribution of deoxynivalenol in naturally contaminated wheat kernels. Mycotoxin Research, 8: 27–30

Dexter, J.E., Clear, R.M., Preston, K.R. 1996. Fusarium head blight: Effect on the milling and baking of some Canadian wheats. Cereal chemistry, 73: 695–701

Fuchs, E., Handel, J., Binder, E.M. 2004. LC-MS/LC-UV analysis of type A and B trichothecenes after multifunctional MycoSep® clean-up. V: Yoshizava, T. (Editor). 2003. Proceedings of ISMYCO Conference. New horizons of mycotoxicology for assuring food safety. Kagawa, Japan: 225–232

Gärtner, B.H., Munich, M., Kleijer, G., Mascher, F. 2008. Characterisation of kernel resistance against Fusarium infection in spring wheat by baking quality and mycotoxin assessments. European Journal of Plant Pathology, 120, 1: 61–68

Hazel, C.M., Patel, S. 2004. Influence of processing on trichothecene levels. Toxicology Letters, 153: 51–59

Jouany, J.P. 2007. Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. Fusarium and their toxins: Mycology, occurrence, toxicity, control and economic impact. Animal Feed Science and Technology, 137, 3–4: 342–362

Kolmanič, A. 2013. Obvladovanje pojava trihotecenskih mikotoksinov (deoksinivalenol in nivalenol) v neindustrijski verigi pridelave in predelave krušnih žit. Doktorska disertacija. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor: 187 str.

Kushiro, M. 2008. Effects of Milling and Cooking Processes on the Deoxynivalenol Content in Wheat. International journal of molecular sciences, 9, 11: 2127–2145

Larsen, J.C., Hunt, J., Perrin, I., Ruckenbauer, P. 2004. Workshop on trichothecenes with a focus on DON: summary report. Toxicology Letters, 153: 1–22

Murphy, P.A., Hendrich, S., Landgren, C., Bryant, C.M. 2006. Food Mycotoxins: An Update. Journal of Food Science, 71, 5: 51–65

Palpacelli, V., Beco, L., Ciani, M. 2007. Vomitoxin and zearalenone content of soft wheat flour milled by different methods. Journal of Food Protection, 70, 2: 509–513

Richard, J.L. 2007. Some major mycotoxins and their mycotoxicoses – an overview. International Journal of Food Microbiology, 119, 1–2: 3–10

Romer Labs® Division Holding GmbH. 2012. http://www.romerlabs.com/en/home (15. 12. 2014)

Schollenberger, M., Jara, H.T., Suchy, S., Drochner, W., Müller, H.M. 2002. *Fusarium* toxins in wheat flour collected in an area in southwest Germany. International Journal of Food Microbiology, 72: 85–89

Seitz, L.M., Eustace, W.D., Mohr, H.E., Shogren, M.D., Yamazaki, V.T. 1986. Cleaning, milling, and baking tests with durum winter wheat containing deoxynivalenol. Cereal Chemistry, 63: 146–150

Thammawong, M., Okadome, H., Shiina, T., Nakagawa, H., Nagashima, H., Nakajima, T., Kushiro, M. 2011. Distinct Distribution of Deoxynivalenol, Nivalenol, and Ergosterol in Fusarium-infected Japanese Soft Red Winter Wheat Milling Fractions. Mycopathologia, 172: 323–330

Uredba Komisije (ES) št. 1126/2007 o spremembi Uredbe (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih glede toksinov iz rodu Fusarium v koruzi in koruznih proizvodih. Ur. l. EU. št. 255: 14–17

Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. Ur. l. EU. št. 364: 5–24

Visconti, A., Haidukowski, E.M., Pascale, M., Silvestri, M. 2004. Reduction of deoxynivalenol during durum wheat processing and spaghetti cooking. Toxicology Letters, 153, 1: 181–189

Ríos, G., Zakhia-Rozis, N., Chaurand, M., Richard-Forget, F., Samson, M.F., Abecassis, J., Lullien-Pellerin, V. 2009. Impact of durum wheat milling on deoxynivalenol distribution in the outcoming fractions. Food Additives and Contaminants, 26, 4: 487–495

Učinki pekovskih tehnik na vsebnost deoksinivalenola (DON) in nivalenola (NIV) v kruhu

Aleš KOLMANIČ[25], Mario LEŠNIK[26]

Izvleček
Da bi opravili analizo spreminjanja vsebnosti trihotecenskih mikotoksinov deoksinivalenol (DON) in nivalenol (NIV) v pridelovalni in predelovalni verigi, smo pšenico iz poljskih poskusov očistili z različnimi napravami za čiščenje. Nato smo jo zmleli v različne vrste moke in nazadnje spekli kruh. Preučevali smo vpliv dveh načinov peke (v industrijski peči in v keramični krušni peči) iz moke, pridobljene iz treh različnih načinov mletja. Začetna vsebnost DON v zrnju je bila 1400–1900 µg/kg ter NIV 130 – 200 µg/kg in se je po mletju v tri tipe moke v moki gibala med 310 – 370 µg/kg DON in <50 – 70 µg/kg NIV pri industrijski moki(IVM), 1060 – 1400 µg/kg DON in 60 – 87 µg/kg NIV v industrijski polnozrnati moki (IMK) ter 1100–1770 µg/kg DON in 80–95 µg/kg NIV v tradicionalni polnozrnati moki (TMK). Povprečno zmanjšanje vsebnosti DON med peko kruha je bilo po 70 minutni peki (195 – 235 °C) 47,2 % pri peki v industrijski peči ter 48,7 % pri peki v keramični peči. Vsebnosti DON v kruhu so bile po peki v industrijski peči iz IMK moke pod zakonsko predpisano mejo 500 µg/kg, pri kruhu, pripravljenem iz polnozrnate tradicionalne moke in pečenem v krušni peči pa med 850 in 950 µg/kg.
Ključne besede: trihotecenski mikotoksini, pšenica, moka, peka, ohranjanje toksinov, polnozrnati kruh

Effects of baking techniques on deoxynivalenol and nivalenol content in bread

Abstract
To analyze the variation of content of trichothecene mycotoxins deoxyinivalenol (DON) and nivalenol (NIV) within the cereal production and processing chain wheat was grown on small experimental plots. Grain was harvested, cleaned by different types of cleaning devices and processed to different types of flours from which bread was baked. Impact of three milling techniques (industrial roller-grinder – IRG, grain hammer crasher – IHC, traditional millstone –OMS) and two baking techniques (industrial oven, traditional ceramic stove heated by wood) was observed. Initial values of DON and NIV in grain sample (2500 kg) ranged from 1400–1900 µg/kg and 130–200µg/kg, respectively, and were after processing 310–370 µg/kg and <50–70 µg/kg in standard industrial flour, 1060–1400 µg/kg and 60–87 µg/kg in industrial wholegrain flour and 1100–1770 µg/kg and 80–95 µg/kg in traditional wholegrain flour, respectively. The average reduction in DON concentration after baking (70 min. at 195–235 °C) was 47.2 % for bread baked in the industrial oven and 48.7 % for bread baked in the ceramic stove. Concentrations of DON in bread from industrial wholegrain flour baked in industrial oven were under legal limit of 500 µg/kg, however, values in bread prepared from traditional wholegrain flour were higher (850–950 µg/kg).
Key words: trichothecenes mycotoxins, wheat, flour, baking, mycotoxins retention, whole-grain bread

1 Uvod

Med običajna priporočila glede zdrave prehrane spada povečano uživanje z vlakninami bogatih izdelkov iz polnozrnate moke. Dandanes si potrošniki želijo tovrstnih izdelkov, vendar obenem iščejo izdelke, ki niso bili proizvedeni iz konvencionalnega žita ter v industrijskih postopkih mletja in peke. Sistematičnih analiz tveganja povečanega vnosa

[25] Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: ales.kolmanic@kis.si
[26] Prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: mario.lesnik@um.si

mikotoksinov za potrošnike pri tovrstnih izdelkov pri nas nimamo in bi bili potrebni. Mikotoksini so sekundarni presnovki v metabolizmu gliv in lahko predstavljajo nevarnost v prehrani ljudi in živali. Njihovo ime izvira iz grške besede »*mycos*«, ki pomeni plesen, ter latinske besede »toxicum«, kar pomeni strupen (Bennet in Klinch, 2003). Izraz mikotoksin je navadno namenjen razmeroma majhnim molekulam (MM≈700), naravnih toksičnih kemičnih snovi, ki nastanejo kot sekundarni metaboliti pri presnovi gliv in so lahko prisotni na pridelkih pred in po spravilu ter v proizvodih iz njih (Richard, 2007). Pri žitih posvečamo veliko pozornost fuzariozam klasov, ki jih povzročajo glive iz rodu *Fusarium* (predvsem *Fusarium graminearum* Schwabe ter *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc.) katere lahko oblikujejo veliko število zdravju ljudi in živalim škodljivih toksinov, kot so npr. trihoteceni, zearelenoni, fumonisini idr. (Bennet in Klinch, 2003). Mikotoksina deoksinivalenol (DON) ter nivalenol (NIV) spadata med najpogostejša in najpomembnejša trihotecenska mikotoksina gliv *Fusarium* spp. v Evropi (Bottalico in Perone, 2002). Samo z običajnimi pridelovalnimi tehnikami žit pogosto ni mogoče popolnoma preprečiti razvoja gliv, ki oblikujejo mikotoksine (Jouany, 2007). Zato so v pridelovalni in predelovalni verigi potrebni zelo sistematični pristopi, da vsebnosti mikotoksinov ne presežejo mejnih vrednosti, ki so določene z uredbami o mejnih vrednostih kontaminantov v hrani in krmi (za DON–Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006; Uredba Komisije (ES) št. 1126/2007). Kljub razvitim predpisom pa tveganj zaradi pojava in zauživanja mikotoksinov ne moremo povsem preprečiti (Wo, 2004). DON je stabilen pri 120 °C, dobro stabilen pri 180 °C ter zmerno stabilen pri 210 °C, je vodotopen, v šibko kislih raztopinah je relativno obstojen, v alkalnih raztopinah pa hitro razpade (Hazel in Patel, 2004; Larsen in sod., 2004). Posledično so v odvisnosti od uporabljenih tehnik rezultati raziskav učinkov peke večinoma pokazali nasprotujoče si rezultate, od signifikantnega do nezaznavnega zmanjšanje DON in NIV (Schollenberger in sod., 1999; Schollenberger in sod., 2005; Sugita-Konishi in sod., 2006). Kljub temu, da glede na nekatere raziskave peka ne vpliva na zmanjšanje vsebnosti DON (Lancova in sod., 2008), lahko segrevanje povzroči razpad in ustvarjanje novih razpadnih produktov, ki so manj citotoksični kot DON in se zato njegova toksičnost zaradi segrevanja lahko zmanjša (Bretz in sod., 2006). Tako so Sugita-Konishi in sodelavci (2006) dokazali, da peka ni zmanjšala vsebnosti DON v kruhu, je pa zmanjšala njegovo citotoksičnost

Namen raziskave je bil proučiti učinkovitost postopkov priprave in peke (industrijska peka ter peka v keramični peči) krušnih žit v Sloveniji na zmanjševanje vsebnosti trihotecenskih mikotoksinov (deoksinivalenol in nivalenol).

2 Material in metode dela

V poskusu smo uporabili pšenično zrnje sorte Isengrain iz integrirane pridelave brez uporabe fungicidov. Zrnje smo pridelali v poskusu na lokaciji Maribor v letu 2009. Za potrebe poskusa (preglednica 1) smo sorto Isengrain posejali na površini 80 arov (makroposkus). Dodatno smo jo za primerjavo tolerantnosti na fuzarioze med različnimi sortami gojili na majhnih parcelah (10 m^2), urejenih po sistemu naključnih blokov z dvema obravnavanjema (škropljeno s fungicidi in neškropljeno) s štirimi ponovitvami (podatki niso prikazani). Rastline smo v fenofazi BBCH 63–65 umetno okužili s trosi gliv iz rodu *Fusarium.* Vsi postopki na makroposkusu so bili enaki kot v mikroposkusih brez uporabe fungicidov, razen žetve, ki je bila izvedena z navadnim kombajnom za spravilo žit. Podrobnejša metodologija poljskega poskusa je razvidna v disertaciji (Kolmanič, 2013). Po žetvi makroposkusa smo količino zrnja premešali in zmanjšali na potrebnih 2500 kg. Potem smo zrnje skladiščili osem mesecev in ga nato očistili ter zmleli. Zrnje smo skladiščili v mlinskem podjetju. Skladišče je imelo naravno

atmosfero in je bilo zračeno. Skladiščna temperatura je bila 10 ± 2 °C. Zračna vlaga je bila med 65 in 75 %. Pred začetkom poskusa smo vzorce moke poslali na določitev vsebnosti DON in NIV v moki z HPLC-UV-analizo. Pred poskusom smo izmerili tudi osnovne lastnosti mok (vlaga, pepel, padno število, kislost in velikost delcev).

2.1 MLETJE IN PRIPRAVA TESTA

Osnovno količino zrnja (2500 kg, NZ – neočiščeno zrnje) smo temeljito premešali in razdelili v 15 pod-vzorcev (NZ 1–15) iz katerih smo po čiščenju in mletju dobili 15 serij mok (preglednica 1).

Preglednica 4: Zasnova mlevskega in pekovskega poskusa

OSNOVNA SERIJA NEPREDELANEGA ZRNJA (2500 kg)		
5 serij NZ NZ 1 – 6 5 x 300 kg Industrijsko čiščenje IČ	5 serij NZ NZ 6 – 10 5 x 100 kg Industrijsko čiščenje IČ	5 serij NZ NZ 11 – 15 5 x 100 kg Tradicionalno čiščenje TČ
5 serij očiščenega zrnja OZ 1 - 5	5 serij očiščenega zrnja OZ 6 - 10	5 serij očiščenega zrnja OZ 11 - 15
Mletje s standardnim industrijskim valjčnim mlinom	Mletje z industrijskim mlinom kladivarjem	Mletje s tradicionalnim mlinskim kamnom
5 serij standardne industrijske moke IVM 1 - 5	5 serij polnozrnate industrijske moke IMK 6 - 10	5 serij "tradicionalne" polnozrnate moke TMK 11 - 15
PEKA V INDUSTRIJSKI PEČI **Standardni industrijski kruh** (IVM) **Standardni industrijski polnozrnati kruh** (IMK) **Nestandardni industrijski polnozrnati kruh** (TMK)		PEKA V KERAMIČNI PEČI **Standardni kruh** (IVM) **Polnozrnati kruh** (IMK) **Tradicionalni polnozrnati kruh** (TMK)

Iz vsake od 15 serij mok smo pripravili testo glede na standardne industrijske in tradicionalne načine peke kruha. 15 vzorcev testa smo pripravili za peko v električni industrijski peči in 15 vzorcev za peko v tradicionalni keramični peči, ogrevani z lesno maso. Vse tipe testa smo pripravili z mešanjem vode, soli, moke in kvasa, brez ostalih dodatkov. Po mešanju testa do optimalnega stanja je sledilo fermentiranje (počivanje) testa za 20 minut, gnetenje testa za nekaj minut ter nato fermentiranje za 75 minut pri polnozrnati moki in 45 minut pri standardni industrijski moki. Potem smo štruce (1,5 kg vsaka) položili v industrijsko ali keramično peč.

2.2 POSTOPEK PEKE KRUHA

Peko v keramični peči smo izvedli na kmetiji Sajko s pomočjo gospodinje, ki ima preko 30 let izkušenj s peko kruha. Peko v industrijski peči smo izvedli v pekarni Aidaren blizu Ptuja. Temperatura zraka pred začetkom peke v industrijski peči je bila med 200 in 205 °C in 225 in 235 °C v keramični peči. V obeh primerih je peka trajala 70 minut za vse tipe kruha. Med

peko smo merili temperaturo skorje kruha v 10-minutnih intervalih s pomočjo laserskega infrardečega termometra (Nieaf Instruments NI T 833). Merilno točko smo usmerjali v sredino vrha vsake štruce kruha. Temperatura skorje kruha se je med peko v industrijski peči zmanjšala z 205 na 175 °C, pri peki v keramični peči pa iz 235 na 185 °C v obdobju 70 minut med peko. Po peki smo ohlajene štruce kruha zavili v plastično folijo in odnesli v laboratorij. Kruh smo položili v zamrzovalnik in 14 dni po peki analizirali na vsebnost DON in NIV.

2.3 ANALIZE VSEBNOSTI MIKOTOKSINOV

Analize vsebnosti trihotecenov v vzorcih smo opravili v laboratoriju QUANTAS Analytik GmbH, Europe, Technopark 1, 3430 Tulln, Avstrija. Uporabljena metoda je bila HPLC-analiza z UV-detekcijo. Podrobno predstavitev standardne, mednarodno potrjene metode diagnostičnih protokolov je navedena v prispevku Fuchsa in sodelavcev (2004), prav tako je dostopna na spletnem naslovu (Romer Labs, 2012). Osnovni vzorci za analize na vsebnosti mikotoksinov so pri moki tehtali po tri kilograme in pri vzorcih kruha (vsaka štruca) po kilogram in pol.

3 Rezultati z diskusijo

Povprečne vsebnosti pred pripravo testa so v IVM moki bile med 345 µg/kg DON ter 54 µg/kg NIV, pri IMK moki med 1220 µg/kg DON ter 65 µg/kg NIV ter pri TMK moki 1417 µg/kg DON in 89 µg/kg NIV. Mletje večinoma vodi v porazdelitev DON in NIV v različne mlevske frakcije, kar je bilo opaženo tudi v naši raziskavi (preglednica 2). Večje vsebnosti so običajno pričakovane v frakcijah, ki vsebujejo zunanje dele zrnja (otrobi, polnozrnata moka itd.), in manjše v tistih, ki vsebujejo samo notranji endosperm (fina bela moka) (Scott in sod., 1983; Scholenberger in sod., 2002). Vsebnost DON in NIV je večinoma tesno povezana s stopnjo surovega pepela v moki (Young in sod., 1984; Schollenberger in sod., 2002). V moki z večjo vsebnostjo surovega pepela lahko zato pričakujemo večje vsebnosti DON in NIV, a obstajajo tudi izjeme, kjer ni bila ugotovljena tesna povezava med pepelom ter DON in NIV (Ríos in sod., 2009). Primerjava velikosti delcev v moki iz IMK- ter TMK-mletja (preglednica 2) je pokazala, da je IMK-moka vsebovala manjše število večjih delcev kot TMK-moka (43 % in 54,2 %). Podatki zmanjšanja vsebnosti toksinov med peko so prikazani v preglednici 3. V pridelovalni in predelovalni verigi so potrebni zelo sistematični pristopi, da vsebnosti mikotoksinov ne presežejo mejnih vrednosti in tehnike priprave testa ter peke so pri kruhu samo zadnji korak v tej verigi. V našem primeru je peka v industrijski peči zmanjšala vsebnost DON v povprečju 36,6 – 67,4 % in NIV 27,1 – 29,8 %. Peka v keramični peči je zmanjšala vsebnost DON 35,4 – 73,4 % in NIV 24,0 – 38,4 %. Razlike med industrijsko peko in peko v keramični peči so bile majhne in se niso statistično značilno razlikovale. Peka ima dokazano majhen učinek na odstranitev DON in NIV zaradi njune toplotne obstojnosti (Sugita-Konishi in sod., 2006), a v literaturi najdemo nasprotujoče si rezultate raziskav, ki kažejo na bodisi majhno zmanjšanje vsebnosti med peko za 5–10 % (Scott in sod., 1983; Wolf-Hall in sod., 1999; Hazel in Patel, 2004) kot tudi zmerno zmanjšanje od 20 do 70 % (Seitz in sod. 1986; Lauren in Smith, 2001; Bretz in sod., 2006). Vsaj del razlik med rezultati raziskav je mogoče pripisati kulturno-etničnim razlikam v tehnikah priprave in peke kruha, ki se pogosto zelo razlikujejo od naših. Podatkov o rezultatih vpliva peke v keramičnih pečeh na vsebnosti DON in NIV nismo našli. Zmanjšanje DON in NIV zaradi vpliva peke pri IMK in TMK moki je bila večja pri peki kruha v keramičnih pečeh. V našem poskusu so bile razlike v temperaturi med industrijsko peko in peko v keramičnih pečeh majhne (10 – 15 °C), vendar verjetno

dovolj, da so višje temperature v keramični peči povzročile malenkostno večji razpad DON in NIV.

Preglednica 5: Analizirane lastnosti mok

Tip moke	**Vlaga (%)**	**Pepel (%)**	**FN**	**Kislost**	**Razporeditev velikosti delcev (%)**		
					>250 µm	>200 µm	>132 µm
IVM-moka	13,4	0,563	204	3,2	0,9	3,1	23
IMK-moka	13,1	1,765	221	4,4	19,6	26,9	43
TMK-moka	13,1	1,502	292	3,3	23,8	31,1	54,2
Vsebnost mikotoksinov v moki		**Min. vrednost**		**Maks. vrednost**		**Povprečje ± SEM**	
		µg/kg		µg/kg		µg/kg	
IVM-moka	DON	311		368		345 ± 20,7	
IMK-moka	DON	1061		1398		1220 ± 124	
TMK-moka	DON	1105		1771		1417 ± 218	
IVM-moka	NIV	50(<50[l])		59		54 ± 1,8	
IMK-moka	NIV	60		79		65 ± 3,4	
TMK-moka	NIV	82		95		89 ± 1,6	

IVM: industrijsko valjčno mletje (industrijska standardna moka); IMK: industrijski mlin kladivar (industrijska polnozrnata moka); TMK: tradicionalni mlinski kamen (tradicionalna polnozrnata moka); FN: padajoče število, SEM: standardna napaka povprečja petih ponovitev
l - Pod mejo detekcije 50 µg/kg (LOD)

Preglednica 6: Vsebnost DON in NIV(µg/kg) v kruhu po peki treh tipov moke v industrijski in keramični peči

Postopek:		**Min. vrednost**		**Maks. vrednost**		**Povprečje ± SEM**	
Peka v industrijski peči		µg/kg	%	µg/kg	%	µg/kg	%
IVM moka	DON	169	-26,1	272	-45,6	219±12,7	-36,6±2,5
IMK moka	DON	227	-64,1	502	-69,4	297±21,9	-67,4±1,9
TMK moka	DON	809	-26,8	893	-49,6	859±11,7	-39,4±2,7
IVM moka	NIV	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])
IMK moka	NIV	50	-12,7	59	-36,7	54±1,5	-27,1±6,1
TMK moka	NIV	53	-14,6	70	-45,6	62±2,9	-29,8±3,9
Peka v keramični peči							
IVM moka	DON	171	-29,1	261	-45	223±13,9	-35,4±2,4
IMK moka	DON	253	-66,5	468	-77,3	329±31,1	-73,4±1,5
TMK moka	DON	750	-32,1	950	-46,5	869±32,5	-37,1±2,3
IVM moka	NIV	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])	(<50[l])
IMK moka	NIV	(<50[l])	-20,6	60	-27,8	55±1,8	-24±1,3
TMK moka	NIV	53	-28,4	68	-45,6	55±2,5	-38,4±2,3

IVM: industrijsko valjčno mletje (industrijska standardna moka); IMK: industrijski mlin kladivar (industrijska polnozrnata moka); TMK: tradicionalni mlinski kamen (tradicionalna polnozrnata moka); FN: padajoče število, SEM: standardna napaka povprečja petih ponovitev
l - Pod mejo detekcije 50 µg/kg (LOD)

Zmanjšanje vsebnosti toksinov pri IMK-peki je bilo veliko večje (67,4 – 73,4 %) kot zmanjšanje pri peki polnozrnatega kruha iz TMK-moke (37,1 – 39,4 %) in peki industrijskega standardnega kruha (35,4–36,6 %) (preglednica 3). Tako veliko razliko ne moremo razložiti samo z variabilnostjo vzorčenja. Mogoče vezava DON na matriks testa ni enaka pri obeh tipih testa. Morebiti je velikost delcev v moki vplivala na ekstrakcijo toksinov iz matriksa kruha. Naši rezultati so pokazali, da tudi 70–minutna peka pri temperaturi blizu 200 °C ne zmanjšuje vsebnosti DON in NIV za več kot 73 % (v povprečju precej manj), kar je lahko pri uporabi polnozrnatih mok z večjo vsebnostjo mikotoksinov v določenih letih problematično. Vsebnost DON v takih primerih ne pade pod zakonsko predpisano mejno vrednostjo za kruh (500 µg/kg) (Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006; Uredba Komisije (ES) št. 1126/2007) in moke z večjimi vsebnostmi DON in NIV ni primerna za peko polnozrnatega kruha. Ne glede na način peke je kruh iz TMK moke v naši raziskavi vseboval presežne vsebnosti DON. Kljub celo večjemu zmanjšanju DON pri peki TMK moke (37,1 in 39,4 % zmanjšanje) v primerjavi z IMK moko (35,4 in 36,6 % zmanjšanje), so bile začetne vsebnosti DON v TMK moki prevelike, da bi v postopkih peke dosegle zakonsko predpisano mejno vrednost. V nobenem primeru pa pri podobnih tehnikah peke ne moremo pričakovati popolnega razpada omenjenih toksinov ne glede na uporabljeni tip moke (preglednica 3).

4 Sklepi

Kljub dejstvu, da se metode industrijske in tradicionalne priprave testa in kruha v Sloveniji razlikujejo v trajanju časa priprave testa, uporabi različnih dodatkov, temperaturi in času peke, kaže, da se v slovenskih razmerah povprečno zmanjšanje DON in NIV s peko kruha ne razlikuje signifikantno glede na industrijsko ali tradicionalno pripravo. V postopku priprave polnozrnatega kruha na kmetijah imajo postopki čiščenja enako pomemben vpliv na količino DON in NIV v kruhu kot tehnike peke kruha. Zmanjšanje obeh toksinov je primerljivo pri obeh načinih peke, vendar je pričakovan razpad pri posameznih tipih mok zaradi višje temperature malce večji v keramični krušni peči. Vsebnosti DON in NIV v neindustrijskem (tradicionalnem) polnozrnatem kruhu so nad dovoljeno mejo (500 µg/kg) pričakovane le v redkih primerih, ko bi pri peki uporabili moko iz zelo onesnaženega zrnja ter zaradi uporabe nekvalitetnih naprav ali postopkov za čiščenje zrnja. V takih primerih polnozrnati kruh ni primeren za potrošnike. V primeru upoštevanja postopkov, predvidenih za izvedbo v pridelovalni in predelovalni verigi, glede vsebnosti DON in NIV ne pričakujemo signifikantnih razlik med industrijskim polnozrnatim kruhom, ki je na voljo v supermarketih in pekarnah, ter polnozrnatim kruhom, ki je na voljo na kmetijah in v posebnih trgovinah. Pričakovane vsebnosti DON in NIV pri polnozrnatih kruhih so vsekakor večje kot pri kruhu, pripravljenem iz fine industrijske moke, vendar ne toliko večje, da bi bilo ogroženo zdravje potrošnikov, ki ga uživajo.

5 Literatura

Bennett, J.W., Klich, M. 2003. Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews, 16, 3: 497–516

Bottalico, A., Perrone, G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. European Journal of Plant Pathology, 108: 611–624

Bretz, M., Beyer, M., Cramer, B., Knecht, A., Humpf, H.U. 2006. Thermal degradation of the Fusarium mycotoxin deoxynivalenol. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 17: 6445–6451

Fuchs, E., Handel, J., Binder, E.M. 2004. LC-MS/LC-UV analysis of type A and B trichothecenes after multifunctional MycoSep® clean-up. V: Yoshizava, T. (Editor). 2003. Proceedings of ISMYCO Conference. New horizons of mycotoxicology for assuring food safety. Kagawa, Japan: 225–232

Hazel, C.M., Patel, S. 2004. Influence of processing on trichothecene levels. Toxicology Letters, 153: 51–59

Jouany, J.P. 2007. Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. Fusarium and their toxins: Mycology, occurrence, toxicity, control and economic impact. Animal Feed Science and Technology, 137, 3–4: 342–362

Kolmanič, A. 2013. Obvladovanje pojava trihotecenskih mikotoksinov (deoksinivalenol in nivalenol) v neindustrijski verigi pridelave in predelave krušnih žit. Doktorska disertacija. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor: 187 str.

Lancova, K., Hajslova, J., Kostelanska, M., Kohoutkova, J., Nedelnik, J., Moravcova, H., Vanova, M. 2008. Fate of trichothecene mycotoxins during the processing: Milling and baking. Food additives and contaminants, 25, 5: 650–659

Larsen, J.C., Hunt, J., Perrin, I., Ruckenbauer, P. 2004. Workshop on trichothecenes with a focus on DON: summary report. Toxicology Letters, 153: 1–22

Lauren, D.R., Smith, W.A. 2001. Stability of the Fusarium mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol and zearalenon in ground maize under typical cooking environments. Food Aditives and Contaminants, 18: 1011–1016

Richard, J.L. 2007. Some major mycotoxins and their mycotoxicoses – an overview. International Journal of Food Microbiology, 119, 1–2: 3–10

Ríos, G., Zakhia-Rozis, N., Chaurand, M., Richard-Forget, F., Samson, M.F., Abecassis, J., Lullien-Pellerin, V. 2009. Impact of durum wheat milling on deoxynivalenol distribution in the outcoming fractions. Food Additives and Contaminants, 26, 4: 487–495

Schollenberger, M., Drochner, W., Rüfle, M., Jara, H.T., Müller, H.M. 2005. Trichothecene toxins in different groups of conventional and organic bread of the German market. Journal of Food Composition and Analysis, 18: 69–78

Schollenberger, M., Jara, H.T., Suchy, S., Drochner, W., Müller, H.M. 2002. *Fusarium* toxins in wheat flour collected in an area in southwest Germany. International Journal of Food Microbiology, 72: 85–89

Schollenberger, M., Suchy, S., Jara, T.H., Drochner, W., Müller, H.M. 1999. A survey of Fusarium toxins in cereal-based foods marketed in an area of southwest Germany. Mycopathologia, 147, 1: 49–57

Scott, P., Kanhere, S.R., Lau, P.Y, Dexter, J.E. 1983. Effects of experimental flour milling and bread baking on retention of deoxynivalenol (vomitoxin) in hard red spring wheat. Cereal Chemistry, 60: 421–424

Seitz, L.M., Eustace, W.D., Mohr, H.E., Shogren, M.D., Yamazaki, V.T. 1986. Cleaning, milling, and baking tests with durum winter wheat containing deoxynivalenol. Cereal Chemistry, 63, 2: 146–150

Sugita-Konishi, Y., Park, B.J., Kobayashi-Hattori, K., Tanaka, T., Chonan, T., Yoshikawa, K., Kumagai, S. 2006. Effect of cooking process on the deoxynivalenol content and its subsequent cytotoxicity in wheat products. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 70, 7: 1764–1768

Uredba Komisije (ES) št. 1126/2007 o spremembi Uredbe (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih glede toksinov iz rodu *Fusarium* v koruzi in koruznih proizvodih. Ur. l. EU. št. 255: 14–17

Uredba Komisije (ES) št. 1881/2006 o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. Ur. l. EU. št. 364: 5–24

Wo, F. 2004. Mycotoxin Risk Assessment for the Purpose of Setting International Regulatory Standards. Environmental Science & Technology, 38, 15: 4049–4055

Wolf-Hall, C., Hanna, M., Bullerman, L. 1999. Stability of deoxynivalenol in heat-treated foods. Journal of Food Protection, 62: 962–964

Young, J.C., Fulcher, R.G., Hayhoe, J.H., Scott, P.M., Dexter, J.E. 1984. Effect of milling and baking on deoxynivalenol (vomitoxin) content of Eastern Canadian wheats. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 32, 3: 659–664

Sladkorna pesa v Sloveniji – zakaj smo jo opustili

Anton TAJNŠEK[27]

Izvleček
Z vstopom Slovenije v EU leta 2004 je njen sladkorni sektor prevzel evropsko ureditev sladkornega trga. EU se je pod vplivom WTO ravno takrat odločila za korenito reformo sladkornega trga. Cene sladkorja na notranjem trgu EU, ki so bile približno trikrat višje kot svetovne, so morali znižati za 30 %, zmanjšati pridelavo sladkorja za tretjino in dovoliti omejen uvoz sladkorja iz afriško karibsko pacifiških držav (ACP) in najmanj razvitih držav (LDC). V dohodkovno najmanj konkurenčnih regijah EU so sladkorno peso nehali gojiti in med nje je spadala tudi regija okrog Ormoža, ker je stala edina tovarna sladkorja (TSO) v Sloveniji. To se je zgodilo, ker so bili v njej pridelki sladkorja med najnižjimi (6,1 t/ha) med članicami EU in ker je bilo premalo posejanih njiv s sladkorno peso. Tako so bile predelovalne kapacitete TSO izkoriščene le 65 %.
Ključne besede: reforma trga s sladkorjem, WTO, sladkorna pesa, Slovenija, EU, svetovna cena

Why sugar beet growing in Slovenia was left of

Abstract
Since 2004, when Slovenia entered EU, its sugar sector has been regulated by EU's sugar market regime. Just at that time EU, impacted by WTO, decided for a major reform on sugar market policy. Sugar price in EU at that time, which used to be three times higher than the world price, has been reduced for 30 %, the sugar beet production has been reduced for one third, and the EU market has been opened for limited imports of sugar from the African, Caribbean and Pacific states (ACP) and Least Developed Countries (LDC). The least competitive areas for growing of sugar beet in EU were put out of production; that happened also to the beet sugar producers around the region of Ormož, where the only sugar factory in Slovenia was located. Theirs sugar beet yields were among the lowest in EU (6.1 t/ha), and the sugar beet areas were too low, therefore the sugar factory capacity was utilizated only 65 %.
Key words: sugar market reform, WTO, sugar beet, Slovenia, EU, world price

1 Uvod

Zavzemanje za uvedbo sladkorne pese je po mnogih, več kot stoletje ponavljajočih se neuspešnih predhodnih poskusih, ki so se začeli že za časa Avstro Ogrske (Kohl in Steiger-Moser, 2013) in nadaljevali po drugi svetovni vojni (Tajnšek in Spanring, 1975), sredi sedemdesetih let prejšnjega stoletja le rodilo uspeh. Takratno ugodno gospodarsko in politično klimo, ki je bila naklonjena izgradnji tovarne sladkorja v Sloveniji (zbiranje »sladkornega« denarja ob pomanjkanju sladkorja na zaprtem socialističnem trgu SFRJ), so izkoristili pobudniki, zbrani v okviru Gospodarske zbornice Slovenije in Konzorcija za izgradnjo tovarne sladkorja, katerega nosilec je bil SLOVIN Ljubljana. Za začetek so v letih 1975–77 opravili številne poljske poskuse s sladkorno peso na kmetijah v okolici Ormoža in Križevcev, da so odpravili nekatere, do takrat še nerazrešene tehnološke probleme v zvezi s pridelavo te »kraljice poljščin«: vprašanja medvrstne in vrstne razdalje ter gostote setve, ob uporabi eno-kličnega obloženega (piliranega) semena ustreznih sort. Na podlagi osebnih ogledov ob dnevih sladkorne pese v Seligenstadtu, v letih 1975 in 1976, je bila opravljena študija o uporabi primernih strojnih linij za pridelovanje sladkorne pese od priprave njive za setev do

[27] Dr., redni univerzitetni profesor v pokoju, V Murglah 26, 1000 Ljubljana, e-pošta: tone.tajnsek@bf.uni-lj.si

spravila (kombajniranja). V okviru konzorcija je bila opravljena tudi inventarizacija za pridelovanje sladkorne pese primernih njiv, ob upoštevanju štiriletnega njivskega kolobarja. Ker je bila nameravana izgradnja tovarne sladkorja zasnovana na kapaciteti 40.000 t sladkorja (okrog 60–70 % slovenskih potreb po sladkorju) in glede na pričakovanji pridelek 6–7 t sladkorja na hektar, je bilo potrebno ugotoviti, ali je v polmeru 50 km od Ormoža, kjer je bila načrtovana tovarna sladkorja, na slovenski strani na razpolago 30.000–35.000 ha za sladkorno peso primernih njiv. Pri ugotavljanju primernosti njiv za peso so sodelovali tudi pedologi z Biotehniške fakultete (BF), kasneje pa tudi z drugih institucij. Izsledki raziskav so bili sprotno objavljeni v strokovnih in enem znanstvenem časopisu (Tajnšek, 1975a; Tajnšek, 1975b; Tajnšek, 1976; Tajnšek, 1977a), opravljena pa je bila tudi raziskava o uporabnosti pesnih glav z listjem v prehrani goveda (Tajnšek in sod., 1977). Potekala so številna predavanja za kmetovalce na terenu in enodnevni seminar za tehnologe in pospeševalce v Mariboru (Tajnšek, 1977b). V začetnem obdobju uvajanja sladkorne pese v Slovenijo je Radio Ljubljana objavil nad ducat kmetijskih nasvetov o pridelovanju te poljščine, spomladi 1977 pa je pisec prispevka kljub velikim administrativnim in carinskim oviram pri uvozu kmetijskih strojev iz tujine za Konzorcij pridelovalcev uspel uvoziti prvo kompletno linijo za sladkorno peso (firma Schmotzer, Nemčija). Z njo se je lahko leta 1977 pričela pridelava sladkorne pese na nekaj deset hektarih in naslednje leto na nekaj sto hektarih. Ko so bile zadovoljivo odpravljene bistvene dileme v pridelovanju sladkorne pese, se je leta 1977 pričelo z gradbenimi deli za Tovarno sladkorja v Ormožu (TSO), ki je bila zgrajena 1979. V vmesnih dveh letih do pričetka obratovanja tovarne so pridelek sladkorne pese pošiljali v predelavo v tovarno sladkorja Belje pri Belem Manastiru.

Ko je postalo jasno, da bo tovarna sladkorja zgrajena, so k delu pri uvajanju sladkorne pese pristopili tudi starejši strokovnjaki, ki so bili do takrat do nje zadržani zaradi slabih izkušenj, ki so jih imeli, ko so v začetku petdesetih let dvajsetega stoletja sodelovali pri neuspešnem prvem povojnem zavzemanju za izgradnjo tovarne sladkorja v Sloveniji. Kljub temu, da lahko gradnjo TSO označimo za »politično motivirano« tovarno, je po nekaj začetnih težavah pridelava pese postala kar uspešna, in prav groteskno protisloven je bil pogled na lepe posevke sladkorne pese na skrbno pripravljenih njivah in poleg njih zanemarjene posevke koruze, z znatnim deležem presleg zaradi slabega vznika te poljščine. Dobra priprava njiv za setev se je po vzoru sladkorne pese kasneje razširila na vse poljščine. Da je bilo zanimanje mladih študentov kmetijstva za sladkorno peso izjemno, dokazujejo tudi diplomske naloge s to tematiko (Fras, 1980; Trstenjak, 1980; Hajšek, 1981).

Po osamosvojitvi Slovenije so se pred TSO in pridelovalci sladkorne pese pojavile nove težave. Zaradi vzpostavitve državne meje med Slovenijo in Hrvaško je imela v novih razmerah TSO probleme z zagotavljanjem zadostnih površin njiv za peso. V kampanjah (kampanja: strokovni izraz za 3–4 mesečno obdobje spravila sladkorne pese in njene predelave v sladkorni tovarni) 1991–1993 je bila posejana na samo okrog 3500 ha, s povprečnim pridelkom korenov 43 t/ha. Manjkajočo količino korenov za tovarno, katere kapaciteta na kampanjo je znašala 360.000–400.000 t (pridelano je bilo le 100.000–190.000 t korenov), so deloma dopolnili s pridelavo pese v obmejnih območjih Madžarske, kasneje pa tudi z razširitvijo pridelave na oddaljenejša območja Slovenije: Savinjsko dolino, Dolenjsko in Gorenjsko. Največji obseg pridelave je bil dosežen leta 1999, ko je proizvodnja potekala na nekaj manj kot 11.000 ha, pridelavo so širili tudi na plitva peščena tla, kolobar ni bil upoštevan! Po tem letu se je s približevanjem države EU pričel proces propadanja mednarodne konkurenčnosti slovenske pridelave sladkorne pese. Leta 2006, ko je bilo zadnje leto pridelovanja sladkorne pese za TSO, je bilo pospravljenih 6684 ha pese, s povprečnim pridelkom 39,2 t/ha.

2 Razmere na svetovnem trgu sladkorja v procesu globalizacije svetovne trgovine

Da bi lahko razumeli dogajanje na področju slovenske pridelave sladkorne pese in njene predelave v TSO v obdobju po osamosvojitvi, katere rezultat je bila dokončna ukinitev pridelovanja pese po letu 2006, moramo pogledati v ozadje širšega dogajanja na svetovnem trgu sladkorja. V obdobju po tako imenovani urugvajski rundi, ki je preko nekaterih drugih konferenc (Marakeš, Bruselj itd) potekala od leta 1986 do leta 1994 (Krenzler, 2004), ko je mednarodni sporazum o tarifah in prometu GATT (General Agreement for Tariffs and Trade) prešel v okvir novoustanovljene svetovne trgovinske organizacije WTO (World Trade Organisation) s sedežem v Ženevi, je EU znižala tržne cene zrnatih poljščin na svetovno raven, sprostila uvozne carine zanje, za izravnavo izpadlega dohodka zaradi znižanja cen žita, oljnic in zrnatih stročnic pa so kmetje ob izpolnjevanju ustreznih okolju prijaznih predpisov kot kompenzacijo dobili še direktno plačilo. Za korenitejše spremembe na svetovnem trgu sladkorja se takratni glavni protagonisti še niso mogli sporazumeti. Svetovna proizvodnja sladkorja je bila v kampanji 1993/94 zadnjič deficitarna, v obdobju naslednjih petih let pa se je proizvodnja sladkorja skokovito povečala in je občutno presegla porabo. Cene sladkorja v EU so bile približno trikrat višje (500–630 EUR/t) kot na svetovnem trgu in ta sladkor je bil, za razliko od žit, pred uvozom cenenega sladkorja iz svetovnih rezerv sladkorja zaščiten z visokimi uvoznimi carinami. Z visoko ceno sladkorja v EU so bile sorazmerno visoke tudi prodajne cene sladkorne pese (43,6 EUR/t, standardne kakovosti). Da ne bi prišlo do preobsežne proizvodnje pese v EU, so v njej za posamezne članice uvedli dovoljene proizvodne kvote; povpraševanje po njih je bilo višje kot obseg odobritev. Odobrena kvota se je delila v tako imenovano A kvoto (kvota, ki je izhajala iz dejansko pridelane količine korenov pese v državi, če le-ta ni presegala obsega skupne dodeljene kvote s strani Bruslja), in B kvoto (ta je predstavljala razliko med skupno dodeljeno kvoto in A kvoto). Če je pridelana količina pese presegla skupno dodeljeno količino pese, združene v kvotah A in B, je ta presežek predstavljal kvoto C [kvota C = pridelek pese – (kvota A + kvota B)]. Pese iz kvote C niso mogli prodati na trgu EU, pri izvozu pa tudi ni bila deležna nobene izvozne podpore, kot jo je bila deležna pesa iz kvot A in B. Prodana je bila lahko po svetovni ceni (približno 30 % cene v EU). Do leta 2000 se je v skladiščih EU nakopičilo neprodane približno 50 % letne proizvodnje sladkorja (Krick, 2000). Ker pa so bila nasprotja med državami izvoznicami in uvoznicami sladkorja po spodletelem trgovinskem vrhu WTO v Seattlu novembra 1999 začasno nepremostljiva, je postalo jasno, da bo svetovni trg sladkorja ostal do nadaljnjega nespremenjen, najmanj do leta 2004 ali 2005, ko je EU pričakovala sprejem novih članic. Slovenija si je še pred vstopom v EU izborila kar visoko dodeljeno kvoto (kvota A in B) v višini 53.000 t sladkorja, kar je predstavljalo 72 % slovenskih potreb po sladkorju. Višina dodeljene kvote je pri povprečnem hektarskem pridelku sladkorja zadoščala za 8800 ha, ki jih je Slovenija presegla le enkrat (1999), vendar pa nikoli v zadnjih šestih letih pridelovanja (2001–2006).

3 Začetek konca pridelovanja pese v Sloveniji

Začetek konca pridelovanja sladkorne pese v Sloveniji je sovpadal z letom njenega vstopa v EU, leta 2004. Vendar propada sladkornega sektorja ne gre povezovati s pristopom države vanjo, saj bi lahko bila Slovenija že od leta 1999 seznanjena s sporazumom WTO z EU, po katerem se je slednja zavezala, da bo najkasneje po preteku naslednjih šest let za 21 % zmanjšala subvencionirano količino sladkorja v izvozu na svetovni trg, finančna nadomestila za izvoz sladkorja pa za 36 % (Anon – WVZ-Bonn, 1999; Sneessens, 2000). S to obvezo je

morala biti seznanjena tudi nizozemska firma Cosun, ki je bila lastnik TSO, vendar v Sloveniji takrat ni nihče ukrepal, ko je bilo verjetno še možno, da bi se pridelava pese ob intenzifikaciji in racionalizaciji pridelovanja nadaljevala tudi po reformi sladkornega trga.
Leta 2005 je nova evropska kmetijska komisarka Mariann Fischer Boel skladno z zavezo, ki jo je EU dala Svetovni trgovinski organizaciji leta 1999, opravila reformo sladkornega trga v EU, ki je pred tem ostal skoraj 40 let nespremenjen. K bolj radikalni reformi trga s sladkorjem v EU, kot je bilo prvotno zamišljeno, je prispevala dobljena tožba trojice držav Brazilije, Avstralije in Tajske proti EU pred sodiščem WTO v Ženevi (Hofmeister, 2004) v zadevi dumpinških subvencij EU na področju sladkornega sektorja. V obdobju po vstopu srednje in vzhodno evropskih držav v EU, leta 2004, so države EU proizvedle 17,5–21 mio ton sladkorja letno, porabile pa so ga 4–5 mio ton manj. Presežek sladkorja so že desetletja s subvencijami (dumping) izvažali na svetovni trg. Jeseni 2004 (15. oktobra) je sodišče WTO v Ženevi razsodilo, da EU sladkorja ne sme več izvažati po cenah, ki so nižje od lastnih stroškov za proizvodnjo sladkorja. Po zavrnitvi pritožbe EU (vložene še istega dne, 15. oktobra 2004), 28. aprila 2005, je postalo jasno, da bo morala EU zmanjšati proizvodnjo sladkorja za približno tretjino. V razsodbi WTO je bilo še zaukazano, da naj EU, poleg zmanjšanja proizvodnje sladkorja, po svetovnih cenah omogoči tudi uvoz nekaj manj kot 2 mio ton sladkorja iz najmanj razvitih držav (LDC: Least Developed Countries) in iz afriško-karibsko-pacifiške skupine držav (ACP) (Buntzel in sod., 2006). Podporniki take odločitve so bili tudi nekateri industrijski lobiji v Bruslju, ki svojih industrijskih izdelkov niso mogli izvažati v prenasičeni trg razvitih držav, LDC/ACP države pa niso imele denarja za nadvse potreben nakup industrijskih izdelkov iz razvitih držav. Postavljen jim je bil pogoj: za iztržek od prodanega sladkorja lahko nakupijo vse, razen orožja (EBA: Everything But Arms).
Komisarka Fischer Boel se je zmanjšanja proizvodnje sladkorja v EU lotila na objektiven in učinkovit način. Odločila se je, da ustrezno zmanjša prodajno ceno sladkorne pese in sladkorja na evropskem trgu. Upravičeno je računala na ohranitev pridelave v regijah z najvišjimi hektarskimi pridelki in opustitev pridelave na območjih, ki ne bi bile kos drastičnemu zmanjšanju cen sladkorne pese in sladkorja. Cena sladkorja v EU pa bi še vedno ostala nad svetovno ceno sladkorja. Istočasno bi na zunanjih mejah EU ustrezno zmanjšali uvozne carine na sladkor. Izkazalo se je, da je bila njena ocena pravilna.
Glede na povprečni hektarski pridelek sladkorja v EU, ki je leta 2005 znašal 9,14 t/ha, z razponom od 4,79 t/ha (Finska) do 12,23 t/ha (Francija), so v Bruslju sklenili, da znižajo prodajno ceno sladkorja za 36 % in odkupno ceno sladkorne pese za 39,7 % (Anon., 2005). Za mnoge pridelovalce in predelovalce sladkorne pese je imela ta reforma šokantne posledice. Reforma je prizadela pridelovalce v starih in novih članicah EU, vendar ne v vseh državah in regijah enako. V nekaterih članicah EU (na primer v Franciji) so bili nekateri kmetje znižanja cen sladkorne pese veseli, saj so računali za sprostitev sladkornih kvot v območjih z manj ugodnimi naravnimi, posestnimi in prometnimi danostmi, zaradi česar so po reformi del teh kvot lahko koristili zainteresirani kmetje, ki do takrat zaradi omejitev kvot niso imeli možnosti za pridelovanje sladkorne pese.

4 Konec pridelave sladkorne pese v Sloveniji

Med 21 državami pridelovalkami sladkorne pese je Slovenija leta 2005 s pridelkom sladkorja 6,43 t/ha zasedala osemnajsto mesto (Anon., 2005); za njo sta bili, poleg že omenjene Finske, le še Litva (5,42 t/ha) in Latvija (4,94 t/ha). S tako nizkimi pridelki sladkorja na hektar je bila ob tako občutnem znižanju cen sladkorja v Sloveniji usoda te poljščine že zapečatena. Tako globokega znižanja cen sladkorne pese slovenski pridelovalci ob tako nizkih pridelkih pese ne

bi prenesli. Drug razlog pa so bile tudi premajhne pridelane količine korenov, saj je bila tedanja predelovalna kapaciteta TSO izkoriščena le 65 %. S tako nizko izkoriščenostjo tovarne je bila ob občutno znižani ceni sladkorja postavljena pod gospodarsko zdržen minimum tudi predelava sladkorne pese. TSO bi bila na varni strani reforme, če bi kmetje v povprečju pridelali vsaj 7 t/ha sladkorja (Anon., 2011) in bi na območju, oddaljenem do 70 km od TSO, vsako leto pridelali 350.000–400.000 t pese in s tem zagotovili polno izkoriščenost kapacitet tovarne. Tako pa je bilo na razpolago kvečjemu 260.000 ton pese. Za ohranitev TSO bi torej morala biti izpolnjena oba omenjena pogoja. Za izpolnitev te naloge je bil zadolžen Center za sladkorno peso v Ormožu in ne neposredno TSO.
V celoti je evropska (EU) reforma trga s sladkorjem leta 2005 povzročila ukinitev proizvodnje v 83 tovarnah sladkorja (43,9 % vseh tovarn), v 4 državah (Slovenija, Irska, Latvija in celinska Portugalska) pa so pridelovanje sladkorne pese povsem ukinili (Anon., 1005). V štirih stopnjah se je do leta 2010 v EU število pridelovalcev pese zmanjšalo za 28 %, površina pod peso pa za 24,8 %. Seveda pa so vsi pridelovalci in lastniki tovarn dobili širokogrudno denarno nadomestilo za opustitev pridelovanja pese in njene predelave v sladkor (Anon., 1011).

5 Kdo je kriv za opustitev pridelave

Z zornega kota Slovenije prikazana dejstva dokazujejo, da ukinitev pridelave sladkorne pese v Ormožu ni imela veliko skupnega z obliko lastništva TSO. Noben lastnik, ne domač in ne tuj, ne bi mogel ob tako nestrokovno vodenem surovinskem sektorju pri TSO ohraniti proizvodnje sladkorja iz domače sladkorne pese. Vendar obstajajo pisni viri kmetijskih strokovnjakov (Štefančič, 2006) in novinarjev (Šoštarič, 2012), ki se pri ocenjevanju vzrokov za opustitev pridelovanja pese ne obračajo na pravi naslov. Morali bi se na premalo usposobljene kmetijske strokovnjake pri Centru za sladkorno peso, so se pa na vlado, ki da je storila premalo za ohranitev sladkorne pese. V časopisnih objavah znane novinarke največjega slovenskega dnevnika predvsem preseneča njeno popolno nepoznavanje zahtevnosti pridelovanja sladkorne pese. Citat v časopisu Delo: »Spomnimo se nespametne izgube pomembnega zadružnega lastništva v ormoški tovarni sladkorja in njene usode, potem ko je prešla v roke nizozemskih lastnikov in ko je svoj ne tako nepomemben delček k ukinitvi pridelave **ene najmanj zahtevnih in najdonosnejših poljščin pri nas** pripomogla še hudo pešajoča domača kmetijska politika« (Šoštarič, 2013). Vsak malo razgledan poljedelec namreč ve, da je sladkorna pesa kraljica poljščin ravno zaradi njene izredne vsestranske zahtevnosti; ko potrebuje oskrbo, je treba oskrbeti najprej njo – in nagradi nas s kraljevskim pridelkom, sicer je letina zgubljena.
Neupoštevanje zahtev stroke v zadnjem desetletju pridelovanja pese v Sloveniji ima več razsežnosti. Ena od njih je, da vodilni pri Centru za sladkorno peso po osamosvojitvi niso spremljali politike WTO in EU o gibanju cen sladkorja na svetovnem trgu in v EU, zlasti pa ne o možnih negativnih posledicah za Slovenijo, ki so grozile zaradi nasprotij med posameznimi skupinami držav (ACP, LDC, EU). Tako je bil leta 2005 v marčni številki časopisa Sladkorna pesa v uvodniku še objavljen članek 'Pričakovati je manj radikalno reformo sladkorja' (Štuhec, 2005a), le pet mesecev kasneje pa je v istem časopisu izšel prispevek istega avtorja z grozo vzbujajočim naslovom 'Nadvse kruti predlog reforme tržnega reda za sladkor' (Štuhec, 2005b).
Druga razsežnost nespoštovanja stroke v pridelovanju sladkorne pese je bilo neupoštevanje kolobarja (neposredno po koruzi setev sladkorne pese, namesto vmesnih dveh ali treh kolobarnih členov drugih poljščin). Pri Centru za sladkorno peso niso upoštevali pravila, da je

za peso treba izbirati najboljše njive, izogibati pa se je treba plitvim peščenim tlem. Izgovor odgovornega pri Centru, da daje 'sladkorna pesa tudi na takih tleh višji dobiček kot koruza' ni bil upravičen, saj je bilo pridelovanje pese v EU do nastopa reforme sladkornega trga močno subvencionirano – glede na svetovne cene sladkorja – in omejeno s kvotami, drugače kot pridelovanje koruze. Pri pesi kot poljščini z omejeno kvoto se je dobiček meril, bolj kot s koruzo, z dobičkom pri pesi v drugih državah EU. Poleg navedenih pomanjkljivosti lahko omenimo še spodbujanje kmetov za setev pese na končno razdaljo (nižji pridelki!) in zanemarjanje odpravljanja vzrokov za slab vznik in propadanje mladih rastlin pese zaradi bele noge (*Rhizoctonia solani* Kühn) ob njeni setvi neposredno po koruzi. Vse to so bili pomembni vzroki za prenizke pridelke pese.

6 Sklepi

Čeprav je bila odločitev za izgradnjo TSO leta 1976 pretežno politična, se je v gospodarskem pogledu izkazala kot pravilna. Skrbna priprava setvišč in oskrba posevkov sladkorne pese so bili vzgled, po katerem so se kmetje začeli zgledovati tudi pri pridelavi drugih poljščin.

Resnejše ovire za gospodarnost TSO so se pokazale ob osamosvojitvi Slovenije, ko so obmejni hrvaški kmetje opustili pridelavo pese in je TSO, ki je takrat 35 % svojih proizvodnih kapacitet pokrivala s pridelavo pese onstran novo vzpostavljene državne meje, svoje možnosti začela iskati oddaljenejših območjih Slovenije in na obmejnem Madžarskem. V procesu približevanja Slovenije EU so olastninili TSO (Cosun), za zagotavljanje zadostne pridelave pese pa so ustanovili Surovinski sektor, kasnejši Center za sladkorno peso.

Pred vstopom Slovenije v EU si je država izborila dovolj visoke pridelovalne kvote za nemoteno obratovanje TSO. Neposredno po vstopu 2004 sta se odkupna cena pese in proizvodna cena sladkorja povišali na raven cen v EU. Že naslednje leto pa se je pod pritiskom WTO zgodila reforma sladkorja v EU. Prodajne cene pese so se znižale za 39,7 %, cena sladkorja v EU za 36 %, znižale so se tudi uvozne carine za sladkor, obenem pa se EU zavezala, da uvozi skoraj 2 mio ton sladkorja iz ACP/LDC. Ta reforma je imela za posledico zmanjšanje proizvodnje sladkorja v EU za 5-6 mio ton.

V spremenjenih razmerah slovenski sladkorni sektor ni bil več mednarodno konkurenčen. Zaradi prenizkih pridelkov pese (med najnižjimi v EU) in premalo s peso posejanih njiv (samo 65 % izkoristek kapacitete TSO) so, ob 100 % finančni kompenzaciji ob takojšnji ukinitvi proizvodnje sladkorja, TSO ustavili in razgradili, pridelovanje pese pa opustili.

Glavni vzrok za opustitev pridelovanja pese leži torej na Centru za sladkorno peso, ki se je preveč zapiral v svoj ozki krog. Zato je bil premalo informiran. Sodeloval ni ne z BF in VAŠ, ne z KIS in IPHS, pri strokovni skupini za poljedelstvo pri MKGP pa je prvič iskal pomoč šele leta 2006, ko je že bilo odločeno, da se pridelovanje pese v Sloveniji ukine.

7 Literatura

Anon. 2005. Der europäischer Zuckersektor. Seine Bedeutung und Zukunft: 30 str.

Anon. 2011. www.Zuckerinfo.de

Anon-WVZ-Bonn. 1999. Wann greift der der Ausnutzungsgrad der Quoten? WTO-Verplichtungen wirken sich direkt aus. Deutsche Zuckerrübenzeitung, 35, 4: 5

Buntzel, R. 2006. Evangelischer Entwiklungsdienst EED, Dräger de Teran, T. in WWF. Die Zuckermarktreform der EU und ihre Konsequenzen, Bonn: 86 str.

Fras, V. 1980. Problematika uvajanja sladkorne pese na območju občine Gornja Radgona. Diplomska naloga, VAŠ, Maribor: 44 str.

Hajšek, J. 1981. Specifični problemi, ki se kažejo pri pridelovanju sladkorne pese na Ptujskem polju. Diplomska naloga, VAŠ, Maribor: 37 str.

Hofmeister, W. 2004. Focus Brasilien 10/2004: Der »Zuckerkrieg« und andere Misstöne im Verhältnis Brasilien – Europäische Union. Länderberichte. Izd.: Konrad Adenauer-Stiftung e.V.

Kohl, W., Steiger-Moser, S. 2013. Die österreichische Zuckerindustrie und ihre Geschichte(n) 1750 – 2013. Böhlau Verlag G.m.b.H.., Wien, Köln, Weimar. www.boehlau-verlag.com

Krenzler, H.G. 2004. Beiträge zum transnationalen Wirtschaftsrecht. Die Urugvay Runde aus der Sicht der Europäeischen Union. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 32: 1-17

Krick, A. 2000. Der Weltzuckermarkt. Deutsche Zuckerrübenzeitung, 36, 1: 5

Sneessens, J-F. 2000. Zukunft der Marktordnung für Zucker. Deutsche Zuckerrübenzeitung, 36, 2: 4

Šoštarič, M. 2012. Recept za hrano. Delo, 4. sept.: 5

Šoštarič, M. 2013. Kdo bo posnel smetano z mleka? Delo, 4. maja: 5

Štefančič, T. 2006. Usodna je bila evropska reforma sladkorja. Delo, Sobotna priloga, poštni predal 29, 30. sept.: 30

Štuhec, J. 2005a. Pričakovati je manj radikalno reformo tržnega reda za sladkor v EU. Sladkorna pesa, strokovna revija pridelovalcev sladkorne pese in proizvajalca sladkorja Slovenije, 2: 2-6

Štuhec, J. 2005b. Nadvse kruti predlog reforme tržnega reda za sladkor. Sladkorna pesa, strokovna revija pridelovalcev sladkorne pese in proizvajalca sladkorja Slovenije, 10: 2-3

Tajnšek, A., Spanring, J. 1975. »Grenki sladkor« ali samo krma z njiv. Sodobno kmetijstvo, 4: 180-181

Tajnšek, A. 1975a. Še o nekaterih problemih uvajanja sladkorne pese v vzhodno Slovenijo. Sodobno kmetijstvo, 12: 629-631

Tajnšek, A. 1975b. Pridelovanje sladkorne pese v vzhodni Sloveniji. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, supl. 1: 129-136

Tajnšek, A. 1976. Tehnološka karta za pridelovanje sladkorne pese v proizvodnih skupnostih. Sodobno kmetijstvo, 5: 251-254

Tajnšek, A. 1977a. Priprava zemlje za sladkorno peso. Predavanje za tehnologe in pospeševalce pridelovanja sladkorne pese na seminarju 9. marca 1977 v Mariboru

Tajnšek, A., Kreft, I., Žunkovič, J., Petriček, A., Galekovič, J., Štokelj, T., Tretjak, A., Javornik, B. 1977. Setev sladkorne pese na končno razdaljo. Primerjava uporabne vrednosti listja in odrezkov korenov pri sortah sladkorne pese. Poročilo o delu za leto 1976, študija izdelana za Konzorcij pridelovalcev sladkorne pese in velikih potrošnikov in odjemalcev sladkorja, Ljubljana, BF – VTOZD za agronomijo: 36 str.

Tajnšek, A. 1977b. Prvi rezultati setve sladkorne pese na končno razdaljo na rjavih oglejenih tleh severovzhodne Slovenije. Spodobno kmetijstvo, 4: 156-158

Trstenjak, M. 1980. Tehnologija pridelovanja sladkorne pese v Sloveniji. Diplomska naloga, VAŠ, Maribor: 46 str.

Vpliv dodajanja semena lana in rička v krmni obrok kokošim nesnicam na povečanje vsebnosti omega-3 maščobnih kislin v jajcih

Matjaž ČERVEK[28], Aleš HLADNIK[29], Saša ŠTRAUS[30], Barbara ČEH[31]

Izvleček
V prehranskih poskusih na kokoših nesnicah smo testirali vpliv dodatka semena lana in rička kot vira omega-3 maščobnih kislin v prehrani kokoši nesnic za povečane vsebnosti omega-3 maščobnih kislin v jajcih. V krmni obrok smo vključili za prvo skupino 5 % primerno obdelanega lanenega semena, za drugo skupino 5 % primerno obdelanega semena rička, za tretjo skupino 2 % ričkovega in 3 % obdelanega lanenega semena. Za primerjavo smo imeli kontrolno skupino brez dodatka rička in lanu v krmi. Vsebnost skupnih omega-3 maščobnih kislin v jajcih se je pri krmljenju lanenega in ričkovega semena povečala približno 5- do 7-krat v primerjavi s običajnimi jajci. Največ omega-3 maščobnih kislin so imela jajca kokoši, ki so s krmo dobivale dodatek lanu, sledila je skupina, ki je dobivala mešanico lanu in rička, na zadnjem mestu je bila skupina, krmljena z dodatkom rička. Če pripravljamo laneno seme doma, ga moramo pred krmljenjem toplotno obdelati – kuhati ali pražiti in nato zmleti. Ko ga zmeljemo, ga moramo takoj porabiti ali pa ga zaščititi z antioksidanti, v nasprotnem hitro oksidira in izgubi svojo prehransko vrednost. Industrijsko pripravljene dopolnilne mešanice z lanenim semenom so že toplotno obdelane in zaščitene z antioksidanti.
Ključne besede: omega-3 maščobne kisline, prehranski poskusi, kokoši nesnice, jajca, lan, riček

Influence of linseeds and Camelina seeds in feed mixtures for hens on eggs omega-3 fatty acids content

Abstact
In feeding experiments on hen farm the impact of linseeds and Camelina seeds supplements on fatty acids composition of egg yolk lipids was investigated. For the first experimental group we prepared feed mixture with 5 % inclusion of extruded linseeds, the second group received 5 % supplement, third group combination of 2 % Camelina and 3% linseeds supplement. Control group was fed with standard feed mixture without linseeds and Camelina seeds supplement. With listed supplements eggs were enriched with omega-3 fatty acids 5 to 7 fold. The highest content of omega-3 fatty acids was achieved in the first group (with linseeds supplement), followed by a group fed with combination of linseeds and Camelina seeds, and then the group fed with Camelina seeds supplement. The lowest content had eggs of the control group. If we prepared linseeds to be fed at home, we have to heat and grind it. Because the grind linseed is very oxidative, unstable we have to feed it immediately or protect it with antioxidants. Otherwise, it oxidizes and loses its nutritional value. Industrial feed mixtures with linseed are heated and protected with antioxidants.
Key words: omega-3 fatty acids, feeding experiments, layer hens, eggs, linseeds, Camelina seeds

1 Uvod

Soočamo se s povečevanjem zdravstvenih problemov prebivalstva zaradi neustrezne prehrane in življenjskih navad. Samo zaradi tako imenovanih civilizacijskih bolezni porabimo v EU 7 % proračuna za zdravstvo (Rettman, 2006).

[28] Dr., Emona razvojni center za prehrano, Kavčičeva ulica 72, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.cervek@e-rcp.si
[29] Izr. prof., dr., Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, e-pošta: ales.hladnik@ntf.uni-lj.si
[30] Dr., Pan Nutri, Pan Nutri, kmetijsko živilski tehnološki center, d.o.o., Industrijska 8, 9000 M. Sobota, e-pošta: sasa.straus@pan-nutri.si
[31] Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

Bogat vir omega-3 MK so morske ribe, ki so vedno redkeje na jedilniku, saj so zdesetkane zaradi pretiranega ribolova in onesnaženosti svetovnih morij. Povečuje se njihova zamenjava z mesom farmskih živali (Bourre, 2005). Strokovnjaki za prehrano ocenjujejo, da v razvitih državah ljudje že več kot 40 % večkrat nenasičenih omega-3 maščobnih kislin zaužijemo z živili domačih živali (Howe in sod., 2006). Perutnina najbolje izkorišča omega-3 maščobne kisline iz krme, sledijo prašiči, najslabši izkoristek pa imajo prežvekovalci. Med živalskimi proizvodi domačih živali so jajca najbogatejši vir omega-3 maščobnih kislin (Bourre, 2005).
Jajca so dolgo bila in ostajajo pomembna hrana za človeka po vsem svetu. Vsebujejo vse potrebne hranilne snovi za razvoj novega organizma - piščanca. Čeprav vsebujejo 74 % vode, so bogat vir visoko kakovostnih beljakovin, tako da jih strokovnjaki za prehrano pogosto uporabljajo kot merilo kakovosti drugih beljakovin. Med ostalimi hranili najdemo v jajcih poleg maščob (nasičenih, enkrat nenasičenih in večkrat nenasičenih maščobnih kislin ter holesterola) tudi vitamine (A, D, C, E, vitamini B-kompleksa itd.) in minerale. Jajca so izredno pomembni vir esencialnih omega-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin, posebno dolgoverižnih. Vse te snovi so v prehrani najbolj občutljivih skupin prebivalstva (otroci, doječe matere, starostniki, športniki) zelo pogosto deficitarne (Salobir, 2000, 2001). Z zmernim uživanjem jajc lahko zadostimo skoraj vsem potrebam človeka po teh snoveh.
Vsebnost različnih maščobnih kislin, mineralov in vitaminov je odvisna od prehrane kokoši nesnic. Na vsebnost teh hranil delno vpliva tudi starost, pasma in dolžina dneva – osvetlitve (Enriched …, 2014). Zaradi porasta bolezni srca in ožilja v razvitem svetu so jajca zaradi visoke vsebnosti holesterola prišle na črno listo in so strokovnjaki izdali priporočila o omejeni tedenski konzumaciji jajc (3-5 jajc). Vendar pa je American Heart Association (AHA, 2002) na podlagi novejših raziskav ta priporočila o omejevanju preklicala. Neuspeli poskusi za znižanje holesterola v jajcih pa so vodili v drugo smer, in sicer obogatitev jajc z esencialnimi maščobnimi kislinami, nekaterimi vitamini in minerali. Danes velja, da jajca predstavljajo edinstveno, dobro uravnoteženo prehrano za ljudi vseh starosti (Fernandez, 2002).
Znanstveni izsledki kažejo, da je mogoče delež omega-3 maščobnih kislin in razmerje med omega-6 in omega-3 maščobnimi kislinami v maščobah jajčnega rumenjaka z ustrezno prehrano nesnic močno izboljšati (Stadelman in Pratt., 1989; Van Elswyk, 1997; Baucells in sod., 2000). Kakovosten vir omega-3 maščobnih kislin za prehrano živali sta laneno in ričkovo seme. Zelo pomembno je, da tudi klinične raziskave kažejo, da zauživanje jajc s tako spremenjeno maščobno kislinsko sestavo dejansko ugodno vpliva na zdravje potrošnikov. Tako so Ferreier in sod. (1995) dokazali, da uživanje omega-3 obogatenih jajc poveča skupne omega-3 v maščobah eritrocitov in močno izboljša razmerje omega-3/omega-6, ne zvišuje pa vrednosti skupnega holesterola, HDL holesterola in koncentracije trigliceridov v krvni plazmi.
V raziskavi smo ugotavljali učinkovitost semena lana in rička v krmi, kot dobrih prehranskih virov omega-3 maščobnih kislin za obogatitev jajc.

2 Material in metode

Primernost v Sloveniji pridelanega lana in rička za prehrano živali smo preverili v krmnih poskusih s kokošmi nesnicami. Poskus je potekal na farmi kokoši nesnic Duplica pri Kamniku, kjer smo instalirali 30 poskusnih kletk. Kletke smo razkužili, preselili v drugo poslopje, jih na novo instalirali, priklopili vodo za pitje živali, uredili primerno osvetlitev, naredili pregrade med krmilniki za posamezno poskusno skupino in kletke primerno označili. Z internim računalniškim programom za linearno optimiranje Emone RC za prehrano smo sestavili tri recepture za poskusne krmne mešanice (preglednica 1). Kot osnovo in hkrati recepturo za kontrolno skupino kokoši nesnic smo uporabili standardno krmno mešanico za

mlade nesnice s komercialnim imenom NSK-1 brez dodatka lana ali rička. Poskusne krmne mešanice smo pripravili v laboratoriju Emona RCP in obratih mešalnice močnih krmil Jata-Emona.
Na podlagi weendske analize smo krmnim mešanicam določili hranilno vrednost in izračunali metabolno energijo. Poleg tega smo mešanicam določili maščobno kislinsko sestavo, kajti zanimali sta nas vsebnost omega-3 in omega-6 maščobnih kislin, ki naj bi kasneje v prehranskih poskusih vplivali na vsebnost teh maščobnih kislin v jajcih. Izračun brezdušičnega izvlečka in energetske vrednosti (metabolne energije za perutnino) smo izračunali na podlagi weendske analize po formuli iz Pravilnika o kakovosti, označevanju in pakiranju krme v prometu (Ur. l. RS 34/03) in je znašala za riček 13,52 MJ/kg suhe snovi, za lan pa 17,22 MJ/kg suhe snovi.
Jajca smo pobirali vsak dan. V jajcih vsake skupine smo analizirali maščobnokislinsko sestavo s plinsko kromatografijo, po metodi in situ transesterifikacije po Parku in Goinsu (1994) .

Preglednica 1: Poskusne krmne mešanice za skupino kokoši nesnic 1 z dodatkom 5% primerno obdelanega lanenega semena, za skupino 2 z dodatkom 5% primerno obdelanega ričkovega semena ter za skupino 3 z dodatkom 2% ričkovega in 3% obdelanega lanenega semena

Surovina	Krmna mešanica **skupine 1** (z dodatkom 5% primerno obdelanega lanenega semena) (%)	Krmna mešanica **skupine 2** (z dodatkom 5% primerno obdelanega ričkovega semena) (%)	Krmna mešanica **skupine 3** (z dodatkom 2% ričkovega in 3% obdelanega lanenega semena) (%)
Koruza 7,7% SB	57,55	57,55	57,55
Sojine tropine 45% SB	16,77	16,77	16,77
Tropine oljne ogrščice	8,00	8,00	8,00
Sojino olje	0,59	0,59	0,59
Laneno seme (toplotno obdelano)	**5,00**	**0,00**	**3,00**
Ričkovo seme (toplotno obdelano)	**0,00**	**5,00**	**2,00**
Melasa sladkorne pese-75	0,02	0,02	0,02
Magnezijev oksid	0,61	0,61	0,61
Bolifor MCaP	0,49	0,49	0,49
Apnenec	3,17	3,17	3,17
Grobi kalcit	4,30	4,30	4,30
Sol morska	0,26	0,26	0,26
Roekana	0,50	0,50	0,50
Premiks NSK omega +	0,50	0,50	0,50
Alimet-88%	0,15	0,15	0,15
Capsantal -30	0,04	0,04	0,04
Ronozyme NP-5000-fitaza-perut.	0,18	0,18	0,18
Holin klorid-75% (tekoči)	0,88	0,88	0,88

3 Rezultati z diskusijo

Rezultati kemijske analize krmnih mešanic so pokazali, da so le-te po vsebnosti hranilnih snovi relativno izenačene (preglednica 2). Po pričakovanjih ima najvišjo vsebnost omega-3

maščobnih kislin krma z lanom, sledita krma z mešanico lana in rička ter krma z ričkom. Prav tak vrstni red smo dobili glede ugodnosti razmerja omega 6/omega 3. Z izračunom metabolne energije krmnih mešanic smo ugotovili, da se hranilna vrednost posameznih mešanic razlikuje le za 0,01 MJ/kg (preglednica 2).

Preglednica 2: Vsebnost hranilnih snovi, energije in maščobnih kislin v poskusnih krmnih mešanicah. Parametri so prikazani na suho snov.

Parameter	Enota	Laneno seme	Ričkovo seme	Laneno in ričkovo seme
Metabolna energija	MJ/kg	13,04	13,05	13,06
Surove beljakovine	g/kg	191	187	184
Celokupne maščobe	g/kg	79,6	75,9	74,3
Skupne ω-3 MK	mg/kg	1832	1050	1301
Razmerje ω-6 MK/ω-3 MK		1,26	2,45	1,83

Rezultati maščobno kislinske sestave jajc so predstavljeni v preglednici 3. Vsebnost skupnih omega maščobnih kislin smo z dodatki semena lana in rička povečali za približno 5- do 7-krat v primerjavi z običajnimi jajci. Največ omega-3 maščobnih kislin so imela jajca kokoši, ki so s krmo dobivale dodatek lana, sledila je skupina, ki je dobivala kombinacijo lan-riček, na zadnjem mestu je bila skupina, krmljena z dodatkom rička, a vse tri so imele veliko večjo vsebnost omega-3 maščobnih kislin kot kontrolna skupina.

Preglednica 3: Maščobno kislinska (MK) sestava jajc glede na skupino kokoši nesnic

	Dodatek lanenega semena v krmi (skupina 1)	Dodatek ričkovega semena v krmi (skupina 2)	Dodatek lanenega in ričkovega semena v krmi (skupina 3)	Kontrola – brez dodatka lana in rička
Skupnih omega-3 MK (ut. %)	7,01 c	5,44 a	6,50 b	1,21
Skupnih omega-6 MK (ut. %)	20,31 a	22,11 b	20,47 a	15,55
Razmerje omega-6/omega-3 MK (ut. %)	2,90 a	4,08 b	3,16 a	13,30

*Enaka črka v vrstici pomeni, da med obravnavanjema ni statistično značilne razlike (Duncanov test mnogoterih primerjav, p=0,05.)

Po pričakovanju smo manjšo vsebnost omega maščobnih kislin dosegli z ričkom kot z lanom, saj je v maščobi njegovega semena manj skupnih omega-3 maščobnih kislin v primerjavi z lanenim semenom. Iz preglednice 3 je razvidno, da je v jajcih prve skupine največji utežni odstotek skupnih omega-3 maščobnih kislin in razmerje med omega-3 in omega-6 maščobnimi kislinami je najugodnejše. Tako laneno kot ričkovo seme sta poleg omega-3 MK tudi vir omega-6 MK. Riček ime nekoliko več omega-6 MK v primerjavi z lanenim semenom, kar se odraža tudi na vsebnosti le-teh v jajcih. Rezultati kažejo, da je seme lana primernejše za obogatitev jajc z omega-3 maščobnimi kislinami v primerjavi z ričkom ali njuno mešanico. Je pa v primerjavi s kontrolo – brez uporabe semena rička in lana vsekakor bolje, da se doda

riček ali mešanica lana in rička (ena od mešanic za skupino 2 ali 3), kot da je prehrana brez dodatka.
Zelo se je v jajcih popravilo tudi razmerje med omega-6 in omega-3 maščobnimi kislinami. To razmerje je s prehranskega vidika izredno pomembno in po priporočilih svetovne zdravstvene organizacije (WHO, 2003) naj ne bi presegalo 8. Jajca kontrolne skupine kokoši, krmljena s standardno krmo, to razmerje presegajo. Jajca vseh treh poskusnih skupin pa imajo zelo ugodno razmerje med omega-6 in omega-3 MK.
Vendar moramo biti pri dodajanju lana in rička v krmo pozorni na naslednji dejstvi. Laneno seme vsebuje alkaloid linamarin. Ta se v živalskem metabolizmu pod vplivom encima linamaraze, ki je prav tako v lanenem semenu, pretvarja v strupeno cianovodikovo kislino (Hahlbrock in Conn, 1971). Encim linamarazo deaktiviramo s toplotno obdelavo lanenega semena pri 100 ^{o}C. Drug pereč problem tako lanenega kot tudi ričkovega semena je oksidacija nenasičenih maščobnih kislin in posledična žarkost surovine. Notranjost nepoškodovanega semena je zaščitena s semensko lupino pred negativnim vplivom kisika. Celega semena živalim ne krmimo, ker so prevelike izgube – velik del ga neprebavljenega preide skozi prebavila in se izloči z blatom. Ko pa seme zmeljemo, pa takoj stečejo procesi oksidacije. Kisik se veže na dvojne vezi v nenasičenih maščobnih kislinah. Posebej poleti pri višjih temperaturah je zmleto seme lahko že v nekaj urah žarko. Zato v postopkih priprave industrijskih krmnih mešanic dodajamo zmletemu lanu in ričku antioksidante, ki ga zaščitijo pred žarkostjo. In to antioksidante na dveh ravneh. Prvi, ki zaščitijo zmleto seme pred oksidacijo in delujejo takoj, in drugi, kot na primer vitamin E, ki delujejo kasneje v organizmu živali, kjer zmanjšujejo oksidacijski stres.

4 Sklepi

Na podlagi krmnih poskusov priporočamo za kokoši nesnice 3-5 % dodatek lanenega ali ričkovega semena v krmni obrok oz. krmne mešanice. Riček je nekoliko revnejši z omega-3 maščobnimi kislinami, zato bomo z njim dosegli nekoliko slabšo obogatitev jajc z omega-3 maščobnimi kislinami kot z lanenim semenom.
Če pripravljamo laneno seme doma, ga je pred krmljenjem potrebno toplotno obdelati (kuhati ali pražiti) in nato zmleti. Ko ga zmeljemo, ga moramo takoj porabiti ali pa ga zaščititi z antioksidanti, v nasprotnem bo hitro oksidira in izgubi svojo prehransko vrednost. Industrijsko pripravljene dopolnilne mešanice z lanenim semenom so že toplotno obdelane in zaščitene z antioksidanti.

5 Literatura

American Hart Association (AHA). 2002. Clarification of Association's recommendations on egg consumption. http://www.americanheart.org

Baucells, M.D., Crespo, N., Barroeta A.C., Lopez-Ferrer, S., Grashorn M.A. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. Poult. Sci., 79(1): 51-59

Bourre, J.M. 2005. Effect of increasing the omega-3 fatty acid in the diets of animals on the animal products consumed by humans. Med Sci (Paris), Aug-Sep, 21(8-9): 773-9

Enriched eggs: the appliance of science. Farmers weekly, Friday 26 September 2014. http://www.fwi.co.uk/poultry/enriched-eggs-the-appliance-of-science.htm

Fernandez, M.L. 2002. Resolving Conflicting Dietary Guidance Regarding Cholesterol Intake, Is It Time For A Fresh Look? http://www.heart.org/idc/groups/heart-public/@wcm/@fc/documents/downloadable/ucm_438901.pdf

Ferrier, L.K., Caston, L.J., Leeson, S., Squires, J., Weaver, B.J., Holub, B.J. 1995. Alpha-Linolenic acid and decosahexaenoic acid- enriched eggs from hens feed flaxseed: influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. Am. J. Clin. Nutr., 62(1): 81-86

Hahlbrock, K., Conn, E.E. 1971. Evidence for the formation of linamarin and lotaustralin in flax seedlings by the same glucosyltransferase. Phytochemistry, 10: 1019-1023

Howe, P., Meyer, B., Record, S., Baghurst, K. 2006. Dietary intake of long-chain ω-3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. Nutrition, 22: 47-53

Park, P.W., Goins R.E. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods, J. Fd. Sci., 59: 1262-1266

Pravilnik o kakovosti, označevanju in pakiranju krme v prometu. Uradni list Republike Slovenije (2003). Ur. L. RS, 34: 4034

Rettman, A. 2006. Obesity epidemic costs EU €59 billion a year. http://euobserver.com/news/21720

Salobir, K. 2000. The role of meat in balanced nutrition. V: Jurković, Draženka (ur.). Animal products and human health, (Agriculture, vol. 6, br. 1). Osijek: J. J. Strossmayer University of Osijek, 6, 1: 16-22

Salobir, K. 2001. Prehransko fiziološka funkcionalnost maščob. Bitenčevi živilski dnevi – Funkcionalna hrana. Portorož, november 2001: 121-136

Stadelman, W.J., Pratt, D.E. 1989. Factors influencing composition of the hen' s egg. World's Poult. Sci. J., 45: 247

Van Elswyk, M.E. 1997. Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review . Br. J. Nutr., 78: 61-69

WHO Technical Report Series 916. Diet, Nutrition & the Prevention of Chronic Diseases, WHO, Geneva, 2003

Tehnične zahteve za traktorje za varovanje okolja in traktorista

Tomaž POJE[32]

Izvleček
V trenutni zakonodaji so natančno predpisane homologacijske zahteve za nove traktorje. Te vključujejo tudi zahteve glede lastnosti motorjev, saj morajo karakteristike zadostiti tudi strogim okoljskim zahtevam glede emisij plinastih in trdnih onesnaževal. Sedaj predpisani stopnji III B in IV bistveno znižujeta mejne vrednosti dopustnih onesnaževal. Zaradi prehodnega obdobja veljavnosti zakonodaje motorji traktorjev, prodanih v letu 2014, dejansko ustrezajo le milejšim stopnjam onesnaževanja - III A in III B in ne strožjim zahtevam stopnje IV. Na kakovost zraka vplivajo tudi stari traktorji, ki so bili izdelani v času, ko teh emisijskih zahtev še ni bilo. Nevarnim snovem so izpostavljeni tudi traktoristi. Po novi homologacijski zakonodaji v Sloveniji in Evropi obstajajo štiri kategorije kabin z različno stopnjo zaščite traktorista pred nevarnimi snovmi. Prikazane so tehnične možnosti za zmanjšanje izpostavljenosti traktorista nevarnim snovem.
Ključne besede: traktor, motor, onesnaževala, stopnja emisij, nevarne snovi, kategorija kabine

The technical requirements for tractors to protect the tractor driver and the environment

Abstract
In the context of current legislation are clearly defined type - approval requirements for new tractors. These include requirements for characteristic of engines; they have to meet the strict environmental requirements regarding the emission of gaseous and particulate pollutants. Fixed stage IIIB and Stage IV significantly reduce the emission limits of allowable pollutant. Due to the transition period in validation of Slovene legislation, engines of tractors, which were sold in 2014, they correspond stage III A and III B and do not meet the more stringent stage IV regarding air emissions. The impacts to the air quality represent also older tractors which do not comply with the emission criteria. Tractor drivers are also exposed to hazardous substances. Under the new approval legislation in Slovenia and Europe, there are four categories of cabins with varying degrees of protection. In this paper technical options to reduce the exposure of tractor drivers to hazardous substances are shown.
Keywords: tractor, engine, pollutants, hazardous substances, cabin category

1 Uvod

Po Popisu kmetijstva iz leta 2010 imamo v Sloveniji 101965 dvoosnih traktorjev (Belec in sod., 2012). Problematična pa je njihova starost, ki po podatkih SURS-a znaša v povprečju 22 let. Zato lahko rečemo, da je traktorski park v Sloveniji dejansko tehnično zastarel, čeprav kmetje z njimi lahko opravljajo vsa dela. Kmetje kupujejo tudi nove traktorje, ki pa morajo za prodajo in registracijo izpolnjevati kar nekaj tehničnih zahtev, ki jih določa tako imenovana homologacijska zakonodaja oziroma Pravilnik o homologaciji kmetijskih in gozdarskih traktorjev, njihovih priklopnikov in zamenljivih vlečenih strojev ter njihovih b sistemov, sestavnih delov in samostojnih tehničnih enot (Pravilnik o homologaciji…, 2014), ki ga imamo v Sloveniji sprejetega na podlagi Zakona o motornih vozilih.
Pravilnik določa pogoje za dajanje na trg, registracijo in začetek uporabe novih vozil (traktorjev) glede na njihovo konstrukcijo in delovanje. Tako se zagotovi, da v cestnem

[32] Mag., univ. dipl. inž. agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, SI – 1000 Ljubljana, e-pošta: tomaz.poje@kis.si

prometu ter pri kmetijskih oziroma gozdarskih opravilih sodelujejo samo vozila (traktorji), ki ne ogrožajo varnosti njihovih voznikov, sopotnikov in drugih udeležencev v prometu oziroma pri delovnih opravilih, ter ne poškodujejo cest in prekomerno ne onesnažujejo okolja. V prispevku bomo prikazali kako traktorska kabina varuje traktorista pred nevarnimi snovmi in kakšne so lahko emisije onesnaževal iz novih traktorskih motorjev.

2 Emisije onesnaževal iz motorjev za pogon kmetijskih traktorjev

Področje homologacije traktorjev poleg navedenega pravilnika še bolj podrobno določajo tako imenovane tehnične specifikacije za kmetijske in gozdarske traktorje. Ena izmed njih je Tehnična specifikacija za vozila TSV – 423 (izdaja 03) o ukrepih proti emisijam plinastih in trdih onesnaževal iz motorjev za pogon kmetijskih in gozdarskih traktorjev (Tehnična specifikacija …, 2012). Ta tehnična specifikacija preneha veljati 31. decembra 2014. Julija 2014 pa je minister za infrastrukturo sprejel izdajo 4 te specifikacije (Tehnična specifikacija …, 2014), ki začne veljati 1.1.2015. Med onesnaževala, ki nastajajo med izgorevanjem goriva v motorju traktorja spadajo plinasta onesnaževala (ogljikov monoksid, ogljikovodiki ter dušikovi oksidi) in trdna onesnaževala (trdni delci). Tehnična specifikacija določa mejne vrednosti teh onesnaževal, ki jih motorji ne smejo preseči. Mejne vrednosti teh onesnaževal določajo različne stopnje. Ločimo stopnjo I, II, III A, III B in IV. Podobno velja za bolj poznane oznake emisij onesnaževal za osebna vozila in kamione, kjer pa imajo stopnje oznako EURO (EURO 1 do EURO 6). Motorji, ki so vgrajeni v traktorje, morajo biti ustrezno označeni kateri stopnji zmanjšanja emisij ustrezajo.
Stopnja I oziroma njene mejne vrednosti glede emisij onesnaževal je stopila v veljavo po 31. decembru 2000 za motorje kategorij B in C (B: 75 kW ≤ P < 130 kW, C: 37 kW ≤ P < 75 kW). Stopnja II je stopila v veljavo:

- po 31. decembru 2000 za motorje kategorij D in E (D: 18 kW ≤ P < 37 kW, E: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW),
- po 31. decembru 2001 za motorje kategorije F (F: 75 kW ≤ P < 130 kW),
- po 31. decembru 2002 za motorje kategorije G (G: 37 kW ≤ P < 75 kW).

V preglednicah 1, 2 in 3 so podane mejne vrednosti emisij ogljikovega monoksida, ogljikovodikov, dušikovih oksidov in delcev za stopnjo III A, III B in IV.

Preglednica 1: Mejne vrednosti emisij ogljikovega monoksida, emisij vsote ogljikovodikov in dušikovih oksidov ter emisij delcev pri stopnji III A

Kategorija: neto moč (P) (kW)	Ogljikov monoksid (CO) (g/kWh)	Skupna masa ogljikovodikov in dušikovih oksidov ($HC+NO_x$) (g/kWh)	Delci (PT) (g/kWh)
H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0,2
I: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	4,0	0,3
J: 37 kW ≤ P < 75 kW	5,0	4,7	0,4
K: 19 kW ≤ P < 37 kW	5,5	7,5	0,6

Mejne vrednosti stopnje III A ne smejo po 31. decembru 2005 preseči motorji kategorije moči H, I in K. Za kategorijo J veljajo te mejne vrednosti po 31. decembru 2006.
Stopnja III B je stopila v veljavo:

- po 31. decembru 2009 za motorje kategorije L,
- po 31. decembru 2010 za motorje kategorij M in N,
- po 31. decembru 2011 za motorje kategorije P.

Preglednica 2: Mejne vrednosti emisij ogljikovega monoksida, emisij ogljikovodikov in dušikovih oksidov (ali njihova vsota, kjer pride to v poštev) ter emisij delcev na stopnji III B

Kategorija: neto moč (P) (kW)	Ogljikov monoksid (CO) (g/kWh)	Ogljikovodiki (HC) (g/kWh)	Dušikovi oksidi (NO_x) (g/kWh)	Delci (PT) (g/kWh)
L: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	0,19	2,0	0,025
M: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	0,19	3,3	0,025
N: 56 kW ≤ P < 75 kW	5,0	0,19	3,3	0,025
P: 37 kW ≤ P < 56 kW	5,0	4,7		0,025

Preglednica 3: Mejne vrednosti emisij ogljikovega monoksida, emisije ogljikovodikov in dušikovih oksidov ter emisije delcev na stopnji IV

Kategorija: neto moč (P) (kW)	Ogljikov monoksid (CO) (g/kWh)	Ogljikovodiki (HC) (g/kWh)	Dušikovi oksidi (NO_x) (g/kWh)	Delci (PT) (g/kWh)
Q: 130 kW ≤ P < 560 kW	3,5	0,19	0,4	0,025
R: 56 kW ≤ P < 130 kW	5,0	0,19	0,4	0,025

Stopnja IV je stopila v veljavo:

- po 31. decembru 2012 za motorje kategorije Q,
- po 30. septembru 2013 za motorje kategorije R.

Vsi omenjeni datumi veljajo za začetek uporabe novih motorjev in traktorjev. Tehnična specifikacija pa homologacijskim organom omogoča, da navedene roke prestavi za dve leti, za motorje ki so bili proizvedeni pred navedenim datumom v zgornjih tabelah.

Proizvajalci motorjev in traktorjev te vedno strožje zahteve višjih stopenj dosegajo z različnimi tehničnimi rešitvami kot je na primer SCR tehnologija (dodajanje raztopine AdBlue), EGR tehnologija, filtri za trdne delce itd.

Podatki o stopnji emisij onesnaževal za nove oziroma v Sloveniji prvič registrirane traktorje so na voljo od leta 2014 (Prvič registrirana …, 2014). Analizirali smo podatke za traktorje, ki imajo vpisano stopnjo emisij onesnaževal za prvih osem mesecev v letu 2014. Ugotovili smo, da je 0,2 % traktorjev s stopnjo I, 0,1 % traktorjev s stopnjo II, 79,1 % traktorjev s stopnjo IIIA, 20,5 % traktorjev s stopnjo IIIB in 0,1 % traktorjev s stopnjo IV. Iz tega je razvidno, da večina proizvajalcev izkorišča možnost prehodnega obdobja, oziroma spremenijo tipsko homologacijo šele takrat, ko je to nujno potrebno.

Poleg dosedanje regulative glede emisij onesnaževal na področju traktorjev se pripravlja tudi nova zakonodaja, kjer bodo zahteve za zmanjšanje emisij onesnaževal razširjene tudi na druge kmetijske stroje kot so kombajni, samovozni silokombajni, samovozne škropilnice itd. Evropska komisija je namreč 25.9.2014 sprejela predlog Uredbe evropskega parlamenta in sveta o zahtevah v zvezi z mejnimi vrednostmi emisij in homologacijo za motorje z notranjim izgorevanjem za necestno mobilno mehanizacijo (Predlog uredba …, 2014). Necestna mobilna mehanizacija zajema več vrst motorjev z notranjim izgorevanjem, vgrajenih v različne naprave, od majhnega ročnega orodja, kmetijske mehanizacije, gradbene mehanizacije in generatorskih agregatov do železniških motornih vozil, lokomotiv in plovil, ki plujejo po celinskih plovnih poteh.

3 Tehnični ukrepi za zmanjševanje izpostavljenosti traktorista nevarnim snovem

Traktorska kabina ima več funkcij, traktorista ščiti pred morebitnim prevračanjem, pred hrupom in vibracijami. Kabina pa lahko omogoča tudi zaščito traktorista pred nevarnimi snovmi. Sodobna traktorska kabina lahko predstavlja ustrezno zaščito pred nevarnimi snovmi (na primer pesticidi), če je zrak, ki prihaja v kabino: (1) popolnoma brez nevarnih snovi, (2) če lahko v kabino vstopa le prefiltriran (čist) zrak, (3) če se v kabino vnaša dovolj čistega zraka, (4) če se ta čisti zrak stalno dobavlja v kabino, (5) če traktorist uporablja čisto obleko v kabini, (6) če se pesticidi ne hranijo v kabini.

Evropski komite za standardizacijo je že leta 2009 sprejel dva standarda povezana z zaščito traktorista pred nevarnimi snovmi. Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST) je ta dva standarda prevzel julija 2010. To sta SIST EN 15695-1:2010 in SIST EN 15695-2:2010. V njih je govora o kmetijskih traktorjih in strojih z lastnim pogonom za zaščito rastlin ter se posvečata »Zaščiti posluževalca (voznika) pred nevarnimi snovmi«. Prvi del je namenjen vrstam kabin, zahtevam in postopkom preizkušanja (SIST EN 15695-1:2010: …, 2010). Standard SIST EN 15695-1:2010 določa štiri kategorije (stopnje) kabin glede na vrsto zaščite traktorista pred nevarnimi snovmi. Te kategorije oziroma stopnje so prikazane v preglednici 4. Drugi del natančno določa lastnosti filtrov ter zahteve in postopke njihovega preizkušanja (SIST EN 15695-2:2010: …, 2010).

Evropska komisija je 11. avgusta 2010 sprejela tudi Direktivo 2010/52/EU (Direktiva komisije 2010/52/EU …, 2010) v kateri je v prilogi II in poglavju 3.3 natančno določeno »Preprečevanje stika z nevarnimi snovmi«. To evropsko direktivo je Slovenija implementirala v tehnične specifikacije za kmetijske in gozdarske traktorje v skladu s Pravilnikom o odobritvi kmetijskih in gozdarskih traktorjev (homologacija traktorjev) objavljenim v Uradnem listu RS, št. 52/2011 z dne 29. 6. 2011 (Pravilnik o odobritvi …, 2011). Za predpise, povezane z zaščito traktorista pred nevarnimi snovmi, je bila izdana Tehnična specifikacija TSV – 422 izdaja 03 (Tehnična specifikacija …, 2011). Ta tehnična specifikacija je začela veljati 1. marca 2011, z vsemi prehodnimi obdobji pa stopi v popolno veljavo 1. marca 2013. TSV – 422 (izdaja 03) vsebuje točko 3 »Dodatne varnostne zahteve za posebne uporabe« in točko 3.3 »Preprečevanje stika z nevarnimi snovmi«. Tu piše, da zahteve standarda SIST EN 15695-1:2010 veljajo za vse traktorje iz točke (j) člena 2 Direktive 2003/37/ES, če se ti uporabljajo pod pogoji, ki lahko povzročajo tveganje stika z nevarnimi snovmi - v tem primeru mora kabina izpolnjevati zahteve 2, 3, ali 4 kategorije tega standarda. Merilo za izbiro kategorije mora biti opisano in usklajeno z navedenimi stopnjami iz navodil za uporabo. Za škropljenje s pesticidi mora kabina izpolnjevati zahteve kategorije 4. Navodila za uporabo pa morajo vsebovati poleg zahtev iz standarda ISO 3600:1996 tudi kategorijo zaščite pred nevarnimi snovmi, če je ta na voljo. To je še posebej poudarjeno v točki 4.5.3 »Delo s pršilniki za posevke (nevarnost škodljivih snovi)«, kjer piše naslednje: »Stopnja (kategorija) zaščite pred nevarnimi snovmi v skladu z standardom SIST EN 15695-1:2010 mora biti navedena v navodilih za uporabo«.

Da lahko nadomesti osebno zaščitno opremo traktorista mora biti kabina popolnoma zaprta, s prisilno ventilacijo (air condition), z nadtlakom, nepropustna za trdne delce, nepropustna za pline in pare. Hkrati mora biti kabina testirana in primerno certificirana.

Od sprejema te zakonodaje spremljamo njeno izvajanje na traktorjih, ki so trenutno v ponudbi (prodaji) v Sloveniji. Ugotavljamo, da nekateri proizvajalci že upoštevajo omenjena standarda (direktivo in TSV 422/03), drugi pa še ne. Nekateri traktorji imajo na kabini pritrjeno dodatno tablico z oznako kategorije (stopnje) kabine glede na standard SIST EN 15695-1:2010, stopnjo zaščite pa navedeno tudi v navodilih za uporabo. Drugi traktorji imajo stopnjo zaščite

napisano le v navodilih, na sami kabini pa še ni ustrezne ploščice. Med kupci in uporabniki traktorjev opažamo dejansko popolno neinformiranost o teh zahtevah, veliko pa ne vedo o tem niti prodajalci traktorjev (Poje in Sito, 2014).

Preglednica 4: Kategorije kabin in stopnja zaščite traktorista pred nevarnimi snovmi glede na standard SIST EN 15695-1:2010

Oznaka kabine	Stopnja zaščite
Kategorija 1	Ne nudi zaščite pred snovmi, ki škodijo zdravju
Kategorija 2	Zaščita pred trdnimi delci
Kategorija 3	Zaščita pred trdnimi delci in aerosoli, ne pred hlapi
Kategorija 4	Zaščita pred trdnimi delci, aerosoli in hlapi (parami)

Večjo varnost traktoristu zagotavljajo kabine z nadtlakom in oglenimi filtri (Poje in Sito, 2014). Kljub temu pa jih proizvajalci označijo s »Kategorija 2«, ker ne zagotavljajo popolne zaščite pred nevarnimi snovmi. To pomeni, da zagotavlja zaščito pred prahom – trdnimi delci in le delno pred drugimi nevarnimi snovmi. S tem se tudi proizvajalci traktorjev izognejo morebitnim tožbam zaradi zastrupitve traktoristov. V kolikor uporabljeno fitofarmacevtsko sredstvo zahteva uporabo osebne zaščitne opreme, jo mora traktorist uporabljati tudi v taki sicer zelo »varni« kabini. Do sedaj je certifikat za kategorijo 4 (stopnjo 4) pridobilo le nekaj samovoznih škropilnic (npr. Challenger RoGator 600).

Slika 1: Nalepka (tablica) v kabini traktorja označuje vrsto kabine glede na kategorijo zaščite v skladu z zahtevami SIST EN 15696¸-1:2010.

4 Zaključek

Homologacijske zahteve za nove traktorje so natančno predpisane. Motorji vgrajeni v nove traktorje postajajo vse čistejši, saj morajo njihovi proizvajalci zadostiti okoljskim zahtevam glede emisij onesnaževal. Stopnje zniževanja emisij onesnaževal so terminsko sicer določene, vendar njihov pravi nastop zamakne možno prehodno obdobje, ki ga dejansko večina proizvajalcev traktorjev izkoristi. Problematika izpostavljenosti traktorista nevarnim snovem je v Sloveniji dokaj pereča zaradi starih traktorjev. Kdor kupi nov traktor je načeloma

natančno seznanjen s kategorijo zaščite, ki jo nudi traktorska kabina pred nevarnimi snovmi in glede na kategorijo zaščite lahko uporabi tudi ustrezno osebno zaščitno opremo.

5 Literatura

Direktiva komisije 2010/52/EU z dne 11. avgusta 2010 o spremembi Direktive Sveta 76/763/EGS glede potniških sedežev za kmetijske ali gozdarske traktorje na kolesih ter Direktive 2009/144/ES Evropskega parlamenta in Sveta o določenih sestavnih delih in značilnostih kmetijskih ali gozdarskih traktorjev na kolesih zaradi prilagoditve njihovih tehničnih določb. 2010. Uradni list Evropske unije, 53, L 213: 37-42, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:213:0037:0042:SL:PDF (10.7.2012)

Poje, T., Sito, S. 2014. Kabina traktora kao faktor pouzdane zaštite od opasnih tvari. Glasnik zaštite bilja, 37, 4: 84-91

Belec, A., Krajnc, A., Joja Krznar, J., Kutin Slatnar, B., Lojović-Hadžihasanović, E., Maver, D., Plešivčnik, S., Stele, A. 2012 Popis kmetijstva 2010, Slovenija, 2010 - končni podatki. 29. marec 2012, Prva objava. Statistični urad Republike Slovenije – SURS http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4594 (12.11.2014)

Pravilnik o homologaciji kmetijskih in gozdarskih traktorjev, njihovih priklopnikov in zamenljivih vlečenih strojev ter njihovih sistemov, sestavnih delov in samostojnih tehničnih enot. 2014. Uradni list Republike Slovenije, 24, 81: 8884-8888 http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlurid=20143352 (26.11.2014)

Pravilnik o odobritvi kmetijskih in gozdarskih traktorjev. 2011. Uradni list Republike Slovenije, 21, 52: 7269-7349. http://www.uradni-list.si/1/content?id=104305 (26.11.2014)

Evropska komisija. 2014. Predlog uredba evropskega parlamenta in sveta o zahtevah v zvezi z mejnimi vrednostmi emisij in homologacijo za motorje z notranjim izgorevanjem za necestno mobilno mehanizacijo. EVROPSKA KOMISIJA COM(2014) 581 final 2014/0268 (COD): 54 st. http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/SL/1-2014-581-SL-F1-1.Pdf (26.11.2014)

Prvič registrirana vozila v letu 2014, po mesecih 2014. http://nio.gov.si/nio/data/prvic+registrirana+vozila+v+letu+2014+po+mesecih (26.11.2014)

SIST EN 15695-1:2010: Kmetijski traktorji in stroji z lastnim pogonom za zaščito rastlin - Zaščita posluževalca (voznika) pred nevarnimi snovmi - 1. del: Vrste kabin, zahteve in postopki preskušanja. 2010. 34 str.

SIST EN 15695-2:2010: Kmetijski traktorji in stroji z lastnim pogonom za zaščito rastlin - Zaščita upravljavca (voznika) pred nevarnimi snovmi - 2. del: Filtri, zahteve in postopki preskušanja. 2010. 12 str.

Tehnična specifikacija TSV – 422 (izdaja 03) o merah in vlečenih masah, regulatorju vrtilne frekvence in zaščiti pogonskih sklopov, štrlečih delov in koles, dodatnih varnostnih zahtevah za posebne uporabe, navodilih za uporabo, zasteklitvi, mehanskih priključnih napravah, ploščici proizvajalca in upravljanju zavor vlečenega vozila. 2011. http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/DPR/MOTORNA_VOZILA/TSV_-_traktorji/TSV_422-03.pdf (10.7.2012)

Tehnična specifikacija za vozila TSV 423/03 o ukrepih proti emisijam plinastih in trdih onesnaževal iz motorjev za pogon kmetijskih in gozdarskih traktorjev. 2012. 33 str. http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/pageuploads/DPR/MOTORNA_VOZILA/TSV_-_traktorji/TSV_423-03.pdf (26.11.2014)

Tehnična specifikacija za vozila TSV 423/04 o ukrepih proti emisijam plinastih in trdih onesnaževal iz motorjev, namenjenih za pogon kmetijskih in gozdarskih traktorjev. 2014. 37 st. http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/pageuploads/DPR/MOTORNA_VOZILA/TSV_-_traktorji/TSV_423-04.pdf (26.11.2014)

Hiperspektralno slikanje in možnosti uporabe v kmetijstvu

Matej KNAPIČ[33], Uroš ŽIBRAT[34]

Izvleček
Uporaba hiperspektralnih posnetkov je perspektivna neinvazivna metoda, ki omogoča razlikovanje objektov in določenih stanj objektov na podlagi analize elektromagnetnega valovanja - spektra, ki se praviloma odbija od objekta ali redkeje, ko ga le ti sevajo. Ločevanje lastnosti in stanja (npr. fiziološkega) objektov temelji na različnih vrednostih odboja posamezne valovne dolžine, ki je lastno za opazovani objekt. Bolj kot absolutne vrednosti odboja so pomembna razmerja (indeksi) med vrednostmi izbranih valovnih dolžin. Na ta način ta metoda ne omogoča le ločevanja rastlinskih vrst, ampak tudi razlikovanje med prisotnostjo različnih škodljivih organizmov in/ali določenih fizioloških procesov. Hiperspektralni kameri Kmetijskega inštituta Slovenije snemajo odboj svetlobe v območju med 400 in 2500 nm valovne dolžine. Podatki so zvezni, saj so meritve opravljene v ozkih intervalih. Zaradi ogromnega števila podatkov, prostorska resolucija posnetka je lahko tudi manj kot desetinko milimetra, je priprava in obdelava podatkov ključnega pomena. V kombinaciji z metodami strojnega učenja lahko dosežemo razmeroma zanesljivo razlikovanje oz. določevanje proučevanih dejavnikov. Kot primer navajamo napovedovanje vsebnosti sladkorja v trti na podlagi analize hiperspektralnih posnetkov.
Ključne besede: hiperspektralno slikanje, zaznavanje na daljavo, precision agriculture

Hyperspectral imaging and its use in agriculture

Abstract
Hyperspectral imaging is a perspective, non-invasive method allowing for differentiating objects and their states (e.g. physiological), based on the analysis of their reflected electromagnetic spectrum. Of more importance than absolute values are spectral ratios and indices. This enables not only distinguishing plant species, but also detection of pests and infections, as well as certain physiological processes. The hyperspectral cameras of the Agricultural Institute of Slovenia measure reflected sunlight between 400 and 2500 nm wavelength in narrow intervals (bands). Minimal spatial resolution is app. 0.06 mm, the amount of collected data is therefore huge and data preparation and analysis are of key importance. In combination with data mining methods we can achieve comparatively reliable differentiation or determination models. As an example we present models for forecasting the amount of sugar in grapevines, based on the analysis of hyperspectral images.
Keywords: hyperspectral imaging, remote sensing, precision agriculture

1 Uvod

1.1 ZAZNAVANJE NA DALJAVO

Vsa telesa, ki imajo temperaturo večjo od absolutne ničle, sevajo lastno sevanje in večinoma odbijajo valovanje, ki ga sevajo druga telesa. Spektralni zapis je lasten vsakemu objektu posebej, kar omogoča prepoznavanje posameznih elementov na površju Zemlje (Oštir, 2006). Tako so podatki satelita Linsat služili kot osnova projektu klasifikacije pokrovnosti tal, ki ga je vodila Evropska okoljska agencija. Analiza satelitskih posnetkov omogoči zaznavanje problemov v rasti (suša, napad bolezni in škodljivcev. Slabša prostorska in spektralna resolucija satelitskih posnetkov je sprva omogočala le določitev obsega napada bolezni ali

[33] Mag., Laboratorij za hiperspektralno slikanje, Oddelek za varstvo rastlin, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta; matej.knapic@kis.si
[34] Dr., prav tam, e-pošta: uros.zibrat@kis.si

škodljivca na določenem območju, z izboljšano resolucijo pa so več spektralne analize omogočile identifikacijo posamezne bolezni, škodljivca ali celo invazivne vrste. Pri neposredni identifikaciji patogena se v veliki meri uporabljajo hiperspektralni posnetki (ozek, zvezen interval valovnih dolžin) in/ali kombinacija z večspektralnimi satelitskimi posnetki (Laudien in sod., 2004). Jones in sodelavci (2011) navajajo uspešen poskus identifikacije invazivne plevelne vrste-japonskega dresnika, z uporabo visoko ločljivih večspektralnih posnetkov in z objektno klasifikacijo posnetka.

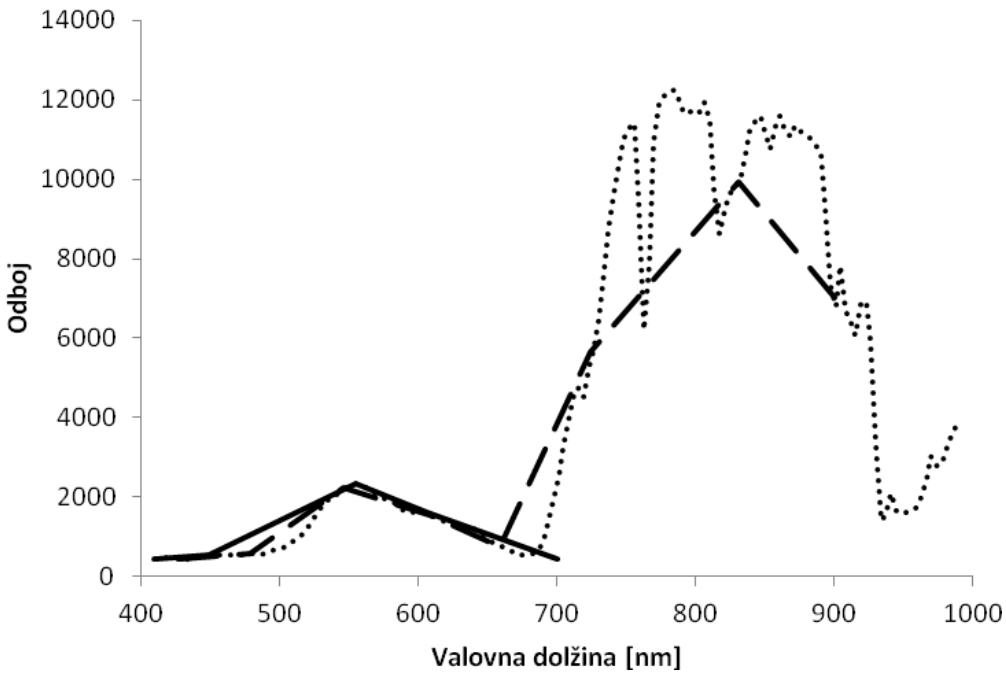
Daljinsko zaznavanje bi lahko opredelili kot znanstveno vedo o pridobivanju podatkov o obravnavanem objektu brez neposrednega stika na osnovi analize lastnosti elektromagnetnega valovanja. Ta pojem združuje mnoge tehnike in metode, vendar se dandanes termin daljinskega zaznavanja, predvsem zaradi velike prisotnosti tehnik optičnega slikanja objektov s sateliti oziroma letali, povezuje predvsem s to metodo, vendar je tehnik oziroma metod veliko več. Metodo optičnega zajema elektromagnetnega sevanja pri svojem delu uporabljamo tudi v okviru našega dela. Z analizo posnetkov lahko bolj ali manj zanesljivo ločimo vrste rastlin, njihovo zdravstveno stanje ter celo različne rastlinske bolezni.

Klasifikacija oziroma ločevanje elementov posnetka je eden najpomembnejših postopkov pri obdelavi daljinskih podob (slik), saj predstavlja povezavo z GIS (Oštir, 2006). Pri klasifikaciji posnetkov ločimo nenadzorovano in nadzorovano klasifikacijo (uporabnikova določitev elementa posnetka oziroma razredov). Pogosto se pri analizi daljinskih podob kmetijskih površin rastlin uporabljata obe tehniki. Veliko raziskav na področju varstva rastlin je potrdilo uporabnost tehnike daljinskega zaznavanja. Večina dosedanjih raziskav, kjer se je ugotavljal obseg prizadetosti kmetijskih posevkov zaradi bolezni in škodljivcev na večjih površinah, je pri analizi daljinskih podob uporabljala nenadzorovano klasifikacijo (Laudien in sod., 2004, Hatfield in Pruger, 2010), kjer lahko z ustaljenimi indeksi, razmerji posameznih spektrov, ločimo obolelo vegetacijo od zdrave. Med najbolj uporabljenimi vegetacijskimi indeksi je NDVI (normiran diferencialni vegetacijski indeks), obstaja pa cela zbirka vegetacijskih indeksov, ki so prirejeni namenu analize (Hatfield in Pruger, 2010). Tehnika analize daljinskih podob je bila večkrat uporabljena tudi v vinogradništvu. V projektu GRAPES (Loebitz in sod., 1997) so uspešno uporabili NDVI za določitev zgodnje faze stresa vinske trte zaradi napada trsne uši. Kot perspektivna se je pokazala uporaba analiza daljinskih podob inducirane fluorescence za določitev pojava oidija. Tehnologija daljinskega zaznavanja je bila večkrat uporabljena v povezavi s proučevanjem okoljskih dejavnikov na kakovost grozdja.

1.2 HIPERSPEKTRALNO SLIKANJE

Hiperspektralno slikanje je kombinacija digitalnega slikanja in spektroskopije. Za boljše razumevanje delovanja hiperspektralnega slikanja lahko uporabimo enostavno analogijo. Človeško oko vidi svetlobo v treh pasovih, rdečem, zelenem in modrem; spektralno snemanje lahko razdeli vidni del svetlobnega spektra v več deset pasov (t.i. spektralni pasovi). Kadar imamo do 10 spektralnih pasov govorimo o multispektralnem snemanju.

Glede na razpon valovnih dolžin, ki jih kamere zajamejo, lahko delimo hiperspektralno slikanje v dva dela: vidni del svetlobe (VNIR, "visual to near infrared") in kratkovalovni infrardeči spekter (SWIR, "short-wave infrared"). Skupaj pokrivata svetlobni spekter od 400 do 2500 nm valovne dolžine. Odboj svetlobe merijo v ozkih intervalih, okrog 2 nm, zato so podatki odboja zvezni. Vidni del svetlobe je torej razdeljen v do 200 pasov, med tem ko je kratkovalni infrardeči del deljen v približno 300 pasov.



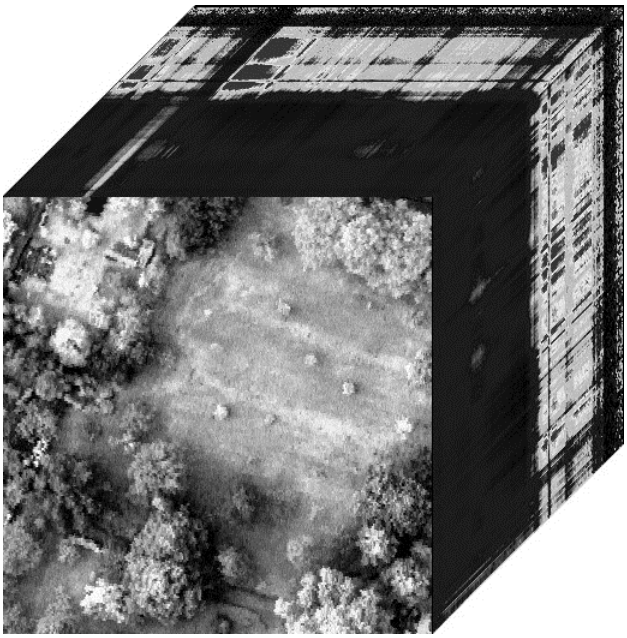
Slika 1: Primerjava spektralnih podpisov, kot jih vidi človeško oko (neprekinjena črta), multispektralni (prekinjena črta) in hiperspektralni senzor (pikčasta črta)

Digitalni posnetki so sestavljeni iz slikovnih celic (angl. pixel). Za vsakega izmed teh elementov hiperspektralna kamera zajame zvezno informacijo o odboju svetlobe (angl. reflectance) v vsakem spektralnem pasu. Hiperspektralni senzorji zbirajo informacije iz posameznih pasov kot zbirko slik, ki jih nato združijo v tri dimenzionalni hiperspektralni podatkovni kvader (angl. hyperspectral data cube). Vsaka svetlobna celica posnetka torej vsebuje zvezni svetlobni spekter, t.i. spektralni podpis (slika 2).
Poleg visoke spektralne ločljivosti (t.j. število pasov) omogoča hiperspektralno snemanje tudi zajemanje podatkov z visoko prostorsko ločljivostjo (velikost svetlobnih celic). Ob premajhni prostorski ločljivosti pride do mešanja spektralnih podpisov iz več celic, kar je posebej neželeno na robovih predmetov oziroma na stičiščih več predmetov. V tem primeru govorimo o učinku roba, kjer zaradi mešanega spektralnega podpisa nastopijo težave s kvaliteto informacij in kasneje klasifikacijo. Hiperspektralno slikanje v razdalji do 30 cm od objekta, omogoča prostorske ločljivosti do 0,06 mm, kar zadostuje za ločevanje zrnc peska in posameznih celic.

1.3 UPORABNOST HIPERSPEKTRALNEGA SLIKANJA

S hiperspektralnim slikanjem zajamemo zelo natančne in podrobne informacije o proučevanih predmetih, kar nam omogoča zanesljivejše klasifikacije predmetov. Uporabnost te tehnologije je omejena samo s predmeti, ki nimajo spektralnega podpisa, torej takšnimi, ki svetlobe ne odbijajo ali oddajajo. Ločimo lahko rastline (na primer ločevanje plevela ali invazivnih vrst od poljščin), posamezne organe rastlin (tudi določanje količine barvil, na primer klorofila) in določena stresna stanja rastlin še pred izrazitimi vidnimi znaki (bolezni, prehrana, suša, poškodbe, …). Napad patogena spremeni spektralni odtis rastline, ki je svojstven za posamezno skupino patogenov, kot tudi za rastlinsko vrsto. V sadjarstvu uporabljajo to tehnologijo za sortiranje jabolk po barvi, ugotavljanje poškodb in bolezni ter napoved

pridelka. Določimo lahko količino beljakovin, vlage, maščob in kosti v mesu. Prav tako lahko iščemo in ločujemo različne parazite, ki živijo v živalskem tkivu.



Slika 2: Tri dimenzionalni hiperspektralni podatkovni kvader

V določenih primerih lahko ločimo kemijsko oziroma mineralno sestavo predmetov, kar se s pridom uporablja v geologiji in tehnologiji živil. Metoda bi bila tudi uporabna za določanje mineralne sestave gline v arheoloških raziskavah. Nenazadnje, hiperspektralno snemanje uporabljajo tudi za analiziranje umetniških slik. Analiza spektralnih podpisov daje vpogled v način slikanja, uporabo metod in materialov ter iskanje napak in popravkov.
Uporabnost hiperspektralnega slikanja bomo v nadaljevanju ilustrirali na primeru napovedovanja vsebnosti sladkorja v grozdju.

2 Material in metode

Avgusta 2014 smo v vinogradu sorte Sauvignon slikali grozdje s kratkovalovno infrardečo kamero, v valovnih dolžinah od 950 do 2500 nm, razdeljeno v 288 pasov. Slikanje smo opravili na tehnološkem poskusu, kjer so bile zaradi različnih pogojev osvetlitve oziroma obremenitve trt v poskusu, zadovoljive razlike o vsebnosti sladkorja. Za normalizacijo posnetkov smo uporabili belo ploščo z znanim spektralnim podpisom (proizvajalca SphereOptics), ki smo jo posneli hkrati z vsako trto. V laboratoriju smo nato podatke pretvorili iz digitalnih števil, ki jih beleži senzor, v svetlobni odboj. Vse podatke smo delili s spektralnim podpisom bele plošče, ločeno za vsako trto. Podatke smo naključno razdelili v dve enoti, za treniranje 66 % (39859 rastrskih celic) in za testiranje 34 % (20534 rastrskih celic) podatkov.
Podatke o vsebnosti sladkorja so nam posredovali kolegi z oddelka za sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo Kmetijskega inštituta Slovenije. Za vsako trto so naključno izbrali 100 jagod, jih zmleli in izmerili vsebnost sladkorja.

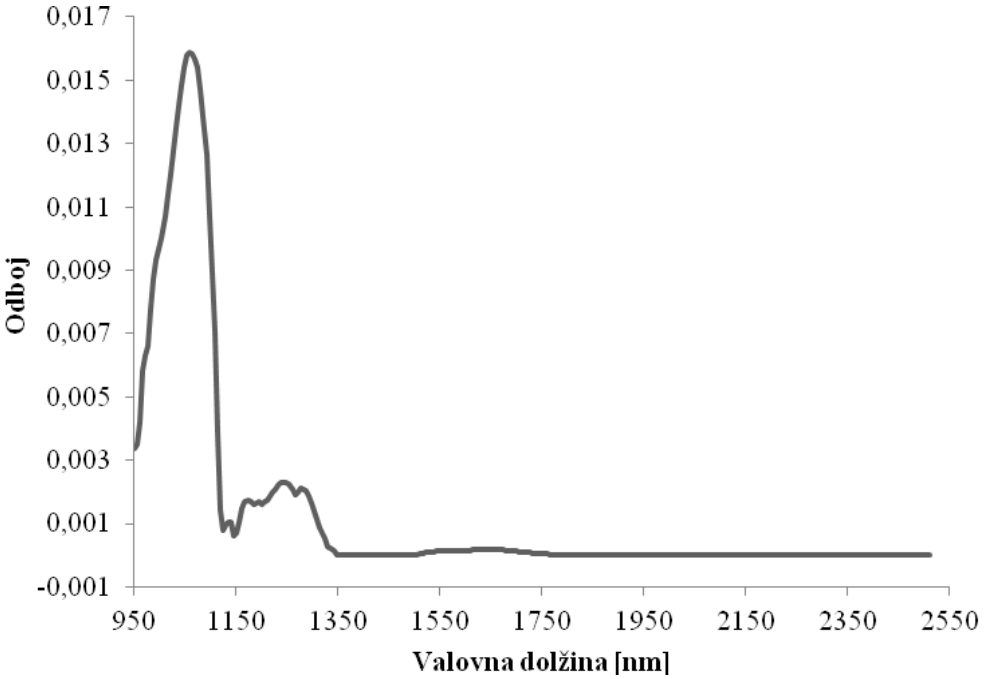
Analize smo opravili v programskih okoljih Weka (Hall in sod., 2009) in R (R Core team, 2014). Uporabili smo algoritme skupinskega učenja (angl. assembly learning), skupaj z algoritmom RandomForest (Breiman, 2001).

3 Rezultati in diskusija

Algoritem RandomForest je uspešno napovedal vsebnost sladkorja v grozdju na osnovi kratkovalovnih infrardečih hiperspektralnih posnetkov (preglednica 1). Uspešnost napovedovanja je približno 80 %, z razmeroma majhnimi napakami. Sposobnost napovedovanja na za model novih podatkih je tudi sprejemljiva (koren kvadrata relativne napake 60 %).
Za napovedovanje so pomembne valovne dolžine od 950 do 1341 nm in 1488 do 1781 nm (slika 3).

Preglednica 1:Uspešnost algoritma pri napovedovanju vsebnosti sladkorja

Koeficient korelacije	0,797
Povprečna absolutna napaka	2,788
Koren kvadrata povprečne napake	3,64
Relativna absolutna napaka	57,85 %
Koren kvadrata relativne napake	61,05 %



Slika 3: Spektralni podpis grozdja v kratkovalovnem infrardečem delu spektra

4 Sklepi

Uporaba hiperspektralnih posnetkov je perspektivna neinvazivna metoda, ki omogoča razlikovanje objektov in določenih stanj objektov na podlagi analize elektromagnetnega valovanja.
Ločevanje lastnosti objektov temelji na različnih vrednostih odboja posamezne valovne dolžine, ki je lastno za opazovani objekt in celo stanje objekta. Bolj kot absolutne vrednosti odboja so pomembna razmerja (indeksi) med vrednostmi izbranih valovnih dolžin. Na ta način ta metoda ne omogoča le ločevanja rastlinskih vrst, ampak tudi razlikovanje med prisotnostjo različnih škodljivih organizmov in/ali določenih fizioloških procesov.

Zahvala
Raziskava je bila financirana v okviru projekta CropSustaIn.

5 Literatura

Breiman, L. 2001. Random Forests. Machine Learning, 45(1): 5-32

Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., Witten, I.H. 2009. The WEKA Data Mining Software: An Update. SIGKDD Explorations, 11(1): 10-18

Hatfield, J.L., Prueger, J.H. 2010. Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stages under varying management practices. Remote Sensing, 2: 562-578

Jones, D., Pike, S., Thomas, M., Murphy, D. 2011. Object-based image analysis for detection of japanese knotweed s.l. taxa (Polygonaceae) in Wales (UK). Remote Sensing, 3: 319-342

Laudien, R., Bareth, G., Doluschitz, R. 2004. Comparison of remote sensing based analysis of crop diseases by using high resolution multispectral in hyperspectral data – case study: *Rhizoctonia solani* in sugar beet. V: Proc. 12th Int. Conf. on Geoinformatics − Geospatial Information Research: Bridging the Pacific in Atlantic, University of Gävle, Sweden

Loebitz, B., Johnson, L., Armstrong, R., Hlavka, C., Bell, C. 1997. Grapevine remote sensing analysis of phylloxera early stress (GRAPES): remote sensing analysis summary. NASA Technical Memorinum, No. 112218

Oštir, K. 2006. Daljinsko zaznavanje. Založba ZRC, Ljubljana: 250

R Core Team. 2014. R: A language in environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. http://www.R-project.org/

Podjetniški vidik pridelave lana (*Linum usitatissimum* L.) v Sloveniji

Urška KRAJNC[35], Martin PAVLOVIČ[36]

Izvleček
Prehrambni trendi »super živil« povečujejo povpraševanje po lanenem semenu in olju zaradi edinstvenih vplivov na zdravje ljudi in živali. V Sloveniji lan pridelujemo le na majhnih površinah, ki jih podatki SURS-a ne zajemajo, tako v glavnem vsa potrebna vlakna, prejo, semena in olje uvozimo. Glede na vremenske razmere, razmere na trgu in tehnološke možnosti pridelave ima v Sloveniji prednost pridelava oljnega lana. Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji, ki služi kot pripomoček za ekonomsko učinkovito načrtovanje gospodarjenja na kmetijah, ne zajema kalkulacije spremenljivih stroškov in pokritja za lan. V ta namen smo opravili raziskavo o smotrnosti pridelave oljnega lana v Sloveniji glede na obstoječe zmogljivosti slovenskih kmetij. Izdelana sta bila dva scenarija. Eden predvideva prodajo tako semen kot tudi stranskega proizvoda slame (ni uporabna za predelavo v vlakna), drugi pa samo prodajo semen. V kalkulacije so bili vračunani stroški, ki nastanejo neposredno pri pridelavi lana. Izdelanih je bilo več kalkulacij glede na predviden pridelek semena. Ekonomski parametri kažejo na smotrnost prodaje le glavnega pridelka, saj so stroški spravila stranskega pridelka ekonomsko neupravičeni. V prvem scenariju je glede na stroške pridelave ekonomsko upravičena pridelava pri predvidenem pridelku 1200 kg/ha semen, v drugem scenariju pa že pri predvidenem pridelku 900 kg/ha semen. V prvem scenariju glede na dano ceno 400 €/t semena in 6 €/t vlaken s predvidenimi pridelki ni možno pokriti stroškov pridelave. V drugem scenariju pa se stroški pridelave glede na dano ceno semena pokrijejo pri pridelku 1800 kg/ha.
Ključne besede: oljni lan, smotrnost pridelave, kalkulacija stroškov, ekonomičnost pridelave

Entrepreneurial perspective of flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivation in Slovenia

Abstract
New food trends known as »super foods« increase the demand of linseed and linseed oil, because of its unique effects on human and animal health. In Slovenia, flax is cultivated only on small fields (0,5 ha) so almost all the necessary fibres, yarn, seeds and oil are imported. According to the climate conditions, market opportunities and technological possibilities of processing flax in Slovenia, the advantage is given to the linseed production. A Catalogue of calculations for a farm management planning in Slovenia, which is used as a tool for the economically efficient management planning on farms, doesn't include calculation of variable costs and gross margin for flax. Therefore, we conducted a study on the efficiency of linseed production according to the existing capacity of Slovenian farms. The paper includes two different scenarios; one provides a cost estimation for selling seeds and by-product straw, while the other one only for selling seeds. Only the costs that are directly involved in a flax production were included in a calculation. Depending on seed yield, several calculations were made. The economic coefficient indicates that the production of linseed in the first scenario is justified at the yield of 1200 kg / ha of seed and in the second scenario at the yield of 900 kg/ha of seed. Economic parameters show that only the main crop product is profitable, while harvesting of a by-product is economically unjustified. According to a given price of 400 €/t for seeds and 6 €/t for straw in the first scenario, provided yields can not meet the costs of a production. In the second scenario, the production costs are covered with seed yield of 1800 kg/ha.
Key words: flax, production efficiency in Slovenia, costs calculation, production economy

[35] Univ. dipl. ekon., e-pošta: u.krajnc2@gmail.com
[36] Prof., dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: martin.pavlovic@ihps.si

1 Uvod

Navadni lan (*Linum usitatissimum* L.) iz družine lanovk (*Linaceae* L.) velja za eno najstarejših kmetijskih rastlin na svetu. Skozi zgodovino je imel pomembno kulturno in gospodarsko vlogo (Kocjan Ačko, 1999). Lanarstvo je doseglo svoj vrh v 17. in prvi polovici 18. stoletja. Tkalstvo je bila donosna obrt tudi na območju Slovenije. Prihod cenejšega bombažnega blaga, kasneje pa tudi sintetičnih vlaken, je popolnoma izpodrinil lanena vlakna. Po drugi svetovni vojni v Sloveniji skoraj da ni bilo več njiv posejanih z lanom (Kocjan Ačko in Rijavec, 2010). Lan glede na njegovo uporabnost delimo na: predivni, oljni in vmesni lan (Čeh in sod., 2009). Večina površin, zasejanih z lanom, je namenjena pridelavi oljnega lana. Glede na statistične podatke Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo so se svetovne površine, v opazovanem obdobju med letoma 1992 in 2012, tako za pridelavo semen kot tudi prediva zmanjševale (FAOSTAT stat., 2014).

V različnih podnebjih uspevajo različni tipi lana glede na njegovo smer/namen pridelave (Pasković, 1961). Predivni lan uspeva v zmerno toplem podnebju z veliko vlage, oljni pa v toplem podnebju, saj za svojo rast potrebuje več toplote (Kocjan Ačko, 1999; Bavec 2000; Bavec in Bavec, 2007). Največ predivnega lana pridelajo v severnih obmorskih državah članicah EU ter Belorusiji in Rusiji, med tem ko največ oljnega lana v Kanadi, Rusiji, Kitajski, Kazahstanu in Indiji.

Svet preplavljajo sintetični in umetni materiali, ki onesnažujejo naš planet. Svetovni trendi napovedujejo zamenjavo umetnih in nevarnih materialov z alternativnimi, ki ne škodujejo okolju, živalim in ljudem. Tako se ponovno uvajajo stare poljščine, ki nudijo alternativne rešitve za obstoječe potrebe. Nove raziskave, smernice trajnostnega razvoja, skrb za zdravje posameznikov in kmetijska politika, kažejo na možnosti povečanja tržnih potreb po izdelkih iz lana. V prihodnje je, glede na eko trend in usmerjenost politike v trajnostni razvoj, pričakovati povečanje potreb po predivnem lanu, tako za izdelavo tekstila, papirja in gradbenega materiala kot tudi za še ne povsem odkrite možnosti uporabe v kompozitih. Glede na vedno nove raziskave o pozitivnih učinkih lanenega semena in olja na zdravje ljudi in živali, predvsem pa s trendom »super živil« je pričakovati povečanje uporabe semen v prehrambne namene. Lanena semena in olje, ki nastane pri stiskanju le-teh, so uporabni tako v industriji kot tudi za prehrano ljudi in živali (Kocjan Ačko, 1999). Lanena semena so koristna v človeški in živalski prehrani zaradi visoke vsebnosti alfa-linolenske kisline (omega-3 maščobne kisline), ter vsebnosti vlaknin in ligninov (Berglund, 2002). Laneno olje pa se večinoma uporablja v industrijske namene, predvsem za izdelavo lakov, barv, detergentov, talnih oblog in kozmetike (CELC, 2010).

Ostajajo pa še tudi neizkoriščene možnosti uporabe lanenega semena in olja, pa tudi lanenih pogač v industrijske namene. Glede na to, da lan spada med stare poljščine, ki so pri nas že bile uveljavljene, a je zaradi cenejših umetnih materialov bila zrinjena z naših polj, velja razmisliti o njegovi ponovni umestitvi v kolobar. Pridelava lana bi lahko v prihodnosti predstavljala strateško prednost Slovenije pri doseganju trajnostnih ciljev. Glede na podnebne razmere, razmere na trgu in možnosti manjših investicij v prilagoditvi mehanizacije ima v Sloveniji prednost pridelava oljnega lana (Kocjan Ačko in Rijavec, 2010). Razlog zakaj lan v Sloveniji pridelujejo le na odročnih kmetijah za popestritev turistične ponudbe (Kocjan Ačko in Rijavec, 2010), se nahaja zagotovo v nepoznavanju uporabne vrednosti in ekonomske učinkovitosti pridelave. V Sloveniji tako že potekajo raziskave o možnostih vključevanja alternativnih oljnic v kolobar. V katalogu kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah, ki služi kot pripomoček za ekonomsko učinkovito načrtovanje gospodarjenja na kmetijah, ne najdemo kalkulacij za kulturno rastlino lan. V ta namen smo izdelali kalkulacijo za pridelavo

lana v Sloveniji na podlagi domače in tuje literature, kataloga kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji in podatkov, pridobljenih s projektom CRP V4-1138 Vključevanje alternativnih oljnic z visoko vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin v kolobar, funkcionalna raba semen, olja in sekundarnih produktov v Sloveniji.

2 Material in metode dela

Kalkulacije za pridelavo lana v Sloveniji smo izdelali v računalniškem generatorju Excel, Microsoft Office. V pomoč pri izdelavi kalkulacij nam je bila domača in tuja literatura, Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji in podatki, pridobljeni s projektom CRP V4-1138 Vključevanje alternativnih oljnic z visoko vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin v kolobar, funkcionalna raba semen, olja in sekundarnih produktov v Sloveniji. V projektu je bil zastavljen bločni poljski poskus v štirih ponovitvah na štirih lokacijah, in sicer v letih 2012 in 2013. V poskus je bilo vključenih šest zgodnjih francoskih sort lana (Čeh in sod., 2013). Iz poskusa smo dobili podatke o agrotehniki pridelave, upoštevali smo gnojenje z mineralnimi gnojili pri dobri preskrbljenosti tal s fosforjem in kalijem ter razpon pridelka semen v naših agroekoloških razmerah (glede na literaturo). Izračunali smo ekonomičnost pridelave za možen razpon predvidenega pridelka med 600 in 2300 kg semen/ha. Stroške pridelave smo ovrednotili glede na Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji in podatke posameznih gospodarskih subjektov. Stroške potrebnih mineralnih gnojil smo razdelili v štiri postavke za 600-1000 kg/ha semena, 1100-1400 kg/ha semena, 1500-1900 kg/ha semena in 2000-2300 kg/ha semena. Kjer je bilo potrebno, smo stroške baliranja preračunali glede na predviden pridelek stranskega proizvoda slame, in sicer za male štirioglate bale. Baliranje v valjaste bale je ekonomsko manj upravičeno upoštevajoč dano odkupno ceno. Spremenljive stroške baliranja slame, vse pripadajoče strojne in delovne ure smo prav tako razvrstili v štiri postavke. V Katalogu kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji se spremenljivi stroški baliranja razlikujejo glede na predviden pridelek 1000 kg, 2000 kg, 3000 kg in 4000 kg/ha slame. Prihodke od prodaje tako za glavni kot tudi stranski proizvod smo pridobili s pomočjo literature in stanja na borznem trgu zrn žit in oljnic Manitoba (Manitoba, 2014).

Izdelali smo kalkulacije za dva scenarija, in sicer za primer prodaje tako glavnega kot tudi stranskega pridelka, ter primer prodaje samo semen. Ekonomsko upravičenost pridelave lanu v Sloveniji smo ugotavljali z izračunom naslednjih ekonomskih parametrov: vrednosti proizvodnje, lastne cene, lastne cene s subvencijo, koeficienta ekonomičnosti, prelomne cene proizvodnje in prelomne točke proizvodnje.

Prvi scenarij uokvirja prodajo pričakovanega pridelka – semen, kot tudi predvidenega stranskega pridelka – slame. Predvideni prihodki od prodaje v prvem scenariju predstavljajo prihodek od prodaje semen, prihodek od prodaje slame in predvideno direktno plačilo. Stroške smo v prvem scenariju razdelili na stroške materiala, stroške strojnih storitev in stroške dela. Med materialne stroške smo všteli stroške semena, stroške mineralnih gnojil in stroške sredstev za varstvo rastlin. Stroški semena in zaščitnih sredstev so bili pri vseh predvidenih pridelkih semen enaki. Stroški mineralnih gnojil pa se razlikujejo glede na predviden pridelek semen. Stroški strojnih storitev, kot so: oranje, brananje, predsetvena priprava, dvakratno gnojenje z mineralnimi gnojili, valjanje, varstvo rastlin, žetev, prevoz zrnja ter premike strojev za žetev so v vseh predvidenih pridelkih enaki. Stroški strojnih storitev, povezanih z baliranjem slame, pa se razlikujejo glede na predviden pridelek slame. Ceno baliranja slame smo za vsak predviden pridelek izračunali posebej. Stroški baliranja slame se razlikujejo glede na predviden pridelek slame. Delovne ure za opravljanje strojnih storitev nismo ovrednotili, saj so že vkalkulirane v stroških strojnih storitev. V stroške smo vkalkulirali tudi stroške

delovnih ur, ki so sestavljeni iz dela potrebnega za pomoč pri žetvi ter nalaganja in razlaganja slame. Število ur, potrebnih za posamezno delo, smo vzeli iz kataloga kalkulacij, za ceno dela pa smo vzeli pavšalno urno postavko ročnega dela 5,75 €/ha.
Drugi scenarij predvideva prodajo samo semen. Tako prihodki od prodaje v drugem scenariju predstavljajo prihodek od prodaje semen in predvideno direktno plačilo. Stroške v drugem scenariju smo razdelili na stroške semena, stroške rastlinskih hranil, druge materialne stroške, stroške strojev, stroške lastnega dela in stroške žetve žit. Vsi stroški, razen stroški rastlinskih gnojil, so isti za vse predvidene pridelke in so enaki kot v prvem scenariju. Stroški mineralnih gnojil se razlikujejo glede na predviden pridelek semen enako kot v prvem scenariju. Pri stroških strojev, kjer je v prvem scenariju prihajalo do razlik glede na predviden pridelek slame, je v drugem scenariju enak. Glede na to, da v drugem scenariju ne predvidevamo prodaje slame, tudi ne računamo stroškov baliranja slame, premike strojev zaradi slame in prevoza slame. Namesto tega smo vračunali strošek drobljenja slame glede na Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji. V drugem scenariju stroški ročnega dela predstavljajo le delo povezano z žetvijo žit, ovrednoteno enako kot v prvem scenariju. Drugi scenarij predvideva tudi različne odkupne cene pridelka. Tako smo izračunali pokritja pri ceni glede na predviden pridelek za naslednje odkupne cene: 340 €/t, 370 €/t, 390 €/t, 400 €/t, 410 €/t, 430€/t, 450 €/t, 470 €/t, 500 €/t, 530 €/t, 550 €/t in 570 €/t.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 PRVI IN DRUGI SCENARIJ

V prvem scenariju smo predvidevali prodajo vseh semen po ceni 400 €/t (Manitoba, 2014) in vse slame po ceni 6 €/t (SaskFlax, 2002) ter dano predvideno direktno plačilo 332 €/ha (MKO, 2014). Glede na predvidene pridelke semen je vrednost proizvodnje med 577,91 €/ha in 1274,62 €/ha, stroški proizvodnje pa med 724,36 €/ha in 979,40 €/ha. Tako glede na vse prihodke in stroške pridelave v prvem scenariju pridelovalec ustvari pozitiven finančni rezultat pri pridelku 1200 kg/ha. Stroški, povezani z baliranjem slame, se med sabo razlikujejo glede na predvidene pridelke slame. Lanena slama, ki ostane pri pridelavi lana za semena in olje je uporabna za izgradnjo gnezdišč za race, kot hortikulturna zastirka in gorivo, na tono ogrevanja ima podobno vrednost kot mehki premog (SaskFlax, 2002). Ostajajo pa še neizkoriščene možnosti uporabe slame v industrijske namene. Zaradi nizke odkupne cene slame, ki je posledica ne prepoznavanja njene uporabne vrednosti, pridelovalec ne more pokriti stroškov njenega baliranja. Z dano odkupno ceno semena in slame glede na predvidene pridelke ni možno pokriti stroške pridelave.
Drugi scenarij predvideva prodajo semen in drobljenje slame. V primeru, da pridelek na hektar znaša 600 kg, pridelovalec ustvari pozitiven finančni rezultat le v primeru, ko odkupna cena semen znaša 570 €/t. V primeru najnižje odkupne cene, to je 340 €/t, pridelovalec ustvari pozitiven finančni rezultat pri predvidenem pridelku 1000 kg/ha. Odkupna cena 400 €/t pa prinaša dobiček pri pridelku 900 kg/ha. Pridelovalec stroške pridelave pri ceni 340 €/t pokrije v primeru, da predvideni pridelek semen znaša vsaj 2200 kg/ha. V primeru odkupne cene 570 €/t pa pri pridelku semen vsaj 1300 kg/ha. Odkupne cene semen variirajo glede na letno proizvodnjo in kakovost semen. Najvišje cene dosegajo čista cela semena, ki so namenjena za prehrambno industrijo (SaskFlax, 2002).

3.2 PRIMERJAVA EKONOMSKIH PARAMETROV

Preglednica 3 prikazuje primerjavo ekonomskih parametrov za prvi in drugi scenarij za predvidene pridelke semen 600 kg/ha, 900 kg/ha, 1200 kg/ha, 1500 kg/ha, 1800 kg/ha, 2000 kg/ha in 2300 kg/ha. Vrednost proizvodnje je v prvem scenariju višja kot v drugem, saj poleg

glavnega pridelka prihodek predstavlja tudi prodaja stranskega pridelka. Tako lastna cena kot tudi lastna cena s subvencijo sta v drugem scenariju za približno desetino nižji kot v prvem scenariju, kar pomeni, da so stroški na enoto izdelka v prvem scenariju višji zaradi stroškov, povezanih z baliranjem slame.

Preglednica 1: Kalkulacija stroškov pridelave lana, pri predvidenem pridelku 600 kg semena/ha

Lan		**enota**	**količina**	**cena na enoto**	**skupaj (€)**
		ha	**1**		
Prihodki					
Predviden pridelek (seme)		kg/ha	600	0,4	240
Predviden pridelek (slama)		kg/ha	985	0,006	5,91
Predvideno direktno plačilo		€/ha	1	332	332
Prihodki skupaj		€			**577,91**
Stroški					
Material					
Seme		kg/ha	100	2,4	240
Mineralna gnojila	dušik (N)	kg/ha	30	0,81	24,3
	fosfor (P)	kg/ha	60	1,08	64,8
	kalij (K)	kg/ha	60	0,73	43,8
Skupaj stroški mineralnih gnojil					132,9
Zaščitna sredstva	Basagran	l/ha	1,8	13,2	23,76
Skupaj stroški materiala					396,66
Strojne storitve					
oranje		ur/ha	2,4	14,2	34,08
brananje		ur/ha	2	7,6	15,2
predsetvena priprava		ur/ha	2,2	13	28,6
gnojenje z mineralnimi gnojili (2X)		ur/ha	2,8	7,46	20,888
setev		ur/ha	0,8	7,9	6,32
valjanje		ur/ha	0,9	4,33	3,897
varstvo rastlin		ur/ha	0,6	7,66	4,596
žetev		€/ha	1	125	125
prevoz zrnja		ur/ha	1	7,5	7,5
baliranje slame (male štirioglate bale)		€/ha	1	33,132	33,132
prevoz slame		ur/ha	1,4	5,01	7,014
premiki strojev (zrnje)		ur/ha	0,8	7	5,6
premiki strojev (slama)		ur/ha	0,3	4,59	1,377
Skupaj stroški strojnih storitev					293,204
Ročno delo					
strojne ure		ur/ha	15,2	0	0
pomoč pri žetvi		ur/ha	1	5,75	5,75
nalaganje in razlaganje slame		ur/ha	5	5,75	28,75
Skupaj stroški delovnih ur					34,5
Stroški skupaj					**724,364**
Finančni rezultat (dobiček/izguba)					**-146,454**

Preglednica 2: Kalkulacija stroškov pridelave lana v primeru drugega scenarija za izbrane hektarske pridelke oljnega lana in pokritja pri različnih ceni pridelka

Pridelek (t/ha)				0,6	0,9	1,2	1,4	1,5	1,9	2	2,3
Prihodek od prodaje semena		400	€/t	240	360	480	560	600	760	800	920
Proračunska plačila (REG)			€/ha	332	332	332	332	332	332	332	332
PRIHODEK pri ceni		400	€/t	572	692	812	892	932	1092	1132	1252
Seme	0,1t	2400	€/t	240	240	240	240	240	240	240	240
Rastlinska hranila (1)				133	133	154	154	175	175	195	195
Drugi materialni stroški (2)				24	24	24	24	24	24	24	24
Stroški strojev (3)				143	143	143	143	143	143	143	143
Lastno delo				6	6	6	6	6	6	6	6
Žetev žit - storitev				125	125	125	125	125	125	125	125
Spremenljivi stroški				671	671	692	692	713	713	733	733
Pokritje pri ceni		400	€/t	-99	21	120	200	219	379	399	519

Preglednica 3: Primerjava ekonomskih parametrov za izbrane predvidene hektarske pridelke oljnega lana

	Pridelek (t/ha)	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2	2,3	
1.scenarij	Vrednost proizvodnje	578	701	824	947	1070	1152	1275	€/ha
	Lastna cena	1,21	0,86	0,67	0,59	0,50	0,48	0,43	€/kg
	Lastna cena s subvencijo	0,65	0,49	0,40	0,37	0,32	0,32	0,28	€/kg
	Koeficient ekonomičnosti	0,80	0,91	1,02	1,07	1,19	1,20	1,30	
	Prelomna cena proizvodnje	1,21	0,86	0,67	0,59	0,50	0,48	0,43	€/kg
	Prelomna točka proizvodnje	1811	1929	2022	2208	2249	2407	2449	kg/ha
2.scenarij	Vrednost proizvodnje	572	692	812	932	1052	1132	1252	€/ha
	Lastna cena	1,12	0,75	0,58	0,48	0,4	0,37	0,32	€/kg
	Lastna cena s subvencijo	0,57	0,38	0,3	0,24	0,21	0,19	0,17	€/kg
	Koeficient ekonomičnosti	0,85	1,03	1,17	1,31	1,48	1,54	1,71	
	Prelomna cena proizvodnje	1,12	0,75	0,58	0,48	0,4	0,37	0,32	€7kg
	Prelomna točka proizvodnje	1678	1678	1730	1783	1783	1833	1833	kg/ha

Na upravičenost pridelave kaže koeficient ekonomičnosti, ki predstavlja razmerje med vrednostjo pridelave in skupnimi stroški. V prvem scenariju je glede na stroške pridelave in upoštevano subvencijo (pri izračunu koeficienta ekonomičnosti upoštevamo tudi subvencijo, se pravi vse prihodke in vse odhodke) ekonomsko upravičena pridelava pri predvidenem pridelku 1200 kg/ha semen, v drugem scenariju pa že pri predvidenem pridelku 900 kg/ha semen. V prvem scenariju glede na dano ceno 400 €/t semen in 6 €/t vlaken s predvidenimi pridelki ni možno pokriti stroške pridelave (upoštevamo samo prihodke od prodaje in vse stroške). V drugem scenariju se stroški pridelave pokrijejo glede na dano ceno semen pri pridelku 1800 kg/ha.

4 Sklepi

V raziskavi smo se osredotočili na možnost pridelave lanenih semen v Sloveniji. Pri pridelavi lanenih semen predstavlja lanena slama stranski proizvod, ki je uporaben v različne namene. Glede na trenutne tehnike obdelave je sam strošek baliranja slame prevelik, da bi ga bilo mogoče pokriti z izredno nizko odkupno ceno slame, ki znaša le 6 €/t (SaskFlax, 2002). Naše kalkulacije spremenljivih stroškov kažejo, da strošek baliranja slame ni ekonomsko upravičen. Tako se glede na nizke odkupne cene slame kot stranskega proizvoda trenutno bolj splača

slamo zdrobiti in raztrositi po požeti njivi. Z višjo odkupno ceno slame ali z novimi tehnikami obdelave s stroji za spravilo slame (valjaste bale in velike štirioglate bale), ki hkrati ob žetvi omogočajo tudi sprotno izdelovanje bal, bi bilo spravilo slame ekonomsko upravičeno in pridelava semenskega lanu donosnejša. Ekonomičnost pridelave smo ugotavljali z izračunom koeficienta ekonomičnosti, glede na vrednost proizvodnje in skupne stroške pridelave. V prvem scenariju je pridelava ekonomično upravičena v primeru predvidenega pridelka vsaj 1200 kg/ha semen. V drugem scenariju, kjer je predvidena le prodaja semen, je pridelava ekonomično upravičena že pri predvidenem pridelku 900 kg/ha semen.

Zahvala
Podatki za izračune so bili pridobljeni na podlagi rezultatov projekta CRP V4-1138 Vključevanje alternativnih oljnic z visoko vsebnostjo večkrat nenasičenih maščobnih kislin v kolobar, funkcionalna raba semen, olja in sekundarnih produktov v Sloveniji. Zahvaljujemo se financerjema projekta ARRS in MKGP.

5 Literatura

Bavec, F. 2000. Navadni, oljni, predivni lan (*Linum usitatissimum* L.). V: Nekatere zapostavljene in/ali nove poljščine. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: 55-63

Bavec, F., Bavec, M. 2007. Flax. V: Organic production and use of alternative crops, Boca Raton, Taylor&Francis Group, LLC: 178-186

Berglund, D.R. 2002. Flax: New uses and demands. V: Janick, J., Whipkey, A. (ur.). Trends in New Crops and New Uses, Alexandria, Virginia: 358-360

CELC – The European Confederation of linen and hemp. 2010. Tehnical. http://www.mastersoflinen.com/eng/technique/16-textile (31.3.2014)

Čeh, B., Štraus, S., Hladnik, A., Oset Luskar, M., Čremožnik, B., Červek, M. 2013. Pridelek lanu *(Linum ustitatissimum* L.) glede na lokacijo in sorto. Naklo, 2. Znanstvena konferenca z mednarodno udeležbo. Konferenca VIVUS – s področja naravovarstva, kmetijstva, hortikulture in živilstva, Zbornik referatov: 250-258

Čeh, B., Tajnšek, A., Žveplan, A., Rak Cizej, M., Pavlovič, M., Košir, I.J., Hrastar, R., Kržan, B., Vižintin, J., Matanović, N. 2009. Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije; Ljubljana: Fakulteta za strojništvo: 51-57, 72, 81

FAOSTAT stat. 2014. Food and agriculture organisation of the United nations. Statistics division. http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E (14.10.2014)

Kocjan Ačko, D., Rijavec, T. 2010. Gospodarsko pomembne lastnosti domačega lanu (*Linum usitatissimum* L.) iz Bele Krajine ter možnosti ponovne pridelave in predelave. Rogaška Slatina, Slovensko agronomsko društvo, Novi izzivi v poljedelstvu 2010, Zbornik simpozija: 160-168

Kocjan Ačko, D. 1999. Lan. V: Pozabljene poljščine. Ljubljana, Kmečki glas: 83-100

Manitoba. 2014. Grains and Oilseeds Market Price. http://www.gov.mb.ca/agriculture/market-prices-and-statistics/crop-statistics/grains-oilseeds-market-prices-current-year.html (28. 5. 2014).

MKO. 2014. Podpore integrirani pridelavi. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, RS. http://www.mko.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/integrirana_pridelava/podpore_integrirani_pridelavi/ (28. 5. 2014)

Pasković, F. 1966. Lan. *Linum usitatissimum* L. V: Predivo bilje. I. dio. Konoplja, lan i pamuk. Zagreb, Nakladni zavod znanje: 256-311

SaskFlax. 2002. Growing flax. Saskatchewan Flax Development Commission in Flax Council of Canada. 2002: 7-56

Ocena potencialov za gomoljikarstvo kot dodatne dejavnosti na marginalnih kmetijskih zemljiščih v Sloveniji

Borut VRŠČAJ[37], Janez BERGANT[38]

Izvleček
V Sloveniji je tradicija nabiranja gomoljik slabo poznana, a dejavnost postaja aktualna, zlasti na območju Slovenske Istre. Članek predstavlja izsledke raziskave o rastiščnih razmerah poletne gomoljike (*Tuber aestivum*). Cilj raziskave je bil opredeliti talne in okoljske parametre, ki določajo potencialna rastišča treh vrst gomoljik (poletne, plemenite in bele), izdelati prostorski model in oceniti potencial zemljišč za rast oz. gojenje gomoljik. Na rastiščih smo vzorčili tla in popisali reliefne, klimatske in vegetacijske pogoje. Na vzorcih tal smo opravili analize (pH, organska snov, tekstura, P_2O_5, K_2O, vsebnost karbonatov). Prostorski model potencialnih rastišč smo izdelali za poletno gomoljiko. Potencial za rast izkazuje 27 % prostora Slovenije. Od tega 44 % površin izkazuje izjemno velik potencial. Najprimernejša so submediteranska območja s karbonatnimi tlemi in območja dinarskokraških podolij. Neprimerna so subpanonska območja, alpski svet, visoke planote, hribovja ter večje kotline. Model daje dobre rezultate na lokacijah dejanskih rastišč in lahko služi kot podpora pri iskanju gomoljik in uvajanju gomoljikarstva. Karta omogoča oceno naravnega potenciala zemljišč za rast poletne gomoljike. Izsledki potrjujejo, da je gomoljikarstvo možna dopolnila dejavnost na marginalnih kmetijskih zemljiščih.
Ključne besede: kmetijska dejavnost, gomoljike, *Tuber aestivum*, GIS, model

Evaluation of the potential for trufficulture on marginal agricultural areas of Slovenia

Abstract
The truffle harvesting in marginal activity in Slovenia, yet it is becoming more present in the area of Slovenian Istria. This paper presents the results of research on the habitat conditions of summer truffles (*Tuber aestivum*). The aim of this study was to identify soil and environmental parameters that determine the potential of the site for truffles and to create a spatial model and land suitability map for growth and potential cultivation of truffles. Based on the evaluation of soil analytical data and ecological parameters the spatial prediction model was elaborated to assess the potentials for growth of the summer truffle. The model was elaborated to evaluate potential sites all over Slovenia. 27 % of the Slovenian territory has the potential for truffles. Of these, 44 % of the area shows significant potential. High suitability show sub-Mediterranean zone with carbonate soils and Dinaric-Karst valleys. The Sub Pannonian areas, Alps, high plateaus, hills and large basin show no or marginal suitability. The visualization of the model (maps) enables the assessment of the natural potential of individual areas for the growth of the summer truffle. The results of the survey confirm trufficulture as one of the potential activity on marginal agricultural land.
Key words: agricultural activity**,** truffles, trufficulture, summer truffle, *Tuber aestivum*, GIS, model

1 Uvod

Podzemne glive (hipogeje) so vrsta gliv, ki celotno življenjsko obdobje preživijo v tleh. Med njimi so gastronomsko in tržno najbolj priznane gomoljike / tartufi (*Tuber*). Njihovo iskanje je učinkovito z izurjenimi živalmi (najpogosteje s psi) in zahteva veliko znanja, zato so v

[37] Doc. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, SI1000 Ljubljana, e-pošta: borut.vrscaj@kis.si
[38] Univ. dipl. geog., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, SI 1000 Ljubljana, e-pošta: jani.bergant@kis.si

primerjavi z vrstami nadzemnih gliv slabše poznane (Piltaver in Ratoša, 2006). Zaradi skromnega števila naključnih najdb gomoljike veljajo za redke (Breitenbach in Kränzlin, 1984), sicer pa so njihova naravna rastišča razširjena preko celotnega območja zmernega pasu, njihova gostota in pestrost pa je večja v predelih s toplejšim podnebjem (Piltaver in Ratoša, 2006). Tradicija uživanja gomoljik je v Evropi stara okrog 2300 let s prvim zapisom Treofasta v Starem Rimu. Gomoljike so z renesanso postale prestižno blago (Piltaver in Ratoša, 2006). Francija, Italija in Španija so v preteklih desetletjih nekatere vrste uspele relativno uspešno opredeliti ekološke razmere. Znanje danes uspešno uporabljajo v donosni gospodarski dejavnosti – »gomoljikarstvu«. Gomoljikarstvo (gojenje gomoljik v nasadih) uvrščamo v sklop kmetijsko-gozdarskih dejavnosti in postaja pomemben element trajnostnega razvoja podeželja. V Sloveniji je tradicija nabiranja gomoljik slabo poznana, a v zadnjih letih zopet postaja vse bolj aktualna, zlasti na območju Slovenske Istre. V Sloveniji rastejo vse komercialne vrste gomoljik, naravna rastišča so razširjena predvsem v odvisnosti od vrste oz. razmer, ki jih ta potrebuje. Raziskave tega projekta so omejene na tri vrste tržno zanimivih in v Sloveniji razširjenih gomoljik: poletna gomoljika (*T. aestivum*), plemenita gomoljika (*T. melanosporum*) in bela gomoljika (*T. magnatum*) (slika 1).

Poletna gomoljika (*T. aestivum*) | Plemenita gomoljika (*T. melanosporum*) | Bela gomoljika (*T. magnatum*)

Slika 1: Prikaz obravnavanih vrst gomoljik (Trufamania-spletna stran, 2014)

Namen prispevka je predstaviti rezultate delovnega sklopa raziskave CRP projekta, ki smo ga izvajali na Kmetijskem inštitutu Slovenije (Bergant in sod., 2013). Glavni cilji raziskave so bili a) poiskati talne in okoljske parametre, ki opredeljujejo potencialna rastišča gomoljik (v članku izpostavljamo poletno gomoljiko) ter b) izdelati prostorski model in karto razprostranjenosti potencialnih naravnih zemljišč za rast poletne gomoljike (slika 2).

Slika 2: Poletna gomoljika (T. aestivum) z območja Posavja (foto: B. Vrščaj)

2 Materiali in metode dela

2.1 VZORČENJE

Med oktobrom 2012 in februarjem 2013 smo v sodelovanju z Inštitutom za sistematiko višjih gliv (ISVG) opravili terenski popis reprezentativnih rastišč poletne, bele in plemenite gomoljike. Na 32 rastiščnih lokacijah smo odvzeli 37 porušenih vzorcev tal. Odvzeli smo vzorce tal iz globine, kjer smo našli gomoljiko (okroga 0–10 cm). Od skupno 32 vzorčnih lokacij jih 21 pripada najdišču poletne gomoljike, 9 bele gomoljike in 2 plemeniti gomoljiki.

2.2 TALNI PARAMETRI

Kemijske in fizikalne analize smo opravili na porušenih vzorcih tal v laboratoriju Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS). Parametri tal, ki smo jih določili, so: pH v KCl (ISO 10390:2005), P_2O_5 dostopni (AL, interna metoda), K_2O dostopni (AL, interna metoda), Mg dostopni (interna metoda), N skupni (ISO 11261:1995), organska snov (ISO 14235:1998), skelet nad 2 mm (ISO 11277:1998), tekstura tal (ISO 11277:1998), ekstrakcija tal z $BaCl_2$ (NF X31-108), Ca izmenljivi (NF X31-108), Mg izmenljivi (NF X31-108), K izmenljivi (NF X31-108), Na izmenljivi (NF X31-108), in H izmenljivi (interna metoda). $CaCO_3$ v tleh (ISO 10693:1995) so izmerili v laboratoriju Biotehniške fakultete, Centra za Pedologijo in varstvo okolja v Ljubljani.

2.3 OKOLJSKI PARAMETRI RASTIŠČ GOMOLJIK

Za opredeljevanje rastiščnih razmer so poleg talnih pomembni še klimatski, biološki, antropogeni in reliefni dejavniki. Za določanje rastišč gomoljik smo izbrali povprečno letno količino padavin in temperaturo. Uporabili smo karto podnebnih tipov avtorja dr. Ogrina (Bat in sod., 2004). Kot ključne reliefne parametre smo upoštevali nadmorsko višino, nagib in usmerjenost površja. Med bistvene biotske dejavnike štejemo prisotnost mikoriznih drevesnih vrst, med antropogene pa rabo tal. Večine omenjenih parametrov pri terenskem ogledu nismo merili. Lokacije rastišč gomoljik smo pregledali, popisali in fotografirali. Za lokacije vzorčenja smo vrednosti prostorskih parametrov pridobili iz digitalnih prostorskih podatkov (nadmorska višina, povprečna letna temperatura, povprečna letna višina padavin, itd.). Sledila je analiza podatkov, v kateri smo s pomočjo literature opredelili vrednosti prostorskih parametrov, ki vplivajo na rastiščne razmere za rast poletne gomoljike (Bragato in sod., 2004; Hall, 2007; Stobbe in sod., 2012; Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (France) and Ricard, 2003).

2.4 ZASNOVA MODELA ZA OCENO POTENCIALA RASTIŠČ ZA POLETNO GOMOLJIKO

Za pripravo in obdelavo digitalnih prostorskih podatkov smo uporabljali programski paket ArcGIS ArcInfo 9.3. Večina rastrskega procesiranja s ključnimi algoritmi je bila zapisana v programski kodi AML (Arc Macro Language), v okolju ArcInfo Workstation GRID. Prostorski model ima sedem korakov, vsak od njih pa svoje programske rutine: 1. Standardizacija podatkov talnih dejavnikov; 2. Opredelitev in standardizacija reliefnih in klimatskih dejavnikov; 3. Opredelitev in standardizacija biotskih dejavnikov; 4. Opredelitev in standardizacija omejitvenih dejavnikov rastišč; 5. Proces vrednotenja in združevanja abiotskih dejavnikov; 6. Proces vrednotenja in združevanja biotskih dejavnikov; 7. Vrednotenje primernosti zemljišč za rast poletne gomoljike. Rezultat je karta primernosti območij za rast poletne gomoljike izražena z indeksom primernosti z razponom od 0 do 100. Kakovost

modela smo preverili na vseh 21 rastiščih poletne gomoljike (na vsaki lokaciji smo izpisali vrednosti indeksa iz karte) ter izračunali opisne statistike in izdelali porazdelitev.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 IZBRANE LASTNOSTI TAL

V vzorcih tal (0–10 cm) na rastiščih poletne gomoljike (N=21) je minimalen pH 4,9, maksimalen pa 7,6. Povprečje znaša 6,9. Optimalne razmere za rast poletne gomoljike so območja rahlo alkalnih ali nevtralnih tal. Večina tal rastišč poletne gomoljike spada v razred humozna tla (4–10 % organske snovi). Tla rastišč poletne gomoljike so večinoma slabo preskrbljena z rastlinam dostopnim fosforjem (srednjih 50 % vzorcev se nahaja med 3,2 in 8,4 mg P_2O_5/100g tal), ter večinoma optimalno preskrbljena z rastlinam dostopnim kalijem (povprečna vrednost rastlinam dostopnega kalija je 26,2, min. 9,5, max. pa 48,0 mg K_2O/100g tal). Povprečna vsebnost rastlinam dostopnega Mg je 34,5 min. 4,6, max. pa 84,0 mg MgO/100g tal. Standardni odklon znaša 25,6 mg MgO/100g tal (KV = 73 %). Med prvim in tretjim kvartilom se nahaja 50 % vzorcev, označujeta ju vrednosti 10 in 30 mg MgO/100g tal. Tekstura tal je večinoma meljasto glinasto ilovnata (12 oz. 57 %). V razred meljasta ilovica lahko uvrstimo 6 vzorcev (29 %), v razred glinasta ilovica 2 (10 %) in en vzorec v razred ilovica. Povprečna vsebnost skeleta je 19 %, min. 6 % in max. 31 %. Tla rastišč poletne gomoljike so večinoma srednje skeletna (preglednica 1).

Preglednica 1: Statistični oris parametrov tal na vzorcih tal (0-20 cm) rastišč poletne gomoljike

Parameter tal		MIN	MAX	POVPREČJE
pH v CaCl		4,9	7,6	6,9
Rastlinam dostopni fosfor (P_2O_5)	mg/100g	1,2	103,0	15,7
Rastlinam dostopni fosfor (K_2O)	mg/100g	9,5	48,0	26,2
Rastlinam magnezij (Mg)	mg/100g	4,6	84,0	34,5
N (skupni)	%	0,2	0,9	0,4
Organska snov	%	2,7	18,3	8,5
C/N razmerje		9,1	13,5	11,1
Vsota bazičnih kationov (S)	mmol+/100g	17,5	64,0	46,0
Kationska izmenjalna kapaciteta (T)	mmol+/100g	28,0	75,6	53,2
Delež bazičnih kationov (V)	%	62,5	95,9	84,8
Glina (< 2 um)	%	17,9	37,7	29,5
Melj (2 - 50 um)	%	40,4	70,0	53,5
Pesek (50 - 2000 um)	%	9,9	34,9	17,0
Skelet >2 mm	%	6,4	30,7	19,0
Karbonati kot $CaCO_3$	%	0,0	26,7	6,2

3.2 IZBRANI OKOLJSKI PARAMETRI

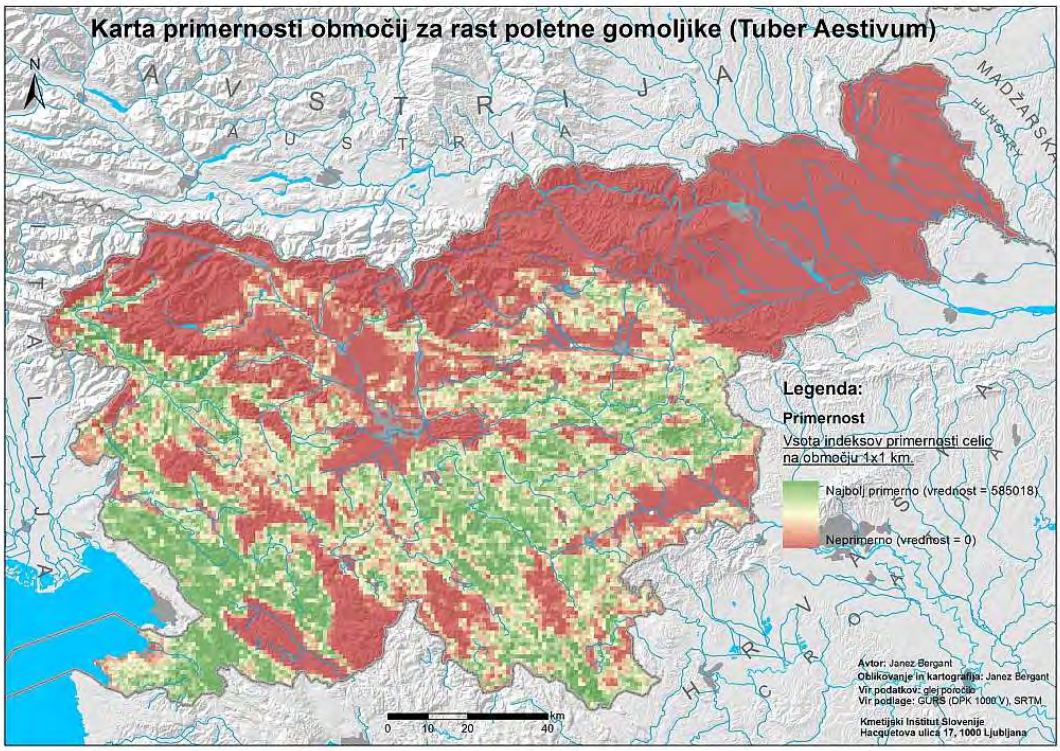
Z vidika povprečnih letnih temperatur poletno gomoljiko najdemo povsod v Sloveniji z izjemo območij Alp s Pohorjem in visokih dinarsko kraških planot (povprečna letna temp. < 16 °C). Med primerna območja štejemo območja s povprečno letno temperaturo zraka nad 8 °C. Neugodno vplivajo nizke zimske temperature, zato so primernejša območja s povprečno zimsko temperaturo višjo od -2 °C. Povprečna letna višina padavin je na rastiščih iz naše

raziskave med 921 in 1364 mm. Povprečne količine padavin iz literature so med 514 mm in 1545 mm, s povprečjem 750 mm (Hall, 2007; Stobbe in sod., 2012). Ker je prisotnost mikoriznih rastlin za rast gomoljik nujna, prostorskega podatka o tem pa ni, smo kot parameter za vrednotenje primernosti za rastišče uporabili podatek o gozdnih sestojih ter rabi tal oz. bližine do gozdnih in grmovnih zemljišč. Najbolj primerna območja so gozdna območja ustreznega gozdnega sestoja, v katerem pričakujemo več mikoriznih drevesnih vrst in tik ob robu (do 10 m) gozdnih in grmovnih površin. Nekatere okoljske dejavnike smo uporabili kot absolutne omejitve. Omejitveni dejavniki so vezani na rabo tal (npr. pozidano, vode, njive), vsebnost kalcijevega karbonata v tleh (pri poletni gomoljiki sicer manj pomembno), prisotnost mikoriznih drevesnih vrst, poplavna območja, visoke nadmorske višine, kisla in vlažna rastišča ter območja gorskega podnebja.

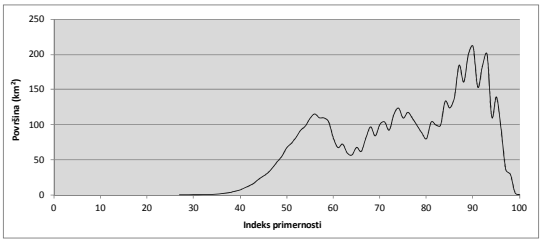
3.3 KARTA OCENE POTENCIALNIH RASTIŠČ POLETNE GOMOLJIKE

Rezultat prostorskega modela je karta potenciala zemljišč za rast poletne gomoljike. Slika 3 prikazuje generalizirano karto primernost kmetijskih in gozdnih zemljišč za poletno gomoljiko. Slika 4 prikazuje porazdelitev površin glede na indeks primernosti.

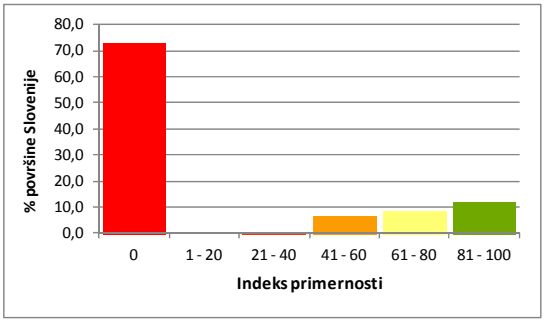
Porazdelitev v razrede primernosti (slika 5) kaže, da ni površin v razredu med vrednostmi indeksa primernosti 1–20, v razredu 20–40 se nahaja 0,1 % površin Slovenije (21 km^2), v razredu 40–60 6,4 % (1299 km^2), v razredu 60–80 8,8 % (1780 km^2) in v razredu 80–100 11,8 % (2400 km^2). Ostalih 73 % ozemlja Slovenije je ocenjeno kot neprimerno (vrednost indeksa=0).



Slika 3: Generalizirana karta (resolucija 1x1 km) primernosti območij za naravna rastišča poletne gomoljike

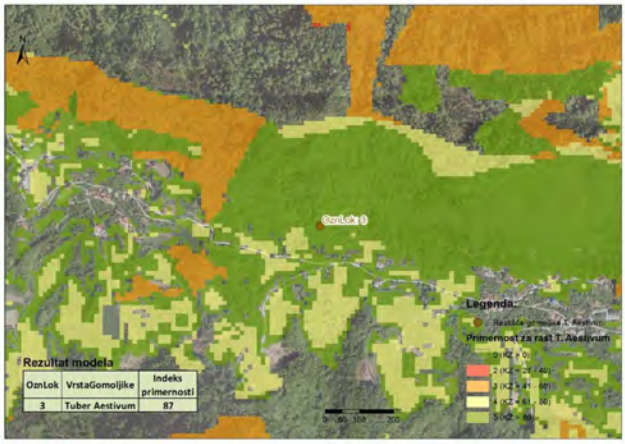


Slika 4: Površine glede na indeks primernosti za rast poletne gomoljike (brez upoštevanja absolutno neprimernih območij)



Slika 5: Odstotek površin Slovenije po razredih primernosti za rast poletne gomoljike

Model prikazuje veliko razširjenost zelo primernih območij za rast poletne gomoljike, ki je po vsej verjetnosti pretirana, zaradi pomanjkanja dovolj zanesljivih in natančnih prostorskih podatkov. Kljub temu so rezultati validacije rezultatov prostorskega modela dobri. Glede na razrede indeksa primernosti končne karte in primerjavo dejanskih rastišč spada 14 rastišč (67 %) v razred 5 (IP > 80), 1 (5 %) v razred 4 (IP = 61 – 80), 3 (10 %) v razred 3 (IP = 41 – 60) in 4 (19 %) v razred neprimerno (IP = 0). **Prostorski model tako ocenjujemo kot primernega za podporo odločanju pri iskanju potencialnih naravnih rastišč poletne gomoljike.** Model je uporaben za preliminarno oceno primernosti posameznih kmetijskih in gozdnih zemljišč za razvoj gomoljikarstva kot dodatne dejavnosti na kmetijah (slika 6).



Slika 6: Velika primernost modela - primerjava rezultatov karte in dejanskega rastišče poletne gomoljike v Posavskem hribovju

3.4 RAZPRAVA

Gomoljikarstvo potencialno predstavlja možnost povečevanja konkurenčne sposobnosti in ekonomske stabilnosti kmetijstva na osnovi trajnostne rabe naravnih virov in proizvodnih potencialov. Zaraščanje kmetijskih zemljišč na območju z omejenimi dejavniki (OMD) je v Sloveniji velik in splošno poznan problem. V iskanju alternativne rabe zemljišč na OMD predstavlja gomoljikarstvo eno izmed možnosti, a seveda le tam, kjer so dane naravne razmere zanj. Tudi za prehransko industrijo Slovenije so nove možnosti razvoja in novi izdelki

dobrodošli. Potrebno pa je poudariti, da je pri uvajanju te dejavnosti pomemben celovit pristop, ki ob začetni pomoči države temelji na podjetniškem interesu. Gre za razvoj dejavnosti, ki lahko odpira dodatna delovna mesta in krepi ekonomsko moč kmetijstva in agroturizma v Sloveniji.

4 Sklepi

Iz podatkov naše raziskave ugotavljamo, da med najbolj primerna območja štejemo območja s povprečno letno temperaturo zraka nad 8 °C in kjer povprečna zimska temperatura ni nižja od -2 °C. Razpon povprečne letne količine padavin je med 900 in 1500 mm padavin. Južnejše ekspozicije so za rast bolj primerne. Večina rastišč iz naše raziskave (62 %) ima južno ekspozicijo. Tla rastišč poletne gomoljike so večinoma srednje skeletna, meljasto glinaste teksture (srednje težka tla) in imajo veliko adsorpcijsko kapaciteto (KIK > 40 mmol/100g). Tla so srednje do zelo humozna (organska snov večinoma med 5 in 10 %). Organska snov je v obliki sprstenine; C/N razmerje (med 9,1 in 13,5). Razpon pH je med 4,9 in 7,6 (srednje kisla do rahlo alkalna tla). 81 % vzorcev se nahaja v razredih nevtralna in alkalna tla, zaradi česar ocenjujemo da je to optimalna kislost. Večja vsebnost kalcijevega karbonata v tleh povečuje primernost za rast poletne gomoljike, ni pa odločilnega pomena kot je to značilno za vrste gomoljike *Tuber magnatum* in *Tuber melanosporum*.
Ugotovimo lahko, da je 27 % površin Slovenije potencialno primernih za rast poletne gomoljike. Od tega je na 44 % površin indeks primernosti ocenjen na več kot 80. V grobem lahko ugotovimo, da so neprimerna območja, območja subpanonskih pokrajin, alpskih pokrajin, dinarskokraških planot in hribovij ter območja večjih kotlin Slovenije. Na drugi strani so najprimernejša območja za poletno gomoljiko območja submediteranskih pokrajin s karbonatno matično podlago in območja dinarskokraških podolij in ravnikov. Te ugotovitve so pomembne, saj nakazujejo možnost razvoja gomoljikarstva na zaraščenih ali marginalnih kmetijskih zemljiščih Slovenije.

5 Literatura

Bat, M., Lovrenčak, F., Pavlovec, R., Kunaver, J., Ogrin, D., Zych, B., Mihelač, S., Bole, J. 2004. Narava Slovenije. Mladinska knjiga, Ljubljana

Bergant, J., Vrščaj, B., Šinkovec, M., Piltaver, A., Ogris, N. 2013. Možnosti in omejitve pri nabiranju gob v gozdovih in razvoj gomoljikarstva v Sloveniji: projekt CRP V4-1145. Sklop D, Modeliranje talnih in okoljskih parametrov kot osnova za presojo naravnih danosti za gojenje gomoljik na zaraščajočih oz. manj kakovostnih kmetijskih zemljiščih Slovenije: končno poročilo. Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko ekologijo in naravne vire, Center za tla in okolje, Ljubljana, Slovenija

Bragato, G., Sladonja, B., Peršurić, Đ. 2004. The soil environment for Tuber magnatum growth in Motovun Forest. Zagreb, Gozdarski vestnik, 13: 171-185

Breitenbach, J., Kränzlin, F. 1984. Pilze der Schweiz, Band 1. - Mykologia. Luzern

Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (France), Ricard, J.M. 2003. La truffe Guide technique de trufficulture. Ed. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris

Hall, I.R. 2007. Taming the truffle: the history, lore, and science of the ultimate mushroom. Timber Press, Portland, Or.

Piltaver, A., Ratoša, I. 2006. Prispevek k poznavanju podzemnih gliv v Sloveniji. Gozdarski vestnik 64: 303-312

Stobbe, U., Büntgen, U., Sproll, L., Tegel, W., Egli, S., Fink, S. 2012. Spatial distribution and ecological variation of re-discovered German truffle habitats. Fungal Ecology 5: 591-599

Trufamania. 2014. http://www.trufamania.com

Analiza nakupovalnih navad kupcev lokalnih kmetijskih proizvodov z goriškega območja v Sloveniji in Italiji

Vesna MILIČIĆ[39], Andrej UDOVČ[40]

Izvleček
Spodbujanje lokalne pridelave in potrošnje hrane postaja vse bolj pomembna in aktualna tematika. Povezovanje majhnih kmetijskih pridelovalcev in vzpostavitev skupnega trga kmetijskih pridelkov in izdelkov so ključnega pomena za povečanje konkurenčnosti prodaje in ozaveščanje potencialnih kupcev o pomenu lokalno pridelane hrane. V prispevku so prikazani rezultati nakupovalnih navad kupcev lokalnih kmetijskih proizvodov. Raziskava je bila opravljena med kupci na goriškem območju v Sloveniji in Italiji (n=319). V raziskavi smo se osredotočili na izbrane dejavnike, ki vplivajo na odločitve o nakupu lokalnih kmetijskih proizvodov in pripravljenost kupcev za spletni nakup kmetijskih proizvodov. Rezultati anketiranja so del širše tržne raziskave in so pokazali, da večina anketiranih kupcev kmetijske proizvode kupuje v večjih trgovskih centrih. Na zadnjem mestu so nakupi na spletu. V primerjavi z italijanskimi je slovenskim anketiranim kupcem cena pomembnejši odločitveni dejavnik, kar je povezano z nižjimi skupnimi mesečnimi dohodki v gospodinjstvu. Obojim pa je zelo pomembna kakovost proizvoda, ki je v primerjavi s ceno pomembnejša. Prav tako sta pomembna odločitvena dejavnika za nakup kmetijskih proizvodov lokalnost in bližina nakupa, ki sta pomembnejša slovenskim anketiranim kupcem. Rezultati raziskave so tudi pokazali, da večina slovenskih anketiranih kupcev v primerjavi z italijanskimi ne kupuje lokalnih kmetijskih proizvodov, saj si potrebno zelenjavo in sadje bodisi pridelajo sami bodisi jo dobijo od sorodnikov ali prijateljev.
Ključne besede: tržna analiza, vedenje potrošnikov, Goriška pokrajina, lokalni kmetijski izdelki, kratke prehranske verige

Consumer behaviour analysis of consumers of local agricultural products from Gorizia area in Italy and Slovenia

Abstract
Promoting local food production and consumption is becoming increasingly important and actual research topic. Connection of small agricultural producers and establishment of a common market for agricultural products are essential for enhancing the competitiveness of sale and raising awareness of potential consumers about the importance of consuming locally produced food. This paper presents the results of consumer purchasing habits of local agricultural products. The survey was conducted among consumers in Goriška area in Slovenia (n=197) and Italy (n=122). In this study, we focused on selected factors that influence on buying decisions of local agricultural products and the consumer's willingness of purchase of agricultural products on line. The results of the survey, which is a part of a wider market analysis, have shown that the majority of surveyed consumers purchase agricultural products in big shopping centres. The least popular are online purchases. Compared with the Italian, for the Slovenian surveyed consumers price is the most important decision factor which is related with lower total monthly household income. Product quality is very important to both and is even more significant in comparison to price. Other important decisive factors when buying local agricultural products are locality and proximity to purchase, which are more important to Slovene surveyed consumers. The results have also shown that the majority of Slovenian surveyed consumers in comparison to Italian do not buy local agricultural products, because they either grow vegetables and fruits on their own either they get them from relatives or friends.
Key words: market research, consumer behaviour, Goriška area, local agricultural products, short food supply chain

[39] Dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: vesna.milicic@bf.uni-lj.si
[40] Dr., prav tam, e-pošta: andrej.udovc@bf.uni-lj.si

1 Uvod

S svetovno prehransko krizo, ki je dosegla vrhunec v letu 2008, ko so narasle cene hrane najhuje prizadele kmetovalce in prebivalce držav v razvoju, se je pokazalo, kako pomembno je zagotoviti in ohraniti prehransko varnost na lokalnem nivoju. Vzroki za pomanjkanje hrane in za nastalo prehransko krizo so predvsem vse bolj pogosti pojavi suš in poplav kot negativne posledice podnebnih sprememb, finančne špekulacije, visoke cene fosilnih goriv, rast svetovne populacije, zmanjševanje obdelovalnih površin zaradi urbanizacije, vse večja proizvodnja biogoriv na kmetijskih površinah in spremenjena kupna moč prebivalcev Kitajske in Indije. Prehranska kriza in spremenjene gospodarske razmere pomembno vplivajo na oblikovanje nakupovalnih navad kupcev (Damjan in Možina, 2002). Kupci se vsakodnevno srečujejo z odločitvami pri nakupu izbranih izdelkov in pridelkov, pri čemer odločitev o nakupu sprejemajo v odločitvenem procesu. Kompleksnost odločitvenega procesa je odvisna od pomena pridelka za kupca, od zahtevnosti pridobivanja informacij in njihovega tolmačenja (Vadnal, 2008). Na odločitve kupcev o nakupu vplivajo številni dejavniki, in sicer zunanji dejavniki ali dejavniki okolja (ekonomski, tehnološki, politični, kulturni, pridelek, cena, razpečevanje, oglaševanje) in notranji dejavniki ali značilnosti kupca (kulturni, socialni, demografski, psihološki). Ob današnji vse večji ponudbi in nižji kupni moči, kupci vse bolj primerjajo cene in preverjajo kakovost (Skok, 2012). Nakupi postajajo vse bolj premišljeni, manj je impulzivnih nakupov. Kupci prav tako kombinirajo izdelke različnih cenovnih in kakovostnih razredov.

Kot odgovor na prehransko in ekonomsko krizo je v razvitih industrijskih državah v porastu razvoj lokalnih kmečkih in mobilnih tržnic, skupnostnega kmetijstva, trgovine sadno-zelenjavnih zabojčkov in partnerskega kmetijstva (Hinrichs, 2000). Kmetijski trgi v takšni obliki ponujajo kupcem bolj neposreden in pristen stik med njimi samimi in ponudniki, česar veleblagovnice ne morejo nuditi. Eden od glavnih ciljev za izboljšanje ponudbe lokalne hrane, ki je opredeljen v Programu prehranske politike od 2005 do 2010 (Nacionalni program ..., 2005), je tudi iskanje novih priložnosti za trženje lokalnih kmetijskih pridelkov in izdelkov. Uršič (2012) navaja, da so v Sloveniji lokalni kmetijski proizvodi na prodaj zlasti na tržnicah, ki so na podeželju organizirane ob posebnih priložnostih, praznikih, sejmih, v večjih mestnih središčih (Ljubljana, Maribor, Celje) pa je mogoče prodajati vsakodnevno.

Spodbujanje prodaje lokalnih kmetijskih proizvodov bistveno prispeva k zmanjšanju prehranskega ogljičnega odtisa, poleg tega lokalno pridelana hrana vsebuje bistveno več vitaminov kot hrana, ki prepotuje tisoč in več kilometrov. Černe in Vrhovnik (1992) navajata, da solata že po enem dnevu hranjenja pri 20 °C izgubi do 34 % C vitamina in po dveh dnevih 41 %, zato je zelo pomembno uživati čim bolj svežo zelenjavo, ki je bila čim krajši čas v transportu in skladiščih. Med kupci se vse bolj povečuje zavedanje o pomenu zmanjševanja prehranskih kilometrov (Marsden in sod., 2000; Brown in sod., 2009) in koristih uživanja lokalno pridelane hrane predvsem na zdravje (Boer in sod., 2007; Barr in sod., 2011).

2 Material in metode dela

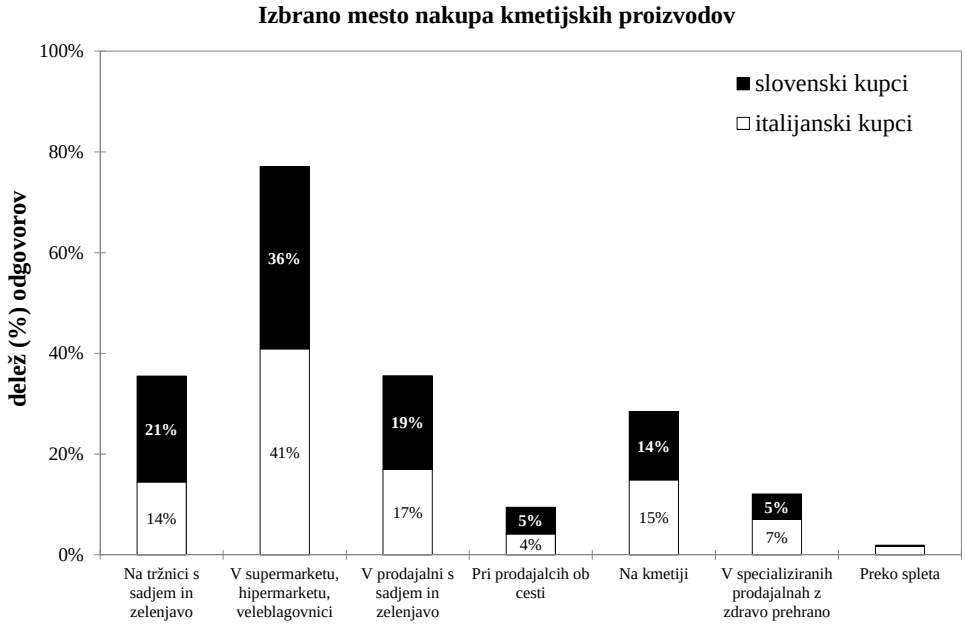
Tržna raziskava je potekala na čezmejnem območju Goriške pokrajine, ki vkjučuje občine Gorica (Italija), Nova Gorica in Šempeter-Vrtojba. Obravnavano območje je srednje veliko s približno 68.000 prebivalci. Za namene raziskave smo pripravili anketni vprašalnik za kupce, ki je obsegal skupno 20 vprašanj v dveh delih. Prvi del je obsegal šest splošnih demografskih vprašanj (spol, starost, občina stalnega prebivališča, izobrazba, število članov v gospodinjstvu

in višina skupnih mesečnih dohodkov v gospodinjstvu). V drugem delu so anketiranci odgovarjali na 14 vprašanj v zvezi s ponudbo kmetijskih lokalnih pridelkov in izdelkov.
Pripravili smo spletno in tiskano različico vprašalnika v slovenskem in italijanskem jeziku. Spletno anketiranje smo izvedli s pomočjo 1KA orodja za spletno anketiranje in je potekalo od 25.02.2014 do 25.05.2014. Na spletno anketo se je odzvalo 74 slovenskih kupcev, od tega jih je 48 v celoti končalo anketo, 26 delno. V istem obdobju smo izvedli anketiranje na terenu, v okviru večjih lokalnih prireditev (sejem Expomego, kmečka tržnica v Tolminu, dogodek Alimenta v Gorici) in poštno anketiranje. Anketiranje smo zaključili v prvem tednu novembra 2014. Skupaj je bilo izpolnjenih 319 anketnih vprašalnikov, od teh so jih 122 izpolnili italijanski kupci in 197 slovenski. Odgovore kupcev smo vnesli v Excel, kjer smo podatke tudi statistično obdelali.

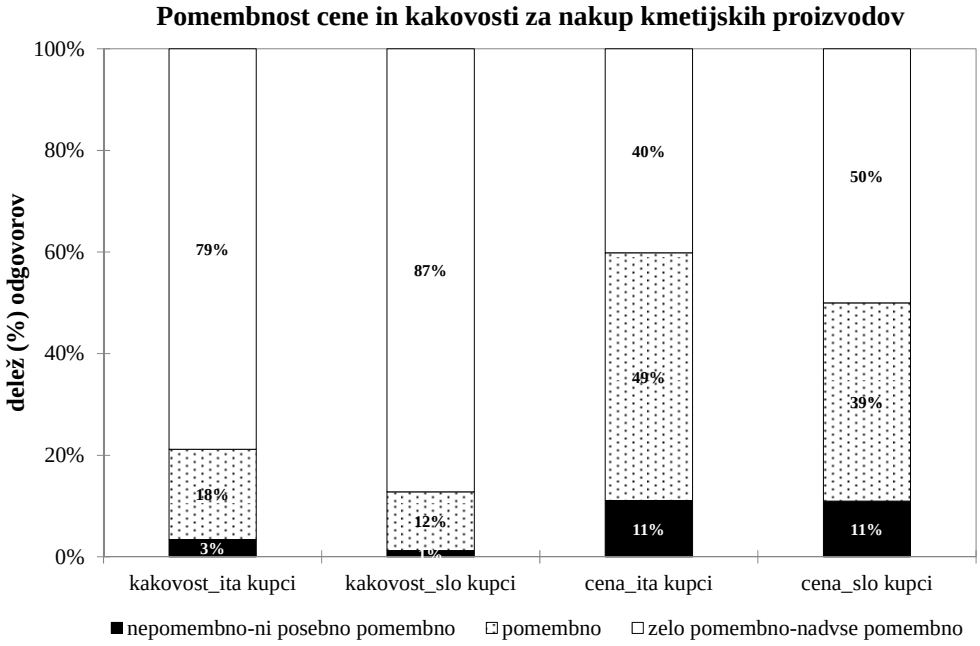
3 Rezultati z diskusijo

Na anketni vprašalnik je odgovorilo 68,4 % žensk in 31,6 % moških. Največ anaketirancev, ki so bili pripravljeni odgovoriti na vprašanja, je starih med 30 in 49 let. Največji delež anketiranih ima univerzitetno izobrazbo in dva člana v gospodinjstvu. Največ je tistih katerih skupni mesečni dohodki v gospodinjstvu znašajo med 1.000 in 2.000 evri. Anketirani italijanski kupci imajo v primerjavi s slovenskimi nižjo izobrazbo in višji skupni mesečni dohodek v gospodinjstvu.
Večina anketiranih kupcev povečini kupuje kmetijske proizvode v supermarketu, hipermarketu in veleblagovnici. Tem sledijo nakupi na tržnici s sadjem in zelenjavo in v prodajalnah s sadjem in zelenjavo. Šele na četrtem mestu je nakup na kmetiji. Pri vprašanju o mestu nakupa je večina slovenskih anketirancev podala komentar, da zelenjavo in sadje bodisi pridelujejo na lastnem vrtu bodisi jo dobijo od sorodnikov ali sosedov, ki imajo vrt. Preko spleta kupuje hrano majhen odstotek anketirancev (slika 1). Glavni razlog zakaj se anketiranci ne odločijo za nakup kmetijskih proizvodov prek spleta je ta, da si želijo proizvod pred nakupom ogledati v živo, ga povohati, potipati in če je možno tudi okusiti.
Senzorična zaznava pri nakupu kmetijskih pridelkov in izdelkov je za veliko večino anketirancev ključnega pomena. Spet drugi nimajo računalnika ali spletne povezave ali pa trenutno sploh nimajo potrebe po spletnem nakupu, saj se raje sami odpravijo v trgovino, tržnico ali h kmetu, kjer opravijo nakup. Anketirancem je pomembno, da se pri nakupu vzpostavi zaupanje med kupcem in ponudnikom. V primerjavi z nakupi v živo bo verjetno potrebno še nekaj časa, da bodo kupci vzpostavili zaupanje v spletno trgovino s tovrstnimi pridelki in izdelki. Pri vprašanju kaj najpogosteje nakupujete prek spleta, je večina anketirancev odgovorila, da tehnične stvari, knjige, storitve, vstopnice za razne dogodke in letalske karte.
Rezultati raziskave so pokazali, da je cena zelo pomemben odločilen dejavnik za nakup določenega proizvoda. V primerjavi z italijanskimi je slovenskim kupcem cena pomembnejša (slika 2), kar gre pripisati višini skupnega mesečnega dohodka v gospodinjstvu, ki je v primeru slovenskih anketiranih kupcev nižja. Na vprašanje ali bi bili pripravljeni za spletni nakup kmetijskih proizvodov odšteti več denarja, 52 % anketiranih slovenskih in 37 % anketiranih italijanskih kupcev ni pripravljenih plačati več, medtem ko je 54 % anketiranih italijanskih in 40 % anketiranih slovenskih kupcev pripravljenih plačati od 1 do 5 % več od celotne vrednosti izdelka.
Poleg cene je tako slovenskim kot italijanskim kupcem pri nakupu zelo in nadvse pomembna kakovost kmetijskih proizvodov. Kljub temu da je cena pogosto glavni odločitveni dejavnik nakupa pri slovenskem povprečnem kupcu, predvsem zaradi nizke kupne moči (Hribar, 2009),

so rezultati naše raziskave pokazali, da je večini anketirancev kakovost pomembnejša od cene (slika 2). Da je kakovost proizvoda glavni dejavnik za odločitev o nakupu so pokazali tudi rezultati raziskave, ki so jo izvedli med angleškimi in francoskimi kupci zabojčkov z ekološko zelenjavo (Brown in sod., 2009).

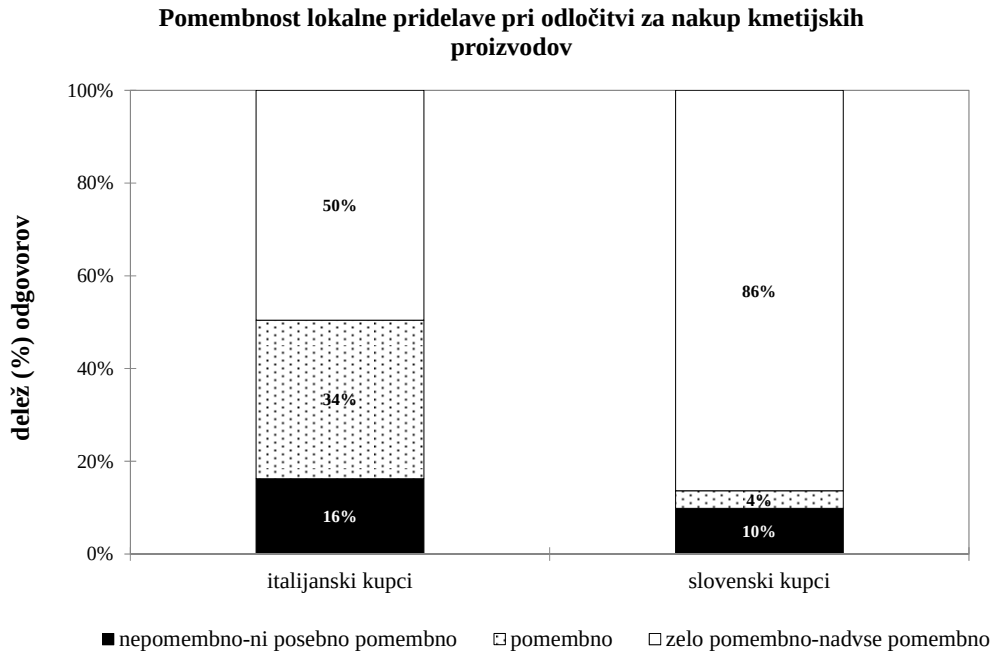


Slika 1: Primerjava med slovenskimi in italijanskimi anketiranimi kupci glede na izbrano mesto nakupa kmetijskih proizvodov



Slika 2: Primerjava med slovenskimi in italijanskimi anketiranimi kupci glede na pomembnost cene in kakovosti pri odločitvi za nakup kmetijskih proizvodov

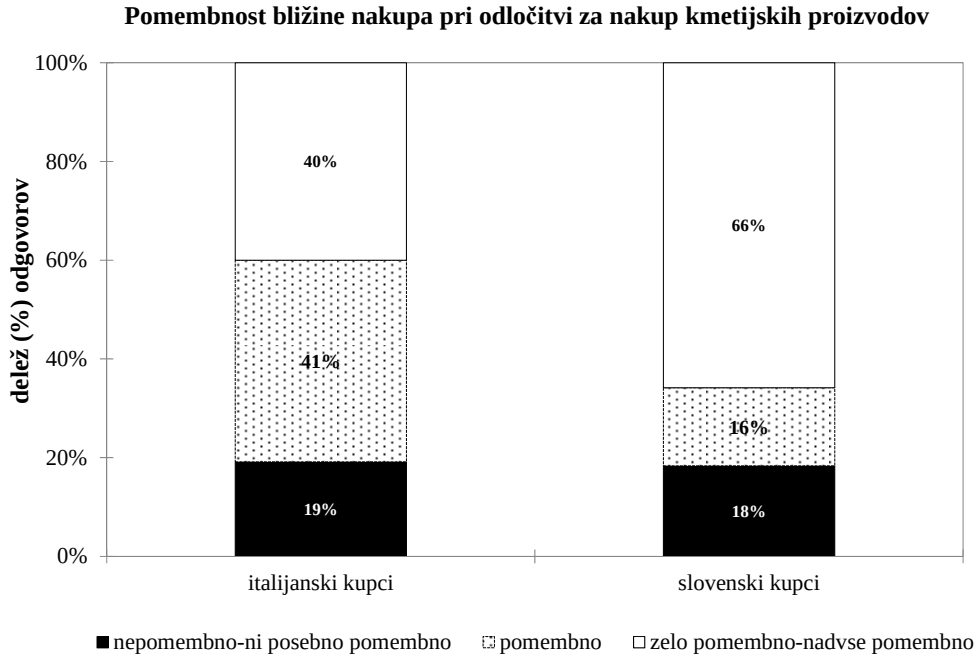
Lokalnost in bližina nakupa sta pomembna odločitvena dejavnika za nakup kmetijskih proizvodov. Anketiranim kupcem je zelo in nadvse pomembno, da so kmetijski proizvodi pridelani lokalno. Pri slovenskih anketiranih kupcih v primerjavi z italijanskimi lokalnost pomembneje vpliva na odločitev pri nakupu kmetijskih proizvodov (slika 3). Prav tako bližina nakupa pomembneje vpliva na odločitev za nakup pri slovenskih anketiranih kupcih (slika 4). V obeh primerih, tako lokalnost kot bližina nakupa, pomembneje vplivata na odločitev za nakup pri slovenskih anketiranih kupcih. Na vprašanje, ali bi kupovali lokalno pridelane kmetijske pridelke, je večina italijanskih anketiranih kupcev (79 %) odgovorila, da jih že kupuje. Tretjina (38 %) slovenskih je odgovorila, da bi jih mogoče kupovala, druga tretjina (33 %) jih že kupuje. Razlog za nizek odstotek pri slovenskih anketiranih kupcih je v tem, da večina anketiranih bodisi pridela zelenjavo in sadje na lastnem vrtu bodisi jo dobi od sorodnikov ali prijateljev in zato ne vidijo potrebe po nakupu.



Slika 3: Primerjava med slovenskimi in italijanskimi anketiranimi kupci glede na pomembnost lokalne pridelave pri odločitvi za nakup kmetijskih proizvodov

Številne študije, ki preučujejo vedenje potrošnikov in njihov odnos do lokalnih pridelkov in izdelkov, temeljijo na definiranju izraza »lokalno«. Odsotnost univerzalne definicije lokalnega pušča veliko manevrskega prostora pri označevanju proizvodov, kar je za kupce, v veliko primerih, zavajujoče in velikokrat sploh ne izpolni pričakovanja kupcev po lokalnem. Feldman in Hamm (2015) na podlagi študije številnih dosedanjih objav predvsem iz Amerike in Velike Britanije, razlikujeta med navadami in dejanskim vedenjem kupcev, npr. kupec lahko občasno opravi spontan nakup jagod pri lokalnem pridelovalcu in prodajalcu jagod ob cesti, čeprav ponavadi vse svoje nakupe hrane opravi v večjem supermarketu. Izsledki njune raziskave so pokazali, da večina potrošnikov meni, da je lokalna hrana bolj okusna in bolj kakovostna. Pri nakupu prehranskih izdelkov in pridelkov je okus najpomembnejši

odločitvenih dejavnik, medtem ko oznaka »lokalno« kupcem predstavlja zgolj neko večjo dodano vrednost proizvoda (premium) in ni odločujoč dejavnik za nakup.



Slika 4: Primerjava med slovenskimi in italijanskimi ankeitranimi kupci glede na pomembnost bližine nakupa pri odločitvi za nakup kmetijskih proizvodov

4 Sklepi

Nakupovanje predstavlja pomemben del našega vsakdana. Na odločitev o nakupu vplivajo številni dejavniki. S tržno raziskavo smo želeli ugotoviti, kateri dejavniki najpomembneje vplivajo na odločitev o nakupu kmetijskih proizvodov. V prispevku so prikazani rezultati tržne raziskave, s poudarkom na analizi nakupovalnih navad kupcev kmetijskih pridelkov in izdelkov goriškega območja v Italiji in Sloveniji. Raziskava je potekala od februarja do novembra 2014. Anketiranje kupcev je potekalo na terenu v okviru večjih lokalnih prireditev, na spletu in po pošti. Anketni vprašalnik je obsegal 20 vprašanj in je bil pripravljen v slovenskem in italijanskem jeziku. Anketiranih je bilo 319 kupcev, ki so bili pripravljeni sodelovati v raziskavi. Na anketni vprašalnik je odgovorilo 68,4 % žensk in 31,6 % moških. Največji delež anketiranih je starih med 30 in 49 let, ima univerzitetno izobrazbo in skupni mesečni dohodek med 1.000 in 2.000 evri. Rezultati raziskave so pokazali, da večina anketiranih kupcev kupuje kmetijske proizvode v supermarketu, hipermarketu in veleblagovnici. Nakupi na kmetiji so šele na četrtem mestu. Na zadnjem mestu so nakupi na spletu. Večina anketiranih slovenskih kupcev zelenjavo in sadje bodisi pridela na lastnem vrtu, bodisi jo dobi od sorodnikov ali prijateljev. Glavni razlog, da se anketiranci ne odločijo za nakup kmetijskih proizvodov na spletu, je v pomanjkanju možnosti za senzorično zaznavo tovrstnih proizvodov, ki je pri nakupu prek spleta izključena. Velika večina si želi proizvod videti v živo in se s tem prepričati o njegovi kakovosti (barva, vonj, izgled), ki je ključnega pomena za odločitev o nakupu. Prav tako je večina anketirancev poudarila pomen zaupanja, ki se mora vzpostaviti med kupcem in ponudnikom. V primerjavi z italijanskimi je slovenskim

anketiranim kupcem cena pomembnejši odločitveni dejavnik, kar je povezano z nižjimi mesečnimi dohodki. Obojim pa je zelo pomembna kakovost proizvoda, ki je v primerjavi s ceno pomembnejša. Prav tako sta pomembna odločitvena dejavnika lokalnost in bližina nakupa, ki sta pomembnejša slovenskim anketiranim kupcem. Iz predstavljenih rezultatov, ki so del širše tržne raziskave, lahko sklepamo, da je zanimanje anketiranih kupcev za nakup lokanih kmetijskih proizvodov velik. Večina italijanskih anketiranih potrošnikov že kupuje lokalno pridelane kmetijske pridelke, medtem ko je odstotek teh pri slovenskih anketirancih nižji. Slovenski anketiranci ne vidijo potrebe po nakupu teh proizvodov, saj so po večini samooskrbni. Iz tega lahko sklepamo, da so anketirani kupci dovolj dobro informirani o pozitivnih učinkih uživanja lokalno pridelane hrane. Z nadaljnim ozaveščanjem o koristih uživanja lokalne hrane je v prihodnje pričakovati povečano zanimanje za nakup lokalnih kmetijskih proizvodov na obravnavanem območju.

Zahvala
Raziskava je bila opravljena v sklopu projekta OGV-Goriški vrtovi-Orti Goriziani, ki je sofinanciran v okviru Programa čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj in nacionalnih sredstev.

5 Literatura

Barr, S., Gilg, A., Shaw, A. 2011. Helping people make better choices: exploring the behaviour change agenda for environmental sustainability. Applied Geography, 31: 712-720

Boer, J., Hoogland, C.T., Boersema, J.J. 2007. Towards more sustainable food choices: Value priorities and motivational orientations. Food Quality and Preference, 18: 985-996

Brown, E., Dury, S., Holdsworth, M. 2009. Motivations of consumers that use local, organic fruit and vegetable box schemes in Central England and Southern France. Appetite, 53: 183-188

Černe, M., Vrhovnik, I. 1992. Vrtnine: vir zdravja in naša hrana. Ljubljana, Kmečki glas: 219 str.

Damjan, J., Možina, S. 2002. Obnašanje potrošnikov. Učbenik. Ekonomska fakulteta: 248 str.

Feldmann, C., Hamm, U. 2015. Consumers' perceptions and preferences for local food: A review. Food Quality and Preference, 40: 152-164

Hinrichs, C.C. 2000. Embeddedness and local food systems: notes on two types of direct agricultural market. Journal of rural studies, 16: 295-303

Hribar, A. 2009. Obnašanje potrošnikov pri izbiri prehrambenih proizvodov. Zaključna projektna naloga. Fakulteta za management Koper: 81 str.

Marsden, T., Banks, J., Bristow G. 2000. Food suply chain approaches: exploring their role in rural development. Sociologia Ruralis, 40: 424-438

Nacionalni program prehranske politike od 2005 do 2010. 2005. Ministrstvo za zdravje, Ljubljana: 48 str.

Skok, T. 2012. Psihologija prodaje. GZS Ljubljana, Center za poslovno usposabljanje

Uršič, N. 2012. Pomen mobilne prodaje lokalnih kmetijskih proizvodov za razvoj podeželja Obsotelja in Kozjanskega. Diplomsko delo. Filozofska fakulteta: 77 str.

Vadnal, K. 2008. Kmetijsko trženje. Študijsko gradivo za študente univerzitetnega študija Kmetijstvo-agronomija, Biotehniška fakulteta: 191 str.

Trgovina s kmetijskimi in živilskimi proizvodi – desetletje po pristopu Slovenije k Evropski uniji

Marjeta PINTAR[41], Maja KOŽAR[42]

Izvleček
Članek poskuša osvetliti enega od ključnih ekonomskih učinkov pristopa Slovenije k Evropski uniji (2004) na slovenski kmetijsko-živilski sektor, spremembe v zunanji trgovini z agroživilskimi proizvodi. Pričakovalo se je, da se bo z vstopom Slovenije na skupni trg Evropske unije (EU) že tradicionalno negativna trgovinska bilanca s kmetijskimi in živilskimi proizvodi zaradi znatnega povečanja uvoza še poslabšala. Po drugi strani pa so bila pričakovanja usmerjena k povečanju izvoznih priložnosti. Podatki o zunanji trgovini s kmetijskimi in živilskimi proizvodi deset let po pristopu k EU, kažejo, da so bila ta pričakovanja v veliki meri pravilno usmerjena. Nepričakovani učinek pristopa Slovenije k Evropski uniji pa so strukturne spremembe izvozno/uvoznih tokov. Namreč izrazito se je povečal izvoz surovin oziroma nepredelanih kmetijsko-živilskih proizvodov, hkrati pa se je povečal tudi uvoz predelanih proizvodov.
Ključne besede: zunanja trgovina, agroživilski proizvodi, priključitev Slovenije, EU, pristopni učinki

Agri-food trade in Slovenia - A decade after the EU accession

Abstract
Paper highlights one of the key economic effects of the 2004 EU accession on Slovenian agri-food sector, the comprehensive changes in the agri-food trade. It was expected that by joining the vast Common market of the European Union (EU) traditionally negative trade balance will further deteriorate and that the import pressure will significantly increase. On the other hand, the boost in export opportunities was expected. Data on agri-food trade ten years after the EU accession shows that these expectations have largely been correct. However, an unexpected trade development is the significant change in the composition of export/import flows. Significantly more raw agri-food products are exported and at the same time more processed agri-food products are imported than before the accession.
Key words: agri-food trade, EU accession, Slovenia, accession effects

1 Uvod

Slovenija se je v letu 2004 kot majhna tradicionalna neto uvoznica kmetijskih in živilskih proizvodov s svojimi 2 milijoni prebivalcev priključila skupnemu evropskemu trgu z več kot 490 milijoni ljudi. S pristopom je Slovenija prevzela skupno evropsko trgovinsko politiko in s tem tudi trgovinske sporazume EU s tretjimi državami, medtem ko so dotedanji trgovinski sporazumi Slovenije s tretjimi državami prenehali veljati. Zlasti je bil za Slovenijo na agroživilskem sektorju pomemben stabilizacijsko-pridružitveni sporazum s Hrvaško in tudi Makedonijo in Bosno in Hercegovino. Vključno s Srbijo in Črno goro so bili v obdobju pred pristopom Slovenije k EU to tradicionalni trgi slovenskih agroživilskih proizvodov (Bojnec in sod., 2005; Majkovič, 2007).
UMAR-jeva (2005) študija, v kateri so analizirali učinke prevzema trgovinskih politik EU ter odpravo prosto trgovinskih sporazumov z bivšimi jugoslovanskimi tržišči, ugotavlja velik

[41] Univ.dipl.inž.agr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, e-pošta: marjeta.pintar@kis.si
[42] Dr., prav tam, e-pošta: maja.kozar@kis.si

pomen teh sporazumov pri izvozu agroživilskih proizvodov pod preferenčnimi pogoji na tržišča Bosne in Hercegovine, Makedonije ter delno tudi Hrvaške. Nadalje tudi ugotavlja, da je do regionalnega prestrukturiranja trgovine prihajalo že v času bivše Jugoslavije v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, zlasti pa po razpadu Jugoslavije.
Na pristop Slovenije k EU so se poslovni subjekti slovenskega gospodarstva v veliki meri prilagodili že v predpristopnem obdobju, česar pa ne moremo v celoti trditi za slovensko agroživilstvo (KIS, 2006; Kuhar, 2005, Volk in sod., 2007).
Tudi Bojnec in sod. (2005) ugotavljajo, da se je slovensko agroživilstvo leto po pristopu Slovenije k EU soočalo z zmanjšano gospodarsko aktivnostjo in zaposlenostjo v sektorju. V obdobju po slovenski osamosvojitvi pa vse do pristopa k EU smo bili priča neuspešnemu konkurenčnemu vstopu slovenskega agroživilstva na tržišča EU. Zaradi spremenjenega zunanjetrgovinskega režima ter lažjih pogojev poslovanja po pristopu (odprava carinskih kontrol, znižanje trgovinskih stroškov itd) so bile pričakovane večje spremembe v agroživilski menjavi, vendar pa več študij kaže (Kuhar in sod., 2012; Kuhar in Erjavec, 2007; Volk in sod., 2007), da slovenska živilska industrija ostaja nekonkurenčna ter razvojno nezadostno prilagojena tudi po pristopu.
V prispevku je prikazana kratka analiza slovenske menjave kmetijskih in živilskih proizvodov v obdobju desetih let po pristopu Slovenije k EU.

2 Material in metode dela

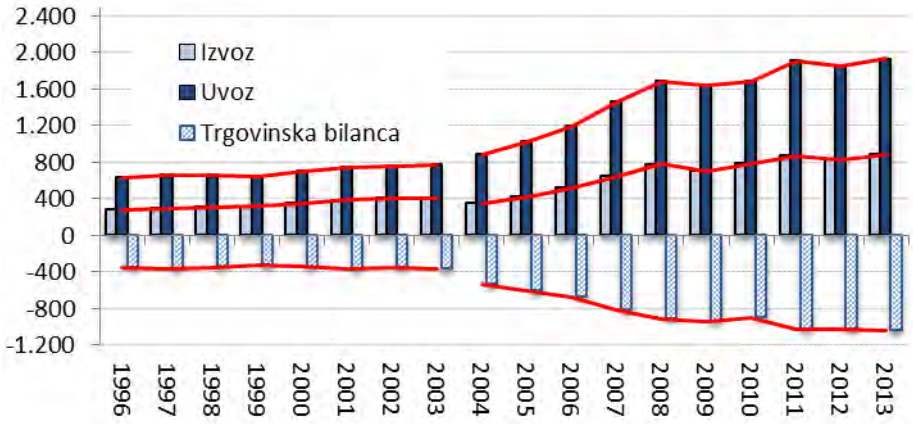
Pri analizi podatkov smo uporabili podatke Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) za obdobje 1996-2013. Podatki o zunanji trgovini z agroživilskimi proizvodi temeljijo na klasifikaciji proizvodov po kombinirani nomenklaturi (KN) carinske tarife. Kot kmetijski in živilski proizvodi so šteti vsi proizvodi s poglavij od 01 do 24 kombinirane nomenklature carinske tarife.
Regionalna struktura blagovne menjave agroživilskih proizvodov je prikazana po naslednjih skupinah držav: stare članice EU (EU-15), nove članice EU (EU-10, EU-2), države na ozemlju nekdanje Jugoslavije (Hrvaška, Bosna in Hercegovina, Srbija, Črna gora, Makedonija, Kosovo) in ostale države (vse druge države, razen naštetih). Hrvaška, ki je s 1. 7. 2013 postala polnopravna članica EU, je zaradi enotnejše primerjave tudi v letu 2013 še vedno prikazana v skupini držav nekdanje Jugoslavije.
Analiza podatkov temelji na deskriptivni analitični metodi, ki zajema medletno primerjavo zunanje trgovine s kmetijskimi in živilskimi proizvodi (predvsem v letih neposredno pred in po pristopu Slovenije k EU) ter vpogled v regionalne spremembe zunanje trgovine, ki so nastale s pristopom Slovenije k skupnemu evropskemu trgu.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 BLAGOVNA MENJAVA KMETIJSKIH IN ŽIVILSKIH PROIZVODOV

Blagovna menjava s kmetijskimi in živilskimi proizvodi se je po pristopu Slovenije k EU močno povečala. Leta 2000 je vrednostno blagovna menjava prvič presegla milijardo EUR, v letu 2003 je znašala slabih 1.180 mio EUR, v letu 2013 pa skoraj 2.820 mio EUR. Delež blagovne menjave agroživilstva v celotni blagovni menjavi Slovenije je relativno nizek in je v letih pred priključitvijo znašal okoli 5%, v zadnjih letih pa se je malenkostno povečal in se giblje med 6 in 7 %.
Slovenija spada med države, ki so tipične neto uvoznice hrane (slika 1). V predpristopnem obdobju je bil trgovinski primanjkljaj relativno stabilen in je v povprečju znašal okoli 350 mio

EUR. Že v letu 2004 je močno narasel (na 530 mio EUR), zadnja tri leta pa že precej presega milijardo EUR. Izvoz kmetijskih in živilskih proizvodov v povprečju prispeva 3,7% k skupnemu slovenskemu izvozu ter se med leti bistveno ne spreminja. V povprečju je izvoz v letih 1999-2003 znašal 375 mio EUR, v povprečju let 2004-2013 pa 680 mio EUR. Izvoz kmetijskih in živilskih proizvodov je v letih pred pristopom Slovenije k EU rahlo rastel, v letu priključitve celo padel, potem pa rastel precej hitreje. Tako je izvoz agroživilskih proizvodov v letu 2013 (888 mio EUR) kar za 120% večji od izvoza v letu 2003.



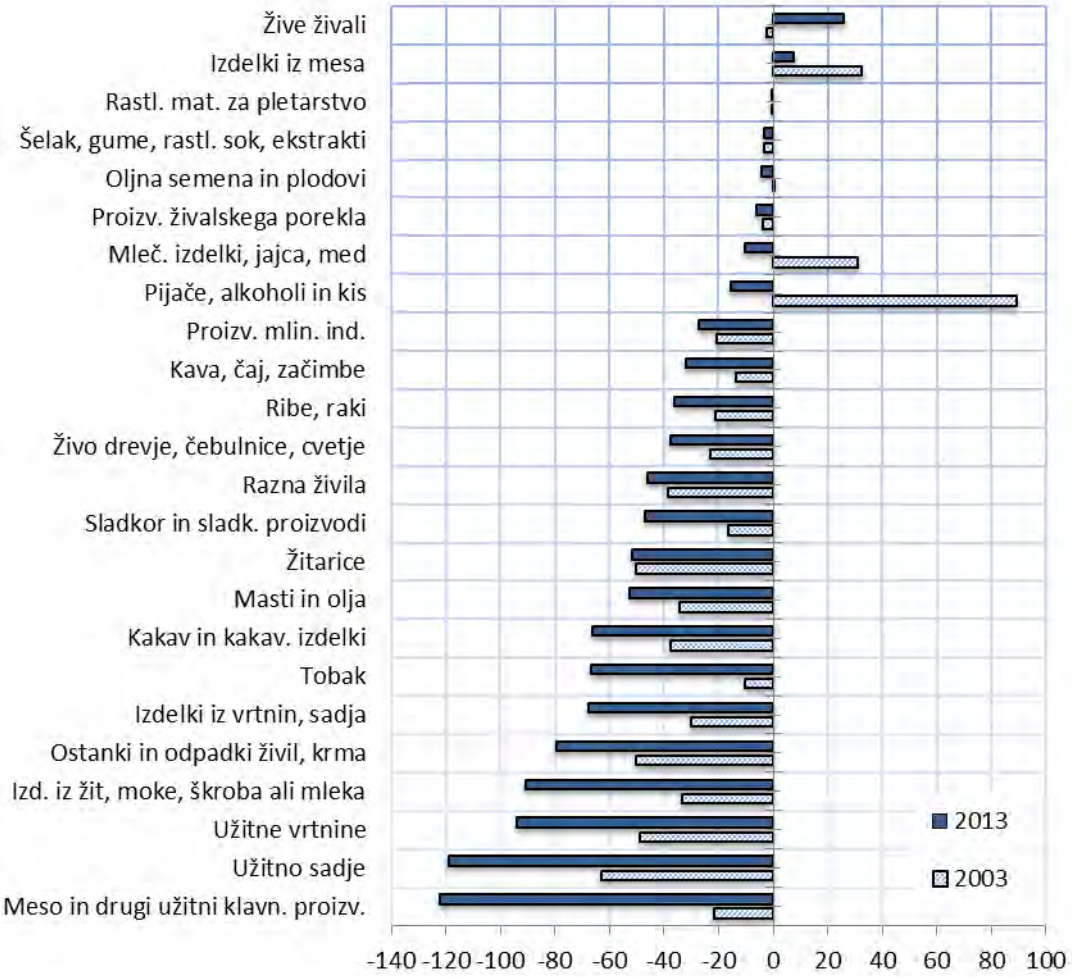
Slika 1: Izvoz in uvoz ter zunanjetrgovinska bilanca agroživilskih proizvodov (mio EUR); 1996-2013. Vir: SURS, preračuni KIS

Uvoz agroživilskih proizvodov je v letih 1999-2003 zajel v povprečju 6,5 %, v povprečju let po pristopu pa 7,7 % celotnega slovenskega uvoza. Tako kot za izvoz velja tudi za uvoz kmetijskih in živilskih proizvodov, da se je le-ta rahlo povečeval do leta 2003, ko je znašal 773 mio EUR ter bil za petino večji od uvoza v letu 1999. Sledi precejšnje povečanje že v letu priključitve (na 888 mio EUR) ter nadaljnja hitra rast vse do leta 2013, ko je uvoz znašal že 1.930 mio EUR ter bil kar za 150 % večji od uvoza v letu pred pristopom. Hitrejša rast uvoza glede na izvoz pomeni tudi poslabšanje pokritosti uvoza z izvozom. Le-ta je v letih 1999-2003 v povprečju znašala 52 %, v letih 2004-2013 pa le še 44 %.

V strukturi vrednosti izvoza kmetijskih in živilskih proizvodov je leta 2003 z 31 % imela najpomembnejšo vlogo skupina pijače, alkohol in kis, ki ji sledita skupini mlečni izdelki in izdelki iz mesa (vsaka po 12 %), medtem ko v letu 2013 največji del izvoza s 16 % zajemajo mlečni izdelki, z 11 % pa sledita skupini pijače, alkohol in kis ter razna živila. Spremembe v strukturi so opazne tudi na uvozni strani. Leta 2003 so največji delež zavzele skupine užitno sadje (9 %), razna živila in ostanki in odpadki živil, krma (vsaka po 8 %), v letu 2013 pa z 10 % prevladuje skupina meso, ki ji sledita skupini ostanki in odpadki živil, krma ter užitno sadje (vsaka po 8 %).

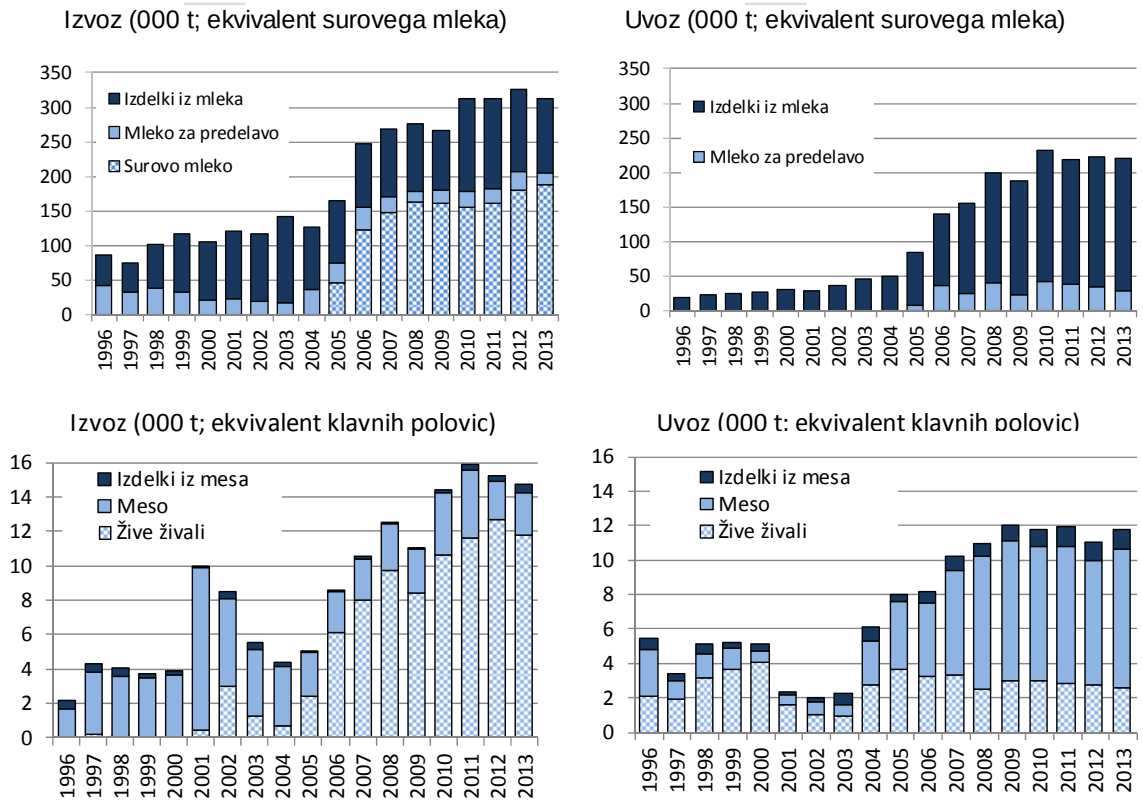
Še bolj so popristopne spremembe v zunanji trgovini z agroživilskimi proizvodi razvidne iz prikaza zunanjetrgovinske bilance (slika 2). Kot je bilo že omenjeno, je Slovenija neto uvoznica, zato je v večini skupin dosežen zunanjetrgovinski primanjkljaj. V letu pred priključitvijo je bil največji presežek dosežen v skupini pijače, alkohol in kis, nekoliko manjši pa v skupini mlečnih izdelkov ter izdelkov iz mesa. V letu 2013 v skupinah pijače in mlečni izdelki beležimo zunanjetrgovinski primanjkljaj, skromen presežek se je obdržal v skupini izdelkov iz mesa. Pač pa je precejšen presežek dosežen v skupini živih živali, saj se je v letih

po priključitvi Slovenije EU močno povečal izvoz živih živali.



Slika 2: Zunanjetrgovinska bilanca agroživilstva po tarifnih skupinah (mio EUR), 2003 in 2013 Vir: SURS, preračuni KIS

Izrazito povečan izvoz nepredelanih proizvodov, kot je npr. surovo mleko, kaže na nepričakovane in nezaželene posledice pristopa Slovenije k EU (slika 3). Povečevanje izvoza surovega mleka na eni strani ter na drugi strani povečevanje uvoza mlečnih izdelkov, torej predelanih proizvodov z dodano vrednostjo, je tudi posledica (ne)odziva nezadostno razvite in konkurenčne živilske industrije, ki ni bila sposobna v Sloveniji pridelanim kmetijskim surovinam oziroma nepredelanim proizvodom dodati vrednosti in jih prodati kot predelane proizvode. Manjši kmetijski proizvajalci so, za svoje preživetje, tako morali poiskati trge v tujini, kamor so začeli izvažati surovine. Podobno se v popristopnem obdobju izrazito povečuje izvoz živega goveda, ob hkratnem izrazitem povečevanju uvoza govejega mesa in izdelkov iz mesa.

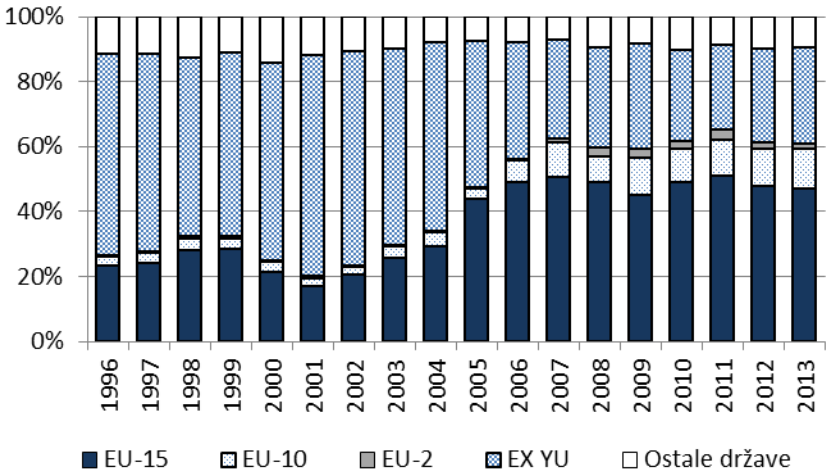


Slika 3: Izvoz ter uvoz mleka in mlečnih izdelkov ter izvoz in uvoz govedi glede na stopnjo predelave; 1996-2013. Vir: SURS, preračuni KIS

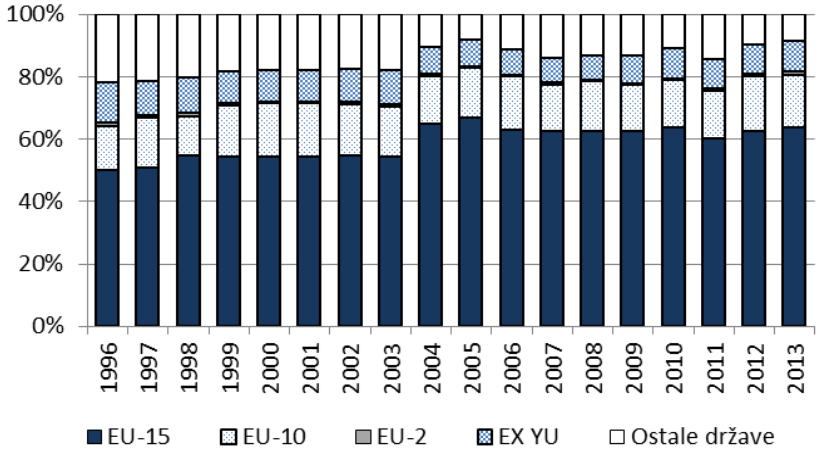
3.2 REGIONALNA STRUKTURA BLAGOVNE MENJAVE KMETIJSKIH IN ŽIVILSKIH PROIZVODOV

S pristopom Slovenije k EU se je blagovna menjava agroživilstva v precejšnji meri preusmerila k državam EU. V strukturi izvoza (slika 4) je bila v predpristopnem obdobju večina vrednostnega izvoza dosežena na trgih na ozemlju držav bivše Jugoslavije. V povprečju let 1996-2003 je ta delež znašal 61 %, po pristopu pa se je precejšnji delež izvoza postopoma preusmeril na evropske trge, medtem ko je bilo z državami na ozemlju bivše Jugoslavije v povprečju let 2004-2013 realiziranih le še 35 % izvoza. S pristopom Slovenije k EU so namreč prenehali veljati številni sporazumi, ki so Sloveniji pod preferenčnimi pogoji omogočali izvažati agroživilske proizvode na trge držav bivše Jugoslavije. Delež izvoza v države EU15, predvsem v države v naši bližini (Italija, Avstrija in Nemčija), se je po pristopu v EU povečal in je v obdobju 2004-2013 zajemal 46 % agroživilskega izvoza (24 % v obdobju 1996-2003).

V obdobju 1996-2013 se je spremenila tudi regionalna struktura uvoza (slika 5), vendar se je delež uvoza iz držav bivše Jugoslavije v popristopnem obdobju zmanjšal le za 2 odstotni točki (na 9 %). Slovenija je bila namreč že tradicionalno bolj uvozno usmerjena k evropskim trgom. Vrednostni uvoz iz držav EU15 je v obdobju 1996-2003 zajel 53 % vsega agroživilskega uvoza, v obdobju 2004-2013 pa se je delež, predvsem zaradi manjšega uvoza iz ostalih držav, povečal na 63 %.



Slika 4: Regionalna struktura izvoza agroživilskih proizvodov; 1996-2013. Vir: SURS, preračuni KIS



Slika 5: Regionalna struktura uvoza agroživilskih proizvodov; 1996-2013. Vir: SURS, preračuni KIS

4 Sklepi

Že prve študije kmalu po pristopu ugotavljajo, da je pristop Slovenije k EU pomembno spremenil razmere na trgu agroživilskih proizvodov ter vplival tudi na primarno kmetijsko proizvodnjo. Slovenski agroživilski sektor, ki je prej deloval v razmerah majhnega in zaprtega trga, je bil po pristopu k EU deležen povečanih konkurenčnih pritiskov skupnega evropskega trga. Po eni strani so bile ukinjene uvozne dajatve za občutljive kmetijske in živilske proizvode v državah EU15 in našim izvoznikom agroživilskih proizvodov je bil tako olajšan dostop na skupni evropski trg. Po drugi strani pa je bil s pristopom Slovenije k EU odprt vstop tujim veletrgovcem ter njihovim dobaviteljem, prenehali pa so delovati tudi vsi prostotrgovinski sporazumi s tradicionalno najpomembnejšimi izvoznimi trgi, t.j. z državami bivšega jugoslovanskega tržišča.

Pred pristopom Slovenije k EU je bilo pričakovati spremembe na področju mednarodne

menjave, predvsem v smislu iskanja ustreznih strategij za osvajanje novih trgov in uspešen prodor na evropske trge. Kljub temu pa v predpristopnem obdobju ni bilo moč opaziti pomembnejših preusmeritev slovenskih trgovcev s kmetijskimi in živilskimi proizvodi na druge trge, kar bi lahko omililo kar precejšen šok ob izgubi za Slovenijo ugodnih južnih trgov. Povečevanje blagovne menjave, rast izvoza ter še hitrejša rast uvoza kmetijskih in živilskih proizvodov, ki iz leta v leto povečuje zunanjetrgovinski primanjkljaj agroživilskih proizvodov ter vedno večji izvoz nekaterih surovin oziroma nepredelanih proizvodov ob siceršnjem vedno večjem uvozu predelanih proizvodov, so glavne posledice pristopa Slovenije k EU. Deset let po pristopu k EU lahko ugotovimo, da je vstop na skupni evropski trg po eni strani v praksi res pomenil odstranjevanje vrste trgovinskih ovir, ki so prej zmanjševale tržne priložnosti in ekonomsko uspešnost slovenskega agroživilstva, po drugi strani pa ga je prepustil močnim tokovom konkurence. V splošnem upravljavsko in razvojno nezadostno pripravljena živilsko predelovalna industrija v Sloveniji še vedno ni sposobna učinkovito izkoristiti priložnosti skupnega trga oziroma se kosati s povečano in vedno večjo tujo konkurenco.

5 Literatura

Bojnec, Š., Turk, J., Majkovič, D. 2005. Trgovina s kmetijskimi in živilskimi proizvodi na območju Srednje in Vzhodne Evrope: Ali je Slovenija konkurenčna? V: Kavčič S. (ur.), Slovenija v EU: Izzivi za kmetijstvo, živilstvo in podeželje. 3. konferenca DAES, 10.-11. november 2005, Ljubljana. - Ljubljana : Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije - DAES, 2005. Ljubljana, Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije: 135-146

Majkovič, D. 2007. Slovenska zunanja trgovina s kmetijskimi in živilskimi proizvodi – analitičen pristop in modeliranje. Doktorska disertacija. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo, Maribor: 186 s.

Ocena stanja v slovenskem kmetijstvu v letu 2005. Spomladansko poročilo. 2006. Volk, T. (ur.), Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana: 92 s.

Kuhar, A., Erjavec, E., Borovšak, K. 2012. Restructuring of the Slovenian food industry in the pre- and post EU-accession period. Paper prepared for the 132nd EAAE Seminar, Skopje, October 25-27, 2012: Is transition in European agriculture really over? : new dimensions and challenges of transition and post-transition processes in agriculture and food sectors in the European Union and EU acceding and neighbouring countries: 17 s.

Kuhar, A. 2005. Ekonomski trendi v slovenski živilski industriji. V: Kavčič, S. (ur.), Slovenija v EU: Izzivi za kmetijstvo, živilstvo in podeželje. 3. konferenca DAES, 10.-11. november 2005, Ljubljana. - Ljubljana : Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije - DAES, 2005. Ljubljana, Društvo agrarnih ekonomistov Slovenije: 29-42

Kuhar, A., Erjavec, E. 2007. Implications of Slovenia's EU accession for the agri-food sectors: Economic and business review, 9(2): 147-164

UMAR (Urad za makroekonomske analize in razvoj). 2005. Učinki vstopa Slovenije v EU na gospodarska gibanja v letu 2004. Delovni zvezek št. 5, zbirka Delovni zvezki. Ljubljana: Urad za makroekonomske analize in razvoj: 45 s.

Volk, T., Rednak, M., Erjavec, E. 2007. The agri-food sector in Slovenia after European Union accession. V: Czartoryski, W. (ur.), Changes in the food sector after the enlargement of the EU. Warsaw, Institute of Agricultural and Food Economics, National Research Institute: 244-266

Vzpostavitev in izvajanje pravil sistema navzkrižne skladnosti v Sloveniji

Maša KERSTEIN[43], Anton JAGODIC[44]

Izvleček
Z reformo Skupne kmetijske politike leta (SKP) 2003 je Evropska skupnost z letom 2005 med drugim uvedla sistem navzkrižne skladnosti. Pristojni organ za izvedbo kontrole navzkrižne skladnosti je Agencija RS za kmetijske trge in razvoj podeželja. Vzpostavitev celotnega sistema kakor tudi spremljanje zakonodajnega okvirja in spreminjanje pravil navzkrižne skladnosti je bila vsebinsko, organizacijsko in kadrovsko zahtevna naloga, še zlasti zato, ker predstavlja del izvajanja skupne kmetijske politike. Dosleden prenos določb in izvajanje sistema, pretok in obravnava podatkov med institucijami, izbira vzorca za kontrolo, izvedba kontrol ter sistem sankcioniranja vplivajo na znesek sredstev, ki jih kmetijska gospodarstva lahko pridobijo z naslova podpor v okviru SKP. Slovenski kmetje imajo na voljo učinkovit sistem svetovanja, ki se je razvijal vzporedno s sistemom navzkrižne skladnosti kot pomoč kmetom pri razumevanju zahtev predpisov in za lažje izpolnjevanje slednjih. Zavedamo se, da je v bolje obveščenem kmetijskem sektorju lažje doseči upoštevanje predpisov v praksi in s tem boljše rezultate tako za kmete kot tudi za vse deležnike povezane s kmetijsko dejavnostjo.
Ključne besede: navzkrižna skladnost, predpisane zahteve ravnanja, dobri kmetijski in okoljski pogoji, kontrola navzkrižne skladnosti, sistem kmetijskega svetovanja

The establishment and implementation of the rules of the cross-compliance system in Slovenia

Abstract
With the reform of the Common Agricultural Policy (CAP) in 2003, the European Community has inter alia introduced a cross-compliance system in 2005. The competent authority for carrying out controls of cross-compliance is the Agency for Agricultural Markets and Rural Development. Establishment of the entire system as well as monitoring of a legislative framework and changes to the rules of cross-compliance was challenging task as regards the content, the organization and personnel, especially because it is a part of the CAP. Consistent transposition and implementation of the provisions, the data flow between the institutions, the control sample, implementation of controls and sanction system affect the amount of funds that farmers can gain from agricultural subsidies. An effective system of advising is at hand for Slovenian farmers and was developed in parallel with the cross-compliance system in order to help understanding of the requirements of regulations to facilitate the compliance with the latter. We are strongly aware that better informed agricultural sector is more able to achieve compliance with the rules in practice and therewith gaining better results for farmers as well as all other stakeholders related to agricultural activity.
Key words: cross-compliance, statutory management requirements, good agricultural and environmental conditions, the cross compliance control system, FAS

1 Uvod

Z reformo Skupne kmetijske politike leta 2003 je Evropska skupnost z letom 2005 uvedla sistem navzkrižne skladnosti. Okvir navzkrižne skladnosti od 2010 dalje pokriva področja

[43] Univ. dipl. inž. agr., Agencije Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja, Dunajska cesta 160, 1000 Ljubljana, e-pošta: masa.kerstein@gov.si
[44] Univ. dipl. inž. agr., Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Gospodinjska ulica 6,1000 Ljubljana, e-pošta: anton.jagodic@kgzs.si

neposrednih plačil, ukrepe Programa razvoja podeželja in sheme podpor v vinskem sektorju. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) skladno z razvojem EU predpisov od leta 2005 dopolnjuje zakonodajo, ki določa sistem pravil navzkrižne skladnosti v Sloveniji. Pristojni organ za izvedbo kontrole navzkrižne skladnosti je Agencija RS za kmetijske trge in razvoj podeželja (v nadaljevanju Agencija), ki je akreditacijo za izplačevanje sredstev iz sklada Evropski kmetijski usmerjevalni in jamstveni sklad (EKUJS) pridobila 19. 10. 2004. Izpolnjevanje zahtev za navzkrižno skladnost se preverja na terenu s kontrolo na kraju samem in z administrativno kontrolo. Kmetom, ki ne izpolnjujejo zahtev, se plačila znižajo v določenem deležu, ki ga določa sistem sankcij. Evropska zakonodaja zahteva vzpostavitev in delovanje sistema kmetijskega svetovanja (Farm advisory system, FAS), da se pomaga kmetom izpolnjevati zahteve in ohraniti izplačila v okviru SKP. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije (v nadaljevanju KGZS) je l. 2007 vzpostavila sistem svetovanja za navzkrižno skladnosti v Sloveniji (Cor in sod., 2006), ki je primerljiv s sistemi držav članic (Evaluation ….. Advisory System, 2009). Kmet, ki prejme svetovanje, bolje razume svoje obveznosti v zvezi z navzkrižno skladnostjo in bo tako bolj pripravljen ravnati v skladu z njimi. FAS je postal za vse države članice obvezen od januarja 2007. V prispevku je prikazan razvoj pravil navzkrižne skladnosti ter spremembe skozi čas, kontrolni sistem in sistem svetovanja kmetom za navzkrižno skladnost.

2 Vzpostavitev in izvajanje pravil o navzkrižni skladnosti

V Republiki Sloveniji smo z izvajanjem sistema navzkrižne skladnosti (v nadaljevanju: CC) začeli s 1. 1. 2005. Sistem CC je neodvisen sistem, ki vgrajuje v SKP osnovne standarde in zahteve za okolje, podnebne spremembe, dobro kmetijsko in okoljsko stanje zemljišč, javno zdravje, zdravje živali in rastlin ter dobrobit živali – z namenom prispevati k razvoju trajnostnega kmetijstva. Na osnovi Zakona o kmetijstvu (Zakon o kmetijstvu …, 2000) je bila sprejeta Uredba o predpisanih zahtevah ravnanja ter dobrih kmetijskih in okoljskih pogojih pri kmetovanju (Uredba o predpisanih …, 2005, v nadaljevanju: Uredba o navzkrižni skladnosti), ki opredeljuje: pogoje za izpolnjevanje zahtev navzkrižne skladnosti, način izpolnjevanja zahtev, pristojne organe za preverjanje, sistem sankcioniranja (točkovni sistem s kazenskimi točkami) in zavezance za navzkrižno skladnost. Pravila navzkrižne skladnosti predstavljajo predpisane zahteve ravnanja (v nadaljevanju: PZR) ter standarde za dobre kmetijske in okoljske pogoje (v nadaljevanju: GAEC), ki jih mora pristojni organ uvesti, kmetje pa spoštovati, v skladu z obsegom in časovnim razporedom, predpisanim v Uredbi Sveta ter pravili navzkrižne skladnosti, navedenimi v Prilogi III in Prilogi IV te uredbe (Uredba Sveta…o skupnih pravilih za sheme..., 2003). Poleg tega je obveza države članice ohranjati razmerje med površino trajnih travnikov in skupno kmetijsko površino. V skladu z zakonodajo Skupnosti se PZR in GAEC določijo na naslednjih področjih v navedenih časovnih mejnikih:

Področje A: Varovanje okolja, od 1. 1. 2005: PZR nitrati, PZR odpadna blata, PZR podzemne vode, PZR ohranjanje živalskih vrst in habitatov;

Področje B: Varovanje zdravja ljudi in živali, od 1. 1. 2005: PZR identifikacija in registracija živali (govedi, drobnice, prašičev), od 1. 1. 2006: Javnozdravstveno varstvo, zdravstveno varstvo živali in rastlin: PZR fitofarmacevtska sredstva, PZR zdravstveno varstvo ljudi in živali, PZR varna hrana, PZR preprečevanje širjenja bolezni, PZR prijava bolezni (slinavke in parkljevke, svinjske kuge, bolezni modrikastega jezika);

Področje C: Ugodno počutje živali, od 1. 1. 2007: PZR ugodno počutje živali (telet, prašičev, rejnih živali);

Področje D: Dobri kmetijski in okoljski pogoji, od 1. 1. 2005: GAEC: Erozija tal; Organska snov v tleh; Struktura tal; Minimalna raven vzdrževanja, od 1. 1. 2010: Zaščita in upravljanje z vodnimi viri.

Agencija je bila imenovana kot pristojni organ za vzpostavitev in izvajanje integriranega in administrativnega kontrolnega sistema ter kontrol navzkrižne skladnosti. Na osnovi sporazuma o sodelovanju med agencijo in Inšpektoratom Republike Slovenije za kmetijstvo, gozdarstvo in hrano so v letu 2005 kontrole na kraju samem izvajali kontrolorji tehničnega oddelka inšpektorata. Leta 2006 je bil sprejet sklep, da nadzor sistema navzkrižne skladnosti izvaja ena kontrolna služba, to je Služba za kontrolo Agencije. V primeru strokovno zahtevnejših pregledov se v pregled vključijo službe, pristojne za nadzor nad predpisi, ki so preneseni v obseg sistema CC. Agencija mora pri izvajanju nadzora CC upoštevati tudi druge ugotovljene nepravilnosti pri kakršni koli drugi predpisani vrsti nadzora in ugotovitve nadzorstva pristojnih inšpekcijskih organov, posredovane v skladu s sklenjenimi protokoli. V letu 2014 je vsebina protokolov glede na začetno stanje v letu 2005 pomembno dopolnjena tako z vidika obsega nadzora kakor tudi izvedbe nadzora. Protokola, sklenjena z Upravo RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin (v nadaljevanju: UVHVVR,) in Inšpektoratom RS za kmetijstvo in okolje (v nadaljevanju: IRSKO) vključujeta tudi izvedbo analize vzorca na kmetijskih gospodarstvih. Sistem CC, ki je na agenciji lociran in voden kot področje navzkrižne skladnosti na Sektorju za neposredna plačila, pokriva vsebinska področja vseh zavezancev za izpolnjevanje zahtev navzkrižne skladnosti. V letih 2005 in 2006 so bili zavezanci vsi vlagatelji zahtevkov za neposredna plačila (1. steber), leta 2007 so se priključili zavezanci iz osi 2 za ukrepe kmetijsko-okoljskih plačil (v nadaljevanju: KOP) in izravnalnih plačil za območja z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost (v nadaljevanju: OMD) in z letom 2010 zavezanci za t.i. vinske ukrepe. Kompleksnost in obseg sistema prikazuje Slika 1: Model izvajanja sistema CC za leto 2013, ki vključuje sodelovanje in medsebojno izmenjavo podatkov vseh pristojnih organov s področja dela navzkrižne skladnosti v državi. V okviru pristojnega ministrstva se uporabljajo vse razpoložljive zbirke podatkov in registri, potrebni za izvajanje sistema CC v okviru SKP. Poglavitne značilnosti modela:

- za potrebe upoštevanja pogojev upravičenosti se uporabljajo spletne aplikacije in registri zlasti s področja fitofarmacevtskih sredstev, Službe za identifikacijo in registracijo ter informacijske sisteme (SIRIS), Služba za register kmetijskih gospodarstev (RKG),
- izvajanje Protokolov o medsebojnem posredovanju ugotovitev iz nadzorstva med Agencijo in IRSKO, UVHVVR ter Inšpektoratom RS za varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami (IRSVNDN) z opredeljenim področjem poročanja,
- izvajanje Protokola za izmenjavo podatkov o krajinskih značilnostih - naravnih vrednotah z Zavodom RS za varstvo narave (ZRSVN),
- posredovanje podatkov in informacij o izdanih dovoljenjih za vnos odpadnega blata ter okoljevarstvenih dovoljenjih za vnos digestata in komposta s strani Agencije RS za okolje (ARSO).

V letih 2005 in 2006 so se kontrole CC izvajale v obdobju izvedbe kontrol neposrednih plačil, z letom 2007 pa skozi celo leto. Do leta 2006 se je nabor vzorca kmetijskih gospodarstev za kontrolo na kraju samem izvajal skupaj z naborom vzorca iz naslova neposrednih plačil v kmetijstvu. V letu 2007 se je na podlagi analize rezultatov pregledov za CC izdelal ločen nabor vzorca, sestavljen iz dveh delov, upoštevajoč kritične dejavnike tveganja po posameznih direktivah, aktih in/ali sklopih. Sistem CC se je v RS dograjeval in dopolnjeval na podlagi zakonodajnih sprememb na nivoju EU zakonodaje, strokovnih izobraževanj, dobre prakse, priporočil stroke in revizijskih ugotovitev ter širšega in poglobljenega razumevanja celotnega sistema. Večje prenove je bil sistem CC deležen v letu 2010, ko je Slovenija

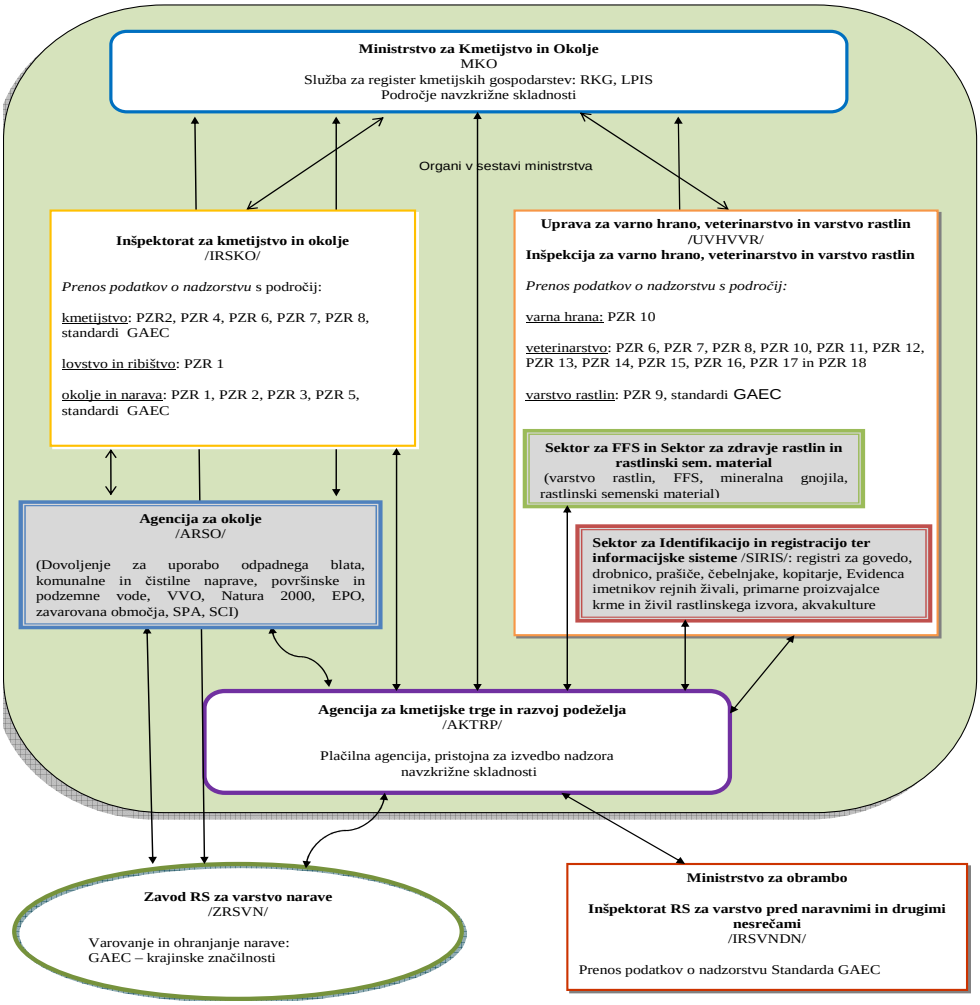
odpravila pomanjkljivosti iz preteklih let in hkrati implementirala spremembe, ki so bile v evropski sistem navzkrižne skladnosti uvedene po zdravstvenem pregledu skupne kmetijske politike s strani Evropske komisije, in sicer: prenovljen/zaostren sistem sankcioniranja (praviloma 3% znižanje vseh izplačil), uvedba rangov kršitev (srednja, lažja, težja), uvedba 21 standardov znotraj 4 področij, uvedba namernih kršitev, uvedba sistema malih kršitev ter več administrativnih kontrol na centralno vodene registre.
Na sliki 2 je prikazana rast števila predpisanih zahtev in standardov skozi leta izvajanja sistema CC. Poglavitni razlogi za spremembe:

- zakonodajni okvir,
- izbira »mehkega prehoda« na sistem CC, ki predstavlja povezavo med podporami, ki se dodelijo kmetom v okviru skupne kmetijske politike in spoštovanjem predpisanih zahtev in standardov s strani kmetov ter
- razumevanja pravil CC v povezavi s pravili upravičenosti iz 1. in 2. stebra.

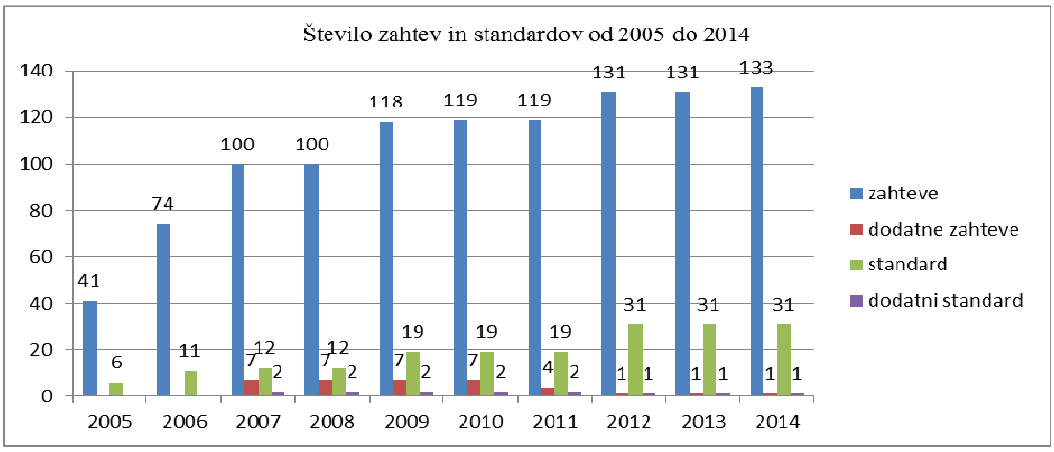
Zakonodaja EU določa, da bi moralo biti celotno plačilo upravičencem določenih podpor v okviru skupne kmetijske politike povezano z upoštevanjem pravil v zvezi z upravljanjem zemljišč, kmetijsko proizvodnjo in kmetijsko dejavnostjo. Pri določitvi znižanja iz naslova navzkrižne skladnosti se ustrezno upoštevajo ugotovitve administrativnih kontrol in kontrol na kraju samem. Za uporabo znižanj se odstotek znižanja uporabi za skupni znesek celotnega zneska neposrednih plačil, plačil za ukrepe osi 2 PRP kakor tudi za sheme podpor v vinskem sektorju. Podatke o zneskih izplačil in znižanj zaradi CC prikazuje Preglednica 1. Delež, ki ga skupni znesek uporabljenih znižanj oziroma izključitev iz naslova CC predstavlja v primerjavi s skupnim zneskom izplačil, ki bi bil izplačan kmetom (pred znižanji), predstavlja na videz majhen delež - v vseh letih pod 1%. Vendar pa je zelo pomemben podatek, da se sankcije odražajo tudi konkretno na ukrepih SKP, še zlasti na tistih, kjer neizpolnjevanje zahtev CC, ki hkrati predstavljajo osnovne pogoje upravičenosti, pomeni 100% znižanje izplačila ukrepa. V primeru ponavljanja kršitev istih zahtev se iz naslova namerne neskladnosti v primeru izjemnega obsega, resnosti, ali trajnosti takega upravičenca v naslednjem koledarskem letu, poleg naložene kazni iz naslova CC, izključi iz vseh plačil iz naslova neposrednih plačil, plačil za vinske ukrepe in plačil podpore za razvoj podeželja (v novi SKP: KOPOP, EK, DŽ in OMD).

3 Svetovanje za navzkrižno skladnost

Zakonodaja EU določa, da države članice upravljajo sistem kmetijskega svetovanja za navzkrižno skladnost. V RS je bil sistem svetovanja za navzkrižno skladnost umeščen v obstoječi sistem Javne službe kmetijskega svetovanja, ki deluje v okviru Kmetijsko gozdarske zbornice Slovenije. Javna služba kmetijskega svetovanja je za potrebe priprav kmetov na bodoča pravila navzkrižne skladnosti po 2005 izvajala splošna informacijska predavanja že pred 2005. V tem obdobju je zaznala, da kmetje potrebujejo bolj poglobljeno svetovanje, saj je v tem odboju prišlo do prevzema EU zakonodaje in obsežne spremembe in prilagoditve nacionalne zakonodaje, zlasti na področjih CC. Kmetje niso v celoti poznali ali vsaj ne v potankosti razumeli zahtev na nivoju kmetije, zato je služba delovala v smeri obveščanja in informiranja.



Slika 1: Model izvajanja sistema CC za leto 2013



Slika 2: Število zahtev in standardov od 2005 – 2014

Preglednica 1: Podatki o zneskih izplačil in znižanj zaradi CC med let 2008 do 2013 (ARSKTRP, Letna Poročila DG_AGRI od 2008 – 2013)

	Skupni znesek za izplačila (v EUR)		Skupni znesek znižanj na podlagi CC (v EUR)		Delež znižanj	
Leto	I. steber	II. steber	I. steber	II. steber	I. steber	II. steber
2008	43.244.096	20.405.784	270.749	114.134	0,63%	0,56%
2009	134.756.282	78.802.819	290.035	150.298	0,22%	0,19%
2010	141.673.681	81.918.850	335.907	136.232	0,24%	0,17%
2011	148.668.017	82.844.338	371.029	137.640	0,25%	0,17%
2012	149.208.414	82.925.601	349.868	136.752	0,23%	0,16%
2013	140.555.501	84.802.606	210.563	102.086	0,15%	0,12%

3.1 VZPOSTAVITEV SISTEMA SVETOVANJA ZA NAVZKRIŽNO SKLADNOST V RS

V letu 2006 so bili kmetijski svetovalci izobraževani na tridnevnem usposabljanju (Hrovatič in sod., 2008), kar jim je omogočilo poglobljeno poznavanje zakonodaje, ki je predmet sistema in pravil CC. Usposabljanje je po pooblastilu (št.. 330-220/2006/2, z dne 10.11.2006, MKGP) izvedla KGZS z zunanjimi izvajalci, večinoma sodelavci institucij, ki so pripravljali zakonodajo CC v RS. Usposabljanja so bila ponovljena v naslednjih letih iz vsebin spreminjajoče se zakonodaje. Uveden je bil enotni sistem za svetovanje, ki obsega skupno listo za svetovanje iz zahtev CC, protokola storitve ter razlage protokola. Ob tem je nastal obsežen priročnik za izpolnjevanje zahtev navzkrižne skladnosti, ki je doživel tiskano obliko in ponatis (Priročnik …skladnosti, 2012).

3.2 SVETOVALNE METODE

Za svetovanje kmetom iz vsebin navzkrižne skladnosti poleg predavanj uporabljamo individualno metodo svetovanja na kmetiji, ki se razlikuje od pristopa pooblaščenih kontrolorjev. Ko se izvaja kontrola CC, kontrolorji Agencije ugotovijo napake in sprožijo postopke, ki preko sanacijskega sistema uvedejo v primeru dokazane kršitve denarni odtegljaj na plačilo. Med svetovanjem ugotovljena neskladja pa so povod za nadaljnje delovanje svetovalcev, kmetom se pojasni zakonodaja ter strokovno ozadje, ki je bilo uporabljeno za oblikovanje zahtev. Kmet, ki prejme svetovanje, bo verjetno bolje razumel svoje obveznosti v zvezi s pravili CC in bo bolj pripravljen ravnati v skladu z njimi. Svetovalec tako sproti pojasnjuje in svetuje odpravo morebitnih neskladij. Pri tem uporabljeni zapisnik, ki ostane pri svetovalcu, služi kot dokaz o opravljenem svetovanju, kmet pa prejme ustrezna navodila in pojasnila tudi v pisni obliki. Kontrolni seznam je učinkovit pripomoček za svetovanje, saj se obravnavi vsebine lahko nameni dovolj časa in ker se kmetu ponudi tehničen in strokoven nasvet. V KGZS uporabljamo terenske svetovalce za tovrstno svetovanje, v primeru potrebe pa se nemudoma vključijo tudi ustrezni svetovalci specialisti. V letu 2008 je bilo individualnega svetovanja iz vsebin navzkrižne skladnosti v EU (20 držav članic) deležnih 4,8 % kmetov, ki so prejeli neposredna plačila. Slovenskim kmetom je dostopen primerljiv sistem, ki ga letno izkoristi med 4 % in 6,5 % kmetov. Ugotovitve svetovalcev so sporočene le kmetu, na katerega se svetovanje nanaša. S tem je postavljena jasna linija med svetovanjem in kontrolo. Zaznani problemi so: interes kmetov za tovrstno svetovanje ne prepozna koristi v izboljšanju tehnološkega napredka kmetije, stalno spreminjanje in dopolnjevanje zahtev,

veliko uvedenih sankcij zaradi preprostih zahtev (npr. PRZ številčenje živali), ki bi se jih kmetje zlahka izognili.

4 Sklepi

Tako velik, kompleksen in obsežen sistem, kot je sistem CC zahteva večjo prepoznavnost in ustrezno umeščenost v organizacijsko shemo vsake države. Tudi pri nas je bilo prepoznano dejstvo, da bi dosežene rezultate še izboljšali z vzpostavitvijo organizacijske enote z jasnimi pristojnostmi in odgovornostmi na agenciji in ministrstvu. Poudarek je na enovitem in celovitem vodenju sistema CC, z jasno shemo delovanja in pristojnostjo posameznih inštitucij. Na tak način bi v prvi vrsti pripomogli k dvigu ozaveščenosti zaposlenih na Agenciji, MKGP in v organih, ki pokrivajo področje navzkrižne skladnosti, od zakonodajnih, izbraževalnih, znanstvenih in inšpekcijskih služb, preko svetovalnih služb, do kmetov ter s tem k prepoznavnosti sistema navzkrižne skladnosti. Opisani sistem bi pomembno prispeval k uresničevanju ciljev CC, ki ni kaznovanje kmetov, temveč napredek na področju varovanja okolja, zdravja ljudi, rastlin in živali ter trajnostni razvoj kmetijstva kot takega, z znižanim nivojem onesnaževanja. S tem bi nenazadnje pripomogli k dvigu življenskega standarda. Sistem svetovanja za navzkrižno skladnost prispeva k boljšemu razumevanju predpisanih zahtev ravnanja ter standardov za dobre kmetijske in okoljske pogoje in izboljšanju načinov kmetovanja, ki posredno prispevajo k prihodkom kmetov. V nekaterih primerih svetovanje razkrije potrebo po novih investicijah na kmetijah, izboljša ravnanje glede standardov varovanja zdravja in dobrobiti živali na kmetijskih gospodarstvih, kar posredno vodi k večji produktivnosti in zmanjša tveganje, da bo ob kontroli navzkrižne skladnosti ugotovljena neskladnost in kmetu naložena kazen.

5 Literatura

Ambrožič, I., Bevc, S, Bibič, A., Bučar, T., Cebe, E., Dremelj, M., Drobnič, M,. Demšar, J., Gabriel, A., Guček, M., Jesenko, T., Kerč, K., Kerstein, M., Koprivnikar, M., Kos, U., Lebar, M., Lebar, J., Levart, S., Majer, D., Marolt, P., Minič, D., Naglič, M., Nagode, P., Pavlin, F., Pevec, T., Pinterič, L., Potokar, D., Poženel, A., Rode, J., Salobir, G., Šivic, N., Štuhec, I., Trunkelj, B, Volk, E., Vraber, M., Vrtačnik, J., Zajc, M., Zavodnik, A., Zgonec, U., Zorko, A., Zupančič, M. 2012. PRIROČNIK za izvajanje zahtev navzkrižne skladnosti za kmetijska gospodarstva

ARSKTRP. Letna Poročila DG_AGRI v okviru navzkrižne skladnosti od 2008–2013 - interno gradivo

Cor, T., Jagodic, A., Trunkelj, B., Salobir, G., Filipič, M., Zgonec, U., Zajc, M., Ocepek, M., Majer, D. 2006. Navzkrižna skladnost in kmetijsko svetovalni sistem v RS. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije - interno gradivo

Evaluation of the Implementation of the Farm Advisory System, ADE – ADAS – AGROTEC-Evaluators. EU. 2009. http://ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/fas/index_en.htm

Hrovatič, I., Kotnik, I., Trunkelj, B., Jagodic, A., Levart, S. 2008. Cross compliance and the farm advisory system in the Republic of Slovenia, Proceedings of the 14th GeoCAP Annual Conference. Cankarjev dom Cultural and Congress Centre, Ljubljana 3rd-5th December 2008, MARS Ref.: JRC IPSC/G03/P/SKA/van D(2009)(11096): 37-40

Uredba Sveta (ES) št. 1782/2003 z dne 29. septembra 2003. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32003R1782&qid=1419230816476&from=EN

Uredba Sveta (ES) št. 73/2009 z dne 19. januarja 2009. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0073&qid=1419231083789&from=EN

Zakon o kmetijstvu (Uradni list RS, št. 54/2000). Uradni list RS, št. 45/2008, 57/2012

Uredba o predpisanih zahtevah ravnanja ter dobrih kmetijskih in okoljskih pogojih pri kmetovanju (Uradni list RS, št. 21/05, 114/05, 76/06 in 34/07). Uradni list RS, št. 7/10, 98/11 in 113/13

Določanje spola sejancem hmelja z uporabo moško specifičnih molekulskih markerjev

Andreja ČERENAK[45], Jernej JAKŠE[46], Zala KOLENC[47], Suzana ŠKOF[48], Anthony KOUTOULIS[49], Simon WHITTOCK[50], Branka JAVORNIK[51]

Izvleček
Hmelj (*Humulus lupulus* L.) je industrijska rastlinska vrsta, pomembna za pivovarsko industrijo. Hmeljna semena zmanjšujejo uporabno vrednost hmelja in njegovo kakovost, ter predstavljajo mehansko oviro pri predelavi hmelja. Zaradi dejstva, da so moške rastline pomembne le za vzgojo novih sort, je v procesu žlahtnjenja pomembna zgodnja določitev spola sejancem hmelja. Z namenom, da bi zmanjšali obseg dela, povezan z odstranjevanjem moških rastlin v hmeljišču, ter potrebno površino za sajenje križancev, smo za določevanje spola sejancem hmelja uspešno uporabili dva za moški spol specifična molekulska markerja, medtem ko je v teku optimizacija hkratnega PCR z namnoževanjem 4 molekulskih markerjev. Predstavljena bo uporabna vrednost selekcije z molekulskimi markerji v žlahtnjenju hmelja.
Ključne besede: hmelj, žlahtnjenje, molekulski markerji, spol

Determination of sex in hop seedlings by using male-specific molecular markers

Abstract
Hop (*Humulus lupulus* L.) is an industrial plant species, which is important for the brewing industry. The hop seeds decrease the applied value of hops and its quality, and represent also a mechanical obstacle in the dried hops processing. Because of the fact that the male plants are only important for breeding of new cultivars, the sex determination of seedlings soon in the breeding process is important. With the purpose to decrease the quantity of work in the field in a process of removing male plants and the acreage used for breeding program, we successfully used 2 male-specific markers in determination of the seedlings sex while multiplex PCR using 4 molecular markers is in progress. The practical value of marker assisted selection in hop breeding program will be presented.
Key words: hop, breeding, molecular markers, sex

1 Uvod

Hmelj (*Humulus lupulus* L.) se prideluje v Evropi, ZDA, na Kitajskem, v Južnoafriški republiki, Avstraliji in Novi Zelandiji primarno zaradi njegove nenadomestljive uporabe v pivovarstvu, v manjši meri se uporablja tudi za farmacevtske namene. Je dvodomna trajnica,

[45] Doc. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, C. Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si
[46] Izr. prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: jernej.jakse@bf.uni-lj.si
[47] Mag. inž. živ., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, C. Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: zala.kolenc@ihps.si
[48] Dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: suzana.skof@gmail.com
[49] Prof. dr., The University of Tasmania, School of Biological Sciences, Private Bag 55, Hobart TAS 7001 Australia, e-pošta: anthony.koutoulis@utas.edu.au
[50] Dr., Hop products of Australia, Elisabeth Street 446, Hobart, Tasmania, e-pošta: simon.whittock@hops.com.au
[51] Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: branka.javornik@bf.uni-lj.si

ovijalka. Pridelujejo se le ženske rastline zaradi neosemenjenih socvetij (storžkov), ki v lupulinskih žlezah vsebujejo uporabne grenčične in aromatične snovi.
Glavni cilji žlahtnjenja hmelja so izboljšanje pridelka, količine in kakovosti smol ter eteričnega olja in odpornosti na bolezni. Žlahtnjenje hmelja je zaradi posebnih lastnosti rastline (trajnica, pozna generativna faza, dvodomnost, visoka heterozigotnost, časovno zahtevno določanje kakovostnih parametrov pri moških rastlinah) dolgotrajno, od križanj do registracije sorte traja okrog 15 let. Rezultat dosedanjega žlahtnjenja v Sloveniji je 14 sort hmelja, ki so skupaj s Savinjskim goldingom posajene v 98 % slovenskih hmeljišč. V zadnjih dveh letih smo vpisali dve sorti z izkazano višjo (srednjo do visoko) odpornostjo na verticilijsko uvelost hmelja, finoaromatični Styrian Gold in grenčično Styrian Eureko. Obe nudita hmeljarjem možnost sajenja po opravljeni karantenski premeni v hmeljiščih, okuženih s povzročiteljem bolezni, *Verticillium albo-atrum*. V postopku preizkušanja imamo 8 t.i. dišavnih sort hmelja, ki so tržno zanimive zaradi svoje posebne, ne značilno hmeljske arome.
Možnost razvoja molekulskih markerjev v genetskih raziskavah hmelja daje kartiranje kvantitativnih lastnosti (QTL Mapping) in razvoj vezanih markerjev za uporabo v selekciji s pomočjo markerjev (Marker Assisted Selection - MAS). Znani so markerji za manj kompleksne lastnosti, kot je spol (Jakše in sod. 2008; Patzak in sod. 2002; Polley in sod. 1997) ali odpornost na hmeljevo pepelovko določena z lokusom R2 (Seefelder in sod. 2006), vendar za enkrat še niso prenešeni v prakso. Markerji za kvantitativne lastnosti za uporabo še niso na voljo, čeprav je izdelava genetskih kart omogočila določitev kvantitativnih lokusov za vsebnost grenčic in količino pridelka (Čerenak in sod. 2009; Čerenak in sod. 2006), občutljivost na hmeljevo pepelovko (Henning in sod., 2011) in odpornost na verticilijsko uvelost hmelja (Jakše in sod., 2013).
Semena, sejančki in rastline hmelja se do faze cvetenja po videzu (morfološko) po spolu ne razlikujejo, šele v času cvetenja so očitne jasne razlike med moškimi in ženskimi rastlinami na podlagi morfologije cvetov. Postopek hitrega določevanja spola v zgodnji fazi razvoja hmeljne rastline bi bil pomembna pridobitev za žlahtniteljski program IHPS in za ostale zainteresirane inštitute. V okviru dosedanjih aktivnosti žlahtnjenja hmelja smo vzgajali vse sejančke v rastlinjaku in toplih gredah, ter jih nato posadili v hmeljišče ne glede na spol. Šele po enem ali dveh letih smo lahko glede na tip socvetja ločili moške rastline od ženskih. Moške cvetove smo nato pred cvetenjem porezali, da niso oprašili bližnjih komercialnih nasadov, saj osemenjeni storžki zmanjšujejo kakovost pridelka. Manjši del moških rastlin smo izkopali in presadili v nasad moških rastlin na Plevno, medtem ko smo večino moških rastlin trajno uničili. Zaradi navedenih dejstev bi nam predhodno določanje spola na stopnji sejančkov hmeljnih rastlin olajšalo in pocenilo delo žlahtnjenja hmelja, saj bi že pred sajenjem rastlin v hmeljišče izločili moške rastline hmelja.
V prispevku predstavljamo rezultate uporabe dveh molekulskih markerjev na 382 potomcih 15 družin križanj, z vključeno evropsko, ameriško in japonsko dednino hmelja. V teku je optimizacija sistema hkratnega PCR za določanje moškega spola pri križancih hmelja s štirimi moško- in enim nespolno-specifičnim markerjem.

2 Material in metode dela

2.1 MATERIAL

Na podlagi DArT (Diversity Array Technology) analize, v katero je bila vključena DNA 92 genotipov hmelja (Howard in sod., 2011), vključno s sortami, divjimi hmelji in potomci križanj z različno dednino, je bilo izbranih 8 markerjev tesno vezanih z moškim spolom

hmeljnih rastlin (Škof in sod., 2012). V postopku optimizacije so bili nadalje izbrani 4 pari začetnih oligonukleotidov, ki so bili analizirani na 157 genotipih z znanim spolom.
V nadaljevanju raziskave smo za preliminarno določanje spola z markerjema M1 in M28 izbrali 382 rastlin iz 15 družin križanj, izbranih na podlagi njihovega različnega genetskega izvora.

2.2 METODE DELA

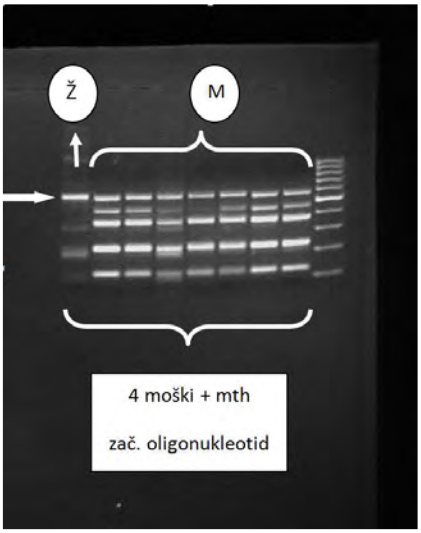
DNA hmelja je bila izolirana po uveljavljenem protokolu (Kump in Javornik, 1996). V primeru določanja spola 1000 križancem hmelja smo DNA izolirali s skrajšanim postopkom inkubacije rastlinskega materiala v pufru oz. topilih.
Pari začetnih oligonukleotidov so bili izbrani iz DaRT zaporedij s programom Primer3. Nato so bili optimizirani pogoji namnoževanja v PCR reakciji. Namnoževanje 4 markerjev (M1, M2, M4 in M28) je bilo preverjeno na 115 ženskih in 42 moških rastlinah, pri čemer smo vključili tako sorte, divje genotipe kot tudi križance hmelja.
Namnoženi DNA fragmenti so bili ločeni z agarozno elektroforezo, na kar so bili izvrednoteni glede na prisotnost oz. odsotnost namnoženega DNA fragmenta.
382 rastlin iz 15 družin križancev je bilo posajenih spomladi 2013 v poskusno hmeljišče SN-11 na IHPS, na kar je bil nasad oskrbovan v skladu z dobro agronomsko prakso. V času cvetenja, v juniju in juliju 2013 ter 2014 smo določili spol glede na morfologijo socvetij.
Po opravljenih analizah smo dobljene rezultate molekulskih analiz primerjali s fenotipskimi ocenami.

3 Rezultati z diskusijo

Nobeden izmed 4 DArT moških markerjev se ni namnožil pri katerikoli ženski rastlini, vključeni v raziskavo, kar kaže na popolno vezavo vseh štirih markerjev. Pri manjšem številu japonskih ali severno ameriških moških genotipov se posamezen marker ni namnožil, vendar pa se je s kombinacijo rezultatov namnoževanja preostalih markerjev vedno potrdil pričakovani moški spol. Glede na to smo pričeli z optimizacijo hkratne PCR metode, s čimer bo z visoko verjetnostjo možno napovedati moški oz. ženski spol hmeljne rastline.
Rezultati z uporabo dveh markerjev, M1 in M28, v ločenih PCR reakcijah pri potomcih 15 družin križanj so predstavljeni v preglednici 1. Kot je razvidno, se delež določenega moškega spola povečuje s številom uporabljenih markerjev, in sicer od 66 in 77 % pri posameznem markerju do 88 % določitve moškega spola z uporabo rezultatov obeh markerjev. Nedvoumno je bil pravilno določen spol pri vseh 318 ženskih rastlinah in 56 moških rastlinah (izmed 64 v poskusu), kar predstavlja 98 % populacije, vključene v raziskavo.
Optimizacija hkratne PCR reakcije zaenkrat kaže na možnost pomnoževanja večih markerjev v eni reakciji. Slika 1 prikazuje začetne rezultate analize. Moške rastline v predstavljenem gelu so bile izbrane tako iz azijske, ameriške kot evropske dednine. Razvidni so različni DNA odtisi pri moških rastlinah glede na DNA profil ženske rastline (slika 1).

Preglednica 1: Rezultati namnoževanja DNA 382 križancev iz 15 družin križanj z dvema markerjema, tesno vezanima z moškim spolom hmelja, v primerjavi s fenotipskimi rezultati. Ž-ženski; M-moški; M-z M28 – moški spol določen z namnoževanjem markerja M28; M-z M1 - moški spol, določen z namnoževanjem markerja M1; M-z M28+M1 - moški spol, določen z namnoževanjem markerjev M28 in M1.

Oznaka križanja	Št. rastlin	Ženski fenotip	Moški fenotip	M - z M28	M - z M1	M – z M28+M1
2	41	32	9	6	8	8
5	18	15	3	2	3	3
13	7	6	1	0	1	1
17	43	35	8	1	3	3
18	32	24	8	6	6	8
23	34	22	12	9	9	11
26	9	8	1	1	1	1
35	20	16	4	3	4	4
41	11	11	0	0	0	0
46	10	9	1	1	0	1
49	12	12	0	0	0	0
50	12	11	1	1	1	1
57	49	38	11	8	9	11
67	51	47	4	3	3	3
81	33	32	1	1	1	1
Vsota	382	318	64	42	49	56
Delež pravilno določenega spola (%)		*100*	*100*	*94*	*96*	*98*



Slika 1: Namnoževanje štirih moško specifičnih DNA fragmentov pri 1 ženski (1. kolona, oznaka Ž) in 7. moških rastlinah (2. – 8. kolona, oznaka M). Zadnja kolona v agaroznem gelu je kontrolni dolžinski DNA marker. Puščica označuje izbrano zaporedje iz mitohondrijskega genoma, namnoženega pri vseh rastlinah hmelja ne glede na njen spol. Ta marker nam potrdi, da je PCR reakcija uspela in da nepomnoževanje ni posledica tehnične napake.

4 Sklepi

V raziskavi so bili izmed 730 polimorfnih markerjev, objavljenih v predhodni študiji mednarodnega konzorcija (Howard in sod., 2011), uspešno izbrani štirje za določitev moškega

spola pri hmeljnih rastlinah. Po optimizaciji v PCR reakcijah sta bila dva izmed njih preliminarno vključena v določanje spola 382 rastlinam, kjer je bil z uporabo obeh markerjev pravilno določen spol pri 88 % moških rastlin in 100 % ženskih rastlin, oz. pri 98 % potomcev vključenih v poskus iz različnih družin križanj. Glede na pričakovan višji delež določenega moškega spola z uporabo več markerjev je v teku optimizacija hkratne PCR metode z uporabo 4 markerjev tesno povezanih z moškim spolom hmelja.

V teku je določanje spola pri populaciji 1000 križancev hmelja iz različnih družin križanj, ki so del žlahtniteljskega programa IHPS in so predvideni za sajenje spomladi 2015, po opravljeni molekulski določitvi spola. Sajenje le ženskih rastlin na žlahtniteljske površine v okolici komercialnih hmeljišč bo v prihodnjih letih pomenilo precejšnje zmanjšanje stroškov obdelave nasadov in stroškov dela, povezanih s pravočasnim preprečevanjem cvetenja moških rastlin.

Predstavljena raziskava je prva do sedaj poznana v slovenskem okolju, kjer se v žlahtniteljski program direktno uvaja molekulske markerje. Hkrati z razvojem metode se potrjuje tudi ekonomska upravičenost uporabe predstavljenih markerjev v programu žlahtnjenja hmelja.

Zahvala

Raziskava je finančno podprta iz Agencije za raziskovalno dejavnost RS (P4-0077) in iz sredstev Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, Javna služba v hmeljarstvu, Žlahtnjenje hmelja.

5 Literatura

Čerenak, A., Šatović, Z., Javornik, B. 2006. Genetic mapping of hop (*Humulus lupulus* L.) applied to the detection of QTLs for alpha-acid content. Genome, 49: 485-494

Čerenak, A., Šatović, Z., Jakše, J., Luthar, Z., Carović-Stanko, K., Javornik, B. 2009. Identification of QTLs for alpha acid content and yield in hop (*Humulus lupulus* L.). Euphytica, 170: 141-154

Henning, J.A., Townsend, M.S., Gent, D.H., Bassil, N., Matthews, P., Buck, E., Beatson, R. 2011. QTL mapping of powdery mildew susceptibility in hop (*Humulus lupulus* L.). Euphytica, 180: 411-420

Howard, E. L., Whittock, S., Jakše, J., Carling, J., Matthews, P., Probasco, G., Henning, J. A., Darby, P., Čerenak, A., Javornik, B., Kilian, A., Koutoulis, A. 2011. High-throughput genotyping of hop (*Humulus lupulus* L.). Utilising diversity arrays technology (DArT). Theoretical and Applied Genetics, 122: 1265-1280

Jakše, J., Čerenak, A., Radišek, S., Šatović, Z., Luthar, Z., Javornik, B. 2013. Identification of quantitative trait loci for resistance to Verticillium wilt and yield parameters in hop (*Humulus lupulus* L.). Theoretical and Applied Genetics, 126: 1431-1443

Jakše, J., Štajner, N., Kozjak, P., Čerenak, A., Javornik, B. 2008. Trinucleotide microsatellite repeat is tightly linked to male sex in hop (*Humulus lupulus* L.). Mol Breed, 21: 139-148

Kump, B., Javornik, B. 1996. Evaluation of genetic variability among common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) populations by RAPD markers. Plant Sci, 114: 149-158

Patzak, J., Vejl, P., Skupinova, S., Nesvadba, V. 2002. Identification of sex in F_1 progenies of hop (*Humulus lupulus* L.) by molecular marker. Rost Vyroba, 48: 318-321

Polley, A., Seigner, E., Ganal, M.W. 1997. Identification of sex in hop (*Humulus lupulus*) using molecular markers. Genome, 40: 357-361

Seefelder, S., Lutz, A., Seigner, E. 2006. Development of molecular markers for powdery mildew resistance to support breeding for high quality hops. Monatsschrift Brauwiss, 59: 100-104

Škof, S., Jakše, J., Čerenak, A., Howard, E. L., Whittock, S., Koutoulis, A., Javornik, B. 2012. Novel hop male markers from DArT sequences. V: III International Humulus Symposium, 9th - 14th 2012, Žatec, Češka republika : knjiga povzetkov: 34

Uporaba mutacijske analize za proučevanje virulentnosti fitopatogene glive, povzročiteljice verticilijske uvelosti pri hmelju (*Humulus lupulus*) - prispevek k razvoju novih metod kontrole bolezni

Marko FLAJŠMAN[52], Stanislav MANDELC[53], Sebastjan RADIŠEK[54], Branka JAVORNIK[55]

Izvleček
Rastlinski patogeni močno vplivajo na količino in na kakovost pridelka. Čeprav se proti fitopatogenom borimo na številne načine, le-ti zelo hitro razvijajo odpornost na različne strategije njihovega zatiranja. Zato je potrebno vedno znova izboljševati in razvijati nove načine kontrole rastlinskih bolezni. To pa je mogoče le z dobrim poznavanjem interakcij med rastlino in patogenom. Proučevanje virulentnosti nekega patogena poteka s funkcijsko analizo kandidatnih genov, kjer je eden izmed pristopov izbijanje kandidatnih virulentnih genov (angl. konck-out) iz genoma patogena. Z metodo izbijanja genov smo vzpostavili protokol za pridobivanje knock-out mutantov fitopatogene glive *Verticillium albo-atrum*, ki na hmelju povzroča verticilijsko uvelost in na ta način omogočili funkcijsko analizo tega za slovensko hmeljarstvo pomembnega fitopatogena. Z umetnim okuževanjem več rastlinskih vrst (paradižnik, tobak, jajčevec, riček in navadni repnjakovec) z divjim tipom glive smo poskušali najti rastlinsko vrsto, ki bi v testiranjih virulentnosti glive nadomestila hmelj, ki je sicer primarni gostitelj glive, vendar pa je njegova uporaba v fitopatogenih testih težavna. Nobena od testiranih rastlin se ni izkazala za primerno.
Ključne besede: *Verticillium albo-atrum*, hmelj, izbijanje genov, umetno okuževaje

Use of mutation analysis for studying the virulence of the phytopathogen which is causative agent of Verticillium wilt on hop (*Humulus lupulus*) – distribution to the development of new strategies of disease control

Abstract
Plant pathogens not only decrease crop yields, they also reduce crop quality. Although a constant fight is waged against phytopathogens, in many different ways, they continue to develop resistance to existing strategies of pathogen control. New methods of protection against plant diseases must therefore be developed and existing methods improved. This is only possible by a better understanding of plant-pathogen interactions. One of functional analysis approaches for studying pathogen virulence is knock-out of the candidate virulence gene from the pathogen genome. We applied the knock-out technique to establish a protocol for generating knock-outs of *Verticillium albo-atrum*, which causes Verticillium wilt on hop. The protocol enables functional analysis of this phytopathogen, which is a major threat to the Slovenian hop industry and a chronic economic problem for hop production in Slovenia. A wild type of *V. albo-atrum* for artificial infection of various plant species (tomato, tobacco, eggplant, camelina and *Arabidopsis thaliana*) was used in order to obtain more useful plant species for testing knock-out mutant virulence, which would replace the use of hop in this pathosystem. Although hop is the primary host of *V. albo-atrum*, its use as a test plant in testing *V. albo-atrum* virulence is fairly difficult. However, none of the plant species was shown to be a suitable replacement for hop.
Kej words: *Verticillium albo-atrum*, hop, gene knock-out, artifical infection

Sezam okrajšav: Vaa = *Verticillium albo-atrum*, KO = knock-out, USER = uracil-specific excision reagent, *E. coli* = *Escherichia coli*, ATMT = *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation, PCR = polymerase chain reaction

[52] Univ. dipl. bioteh., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marko.flajsman@bf.uni-lj.si
[53] Dr., prav tam, e-pošta: stanislav.mandelc@bf.uni-lj.si
[54] Dr., Inštitut za hmejarstvo in pivovarstvo Slovenije, C. žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si
[55] Prof., dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: branka.javornik@bf.uni-lj.si

1 Uvod

Rastlinski patogeni ne samo drastično zmanjšujejo pridelke kmetijskih rastlin, ampak tudi znižujejo kakovost pridelkov s sproščanjem toksinov, ki so nevarni človeškemu zdravju. Zaradi nenehnega povečevanja števila svetovnega prebivalstva je prehrambena varnost ena izmed najpomembnejših mednarodnih politik. Glavna grožnja kmetijski proizvodnji je biotski stres v obliki glivnih, bakterijskih in virusnih patogenov. Kljub nekaterim uspešnim načinom zatiranja rastlinskih bolezni pa postajajo številni rastlinski patogeni vedno bolj odporni na pesticide in odporni na znane vire genetske odporosti (Gururani in sod., 2012; Boyd in sod., 2013; Oliver in Hewitt, 2014). Zato je potrebno vedno stremeti k izboljšanju obstoječih načinov zatiranja fitopatogenov in k razvoju novih metod kontrole rastlinskih bolezni.

Verticilijska uvelost je bolezen, ki v Sloveniji prizadane hmelj. V Sloveniji verticilijsko uvelost povzročata dva hmeljna patotipa glive *Verticillium albo-atrum* (Vaa): patotip PG1, ki povzroča blago obliko bolezni, in patotip PG2, ki povzroča letalno obliko bolezni. Hmelj je primarni gostitelj slovenskih PG1 in PG2 patotipov (Radišek in sod., 2003). Simptomi ob napadu blage oblike so kloroza in odpadanje listov. Okužene rastline kažejo znake obolenja, vendar okužba običajno ni usodna za rastlino. Ob napadu letalne oblike pa pride do hitrega venenja vseh poganjkov in na koncu odmrtja celotne rastline. Letalne oblike virulentnih patotipov glive *V. albo-atrum* na hmelji so bile potrjene le v Angliji (1932), Sloveniji (1997) in v Nemčiji (2005) (Letna poročila IHPS, 2000-2013). Pri hmelju je na izbiro zelo omejeno število na verticilij odpornih sort, saj so naravni viri odpornosti omejeni (Jakše in sod., 2013). Leta 2013 se je hmelj v Sloveniji prideloval na 1166 ha (SURS, 2013), od katerih je bilo 38,77 ha (≈3,3%) okuženih z letalnim patotipom PG2 glive Vaa. Od prve najdbe letalne oblike verticilijske uvelosti hmelja v letu 1997 so to bolezen do leta 2013 potrdili na približno 200 ha hmeljišč. Večina okuženih hmeljišč je bila sanirana s štiri letno karantensko premeno. Bolezen je sedaj na posameznih posestvih zajezena, kjer pa se še vedno pojavlja, saj gre za talno glivo, ki jo je težko v celoti zatreti. Aktivna žarišča se večinoma pojavljajo v že okuženih nasadih (Letna poročila IHPS, 2000-2013).

Zatiranje povzročiteljev verticilijske uvelosti je zelo težavno, predvsem zaradi dolgoživosti spor in melaniziranega micelija v zemlji, zaradi širokega spektra gostiteljskih rastlin in zaradi neučinkovitosti fungicidov na delovanje patogena, ko se ta že nahaja v rastlini. Najučinkovitejši način za obrambo pred povzročitelji verticilijske uvelosti tako še vedno ostaja uporaba odpornih kultivarjev rastlin. Težava je v tem, da pri vseh kmetijsko pomembnih vrstah, katere napadajo fitopatogeni iz rodu *Verticillium*, ne poznamo virov naravne odpornosti (Klosterman in sod., 2009). Težava pri odkrivanju novih oblik zatiranja je tudi slabo poznavanje molekularnega mehanizma patogenosti, ki ga *Verticillium* spp. uporabljajo pri povzročanju obolenj. Če želimo razvijati nove metode kontrole bolezni, moramo dobro poznati patogena, ki bolezen povzroča. Samo poznavanje osnovnih mehanizmov delovanja nekega patogena lahko vodi v večje razumevanje povzročanja obolenj, ki se zaradi prisotnosti patogena pojavljajo na gostiteljskih rastlinah. Poznavanje mehanizmov patogenosti in fiziologije patogenov pa je temeljno znanje za razvoj novih oblik njihovega zatiranja in lahko bistveno pripomore k razvijanju novih metod preprečevanja in omejevanja širjenja (Klosterman in sod., 2011).

Pri določanju virulentnih dejavnikov fitopatogenih gliv se največ uporablja pristop izbijanja genov (angl. knock-out). Metoda temelji na pojavu homologne rekombinacije, ko se tarčni virulentni gen, ki ga želimo izbiti, zamenja s selekcijskim genom, ki omogoča transformantu preživetje na selekcijskem gojišču. Bolezenski fenotip transformantov z izbitim kandidatnim virulentnim genom se nato preizkuša z umetnim okuževanjem testnih rastlin. Simptome na

rastlinah, ki jih povzroča transformant z izbitim kandidatnim virulentnim genom, se primerja s simptomi, ki jih povzroča divji tip patogena in na ta način ugotavlja vpliv izbitega gena na virulentnost. Če je virulenca transformanta zmanjšana, to pomeni, da ima izbiti gen neko vlogo v virulentnosti patogena.
V zadnjih letih se izbijanje genov kot pristop funkcijske genomike množično in zelo uspešno uporablja za določanje virulentnih dejavnikov najrazličnejših rastlinskih patogenov. *Verticillium dahliae* in Vaa predstavljata najnevarnejša patogena iz rodu *Verticillum*, saj skupaj okužujeta preko 200 različnih rastlinskih vrst in povzročata zelo veliko ekonomsko škodo (Agrios, 1997). Za vrsto *V. dahliae* je odkritih že več genov, ki so povezani s patogenezo glive (Liu, 2013). Na drugi strani pa je Vaa zelo slabo raziskana vrsta, saj je bil do sedaj s funkcijsko analizo potrjen samo en gen, ki je udeležen v virulenci te glive (Durrands in Cooper, 1988). Namen tega prispevka je predstaviti prvi uspešno vzpostavljen protokol za izbijanje genov iz visoko virulentnega patotipa glive Vaa, povzročiteljice verticilijske uvelosti pri hmelju. Prav tako je namen predstaviti rezultate testov umetnega okuževanja večih rastlinskih vrst (paradižnik, tobak, jajčevec, riček, navadni repnjakovec, navadna konoplja), ki so bili izvedeni z namenom odkriti primernega gostitelja za nadaljnja testiranja transformantov z izbitimi kandidatnimi virulentnimi geni.

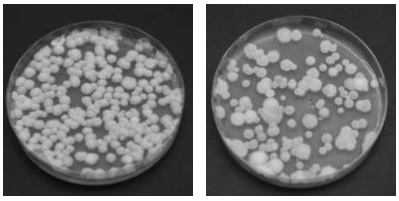
2 Materiali in metode dela

Za pripravo plazmida za izbijanje genov smo uporabili tehniko „USER (uracil-specific excision reagent) Friendly cloning technique“, ki omogoča kloniranje homolognih sekvenc v vektor z negativno selekcijo in s tem pripravo knock-out (KO) vektorja v enem koraku (Frandsen in sod., 2008). Izbijanje genov temelji na homolgni rekombinaciji. Pripravili smo knock-out plazmida za dva gena (EEY18971 in VPL), za katera je bilo na proteinski ravni ugotovljeno, da sta prisotna v velikih količinah v okuženih rastlinah občutljivega kultivarja hmelja Celeia. Torej po metodi USER Friendly kloniranja, ko smo sestavili plazmid za KO tarčnega kandidatnega gena, je sledila transformacija KO plazmida v *E. coli*, PCR preverjanje *E. coli* kolonij in izbira kolonije s pravilno skloniraim plazmidom, namnoževanje izbranega KO plazmida v *E. coli* in izolacija plazmida. Nato smo izolirana plazmida elektroporirali v bakterijo *Agrobacterium tumefaciens*. Uspešnost USER kloniranja smo določili tako, da smo število *E. coli* kolonij s pravilno skloniranim plazmidom delili s številom vseh kolonij, ki smo jih preizkušali s PCR testom.
Transformacija patotipa PG2 glive Vaa je potekala z metodo ATMT (*Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation). Celice *A. tumefaciens* smo gojili do optične gostote (OD) 0,5 in jih v razmerju 1:1 zmešali s sporami Vaa, koncentracije 10^6/mL. Mešanico smo inkubirali 3 dni na indukcijskem gojišču (IM), nato pa prestavili na selekcijsko gojišče (Czapek-Dox), ki je vsebovalo antibiotika timentin in higromicin. Po 5 dneh inkubacije na sobni temperaturi so se pojavile kolonije transformantov. Iz transformatov smo izolirali DNK in naredili PCR preverjanje, da smo potrdili, kateri so pravi knock-out mutanti.
Za testiranje virulentnosti blagega in letalnega patotipa na testnih rastlinah je potrebno izbrati testno rastlino. Primarni gostitelj Vaa je hmelj. Zato bi bil tudi najbolj primeren gostitelj za testiranje virulentnostni KO mutantov. Vendar je uporaba hmelja kot testne rastline težavna v večih pogledih: hmelj je trajnica, ki vsako leto požene iz podzemnih rizomov. To se zgodi samo v primeru, če je bila rastlina podvržena nizkim temperaturam (dormanca). Vzgoja izenačenih sadik je težavna in zahtevna. Prav izenačenost rastlinskega materiala ima ključno vlogo pri patogenih testih. Zaradi dormance so testne rastline hmelja na voljo samo dobro polovico leta (od marca do oktobra). Začetni simptomi okužbe so vidni šele 3 tedne po

okuževanju, rastline je potrebno spremljati tudi do 8 tednov po okuževanju. Z namenom pridobiti bolj uporaben rastlinski model za testiranje KO mutantov, smo preizkušali naslednje rastlinske vrste: paradižnik (*Solanum lycopersicum*), tobak (*Nicotiana benthamiana*), jajčevec (*Solanum melongena*), riček (*Camelina sativa*) in navadnji repnjakovec (*Arabidopsis thaliana*). Trenutno imamo v testiranju še navadno konopljo (*Cannabis sativa*). Semena rastlin smo posadili v zemljo in gojili pri 24 °C v 16/8 ur dnevno/nočnem ciklu. Do 14 dni stare rastline smo okuževali z metodo namakanja korenin v suspenzijo spor letalnega in blagega patotipa s koncentracijo 10^6 na mL (okuževali smo po 10 rastlin z vsakim patotipom), nato smo jih posadili v zemljo v lončkih in po preteku določenega časa (19 dni ali več)v istih rastnih razmerah ocenili razvoj bolezenskih znakov. Vzorec bolezenskih znakov na novih testnih rastlinah smo primerjali z vzorcem bolezenskimh znakov na primarnem gostitelju, t.j. hmelju.

3 Rezultati z diskusijo

Učinkovitost kloniranja dveh plazmidov za izbijanje genov je bila 32 % za gen EEY18971 in 18 % za gen VPL. Čeprav je bila dosežena učinkovitost „USER Friendly“ kloniranja precej nižja v primerjavi z literaturo (Frandsen in sod., 2008), se je navedena metode izkazala za zelo uporabno, saj sta njeni prednosti predvsem enostavnost in hitrost izvedbe. Z ATMT metodo smo pridobili 50-100 transformantov na 10^7 spor (slika 1). V povprečju je bil eden od petih testiranih transformantov pravi knock-out mutant, ki smo ga potrdili s PCR testiranjem.

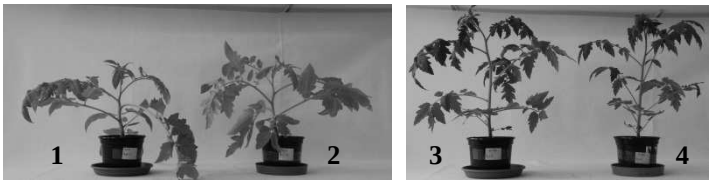


Slika 1: Kolonije transformantov na selekcijskem gojišču za gen EEY18971 (levo) in gen VPL (desno)

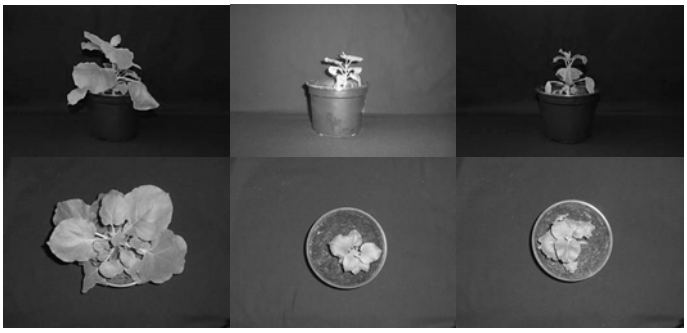
Verticilijsko uvelost povzročata dva hmeljna patotipa glive Vaa, blagi in letalni. Medtem ko blagi patotip povzroča blage simptome okužbe na hmelju, letalni patotip rastlino ubije (slika 2). Zaradi zahtevnosti testiranja Vaa na hmelju smo želeli pridobiti novo testno rastlinsko vrsto, ki bi omogočala enostavnejše testiranje KO mutantov Vaa. Vendar bi moral biti bolezenski fenotip nove testne rastlinske vrste ob okužbi z divjim tipom Vaa enak kot pri hmelju, torej blagi patotip bi moral povzročati blage simptome okužbe, medtem ko bi moral letalni patotip privesti do hudih simptomov venenja in tudi do odmrtja rastline. Z blagim in letalnim patotipom Vaa smo okuževali naslednje rastline: paradižnik (*Solanum lycopersicum*) (slika 3) – v testiranja je bil vključen samo letalni patotip Vaa, za katerega se je izkazalo, da na paradižniku ne povzroča nobenih simptomov obolenja, torej Vaa iz hmelja ne povzroča obolenj na testiranem paradižniku; tobak (*Nicotiana benthamiana*) (slika 4); jajčevec (*Solanum melongena*) (slika 5); riček (*Camelina sativa*) (slika 6) in navadnji repnjakovec (*Arabidopsis thaliana*) (slika 7). Za tobak, jajčevec, riček in navadnji repnjakovec se je izkazalo, da tako letalni kot tudi blagi patotip povzročata hude simptome obolenja pri vseh testnih rastlinah ene vrste, kar ni v skladu z zahtevo, da mora biti bolezenski fenotip nove testne rastlinske vrste ob okužbi z Vaa enak kot pri hmelju, kjer blagi patotip malo prizadane

rastlino in letalni patotip rastlino ubije (slika 2). Zaradi omenjenega razloga v tem testu preizkušenih rastlinskih vrst ne moremo uporabljati kot testni model za okuževanje s KO mutanti Vaa in testiranje njihove virulence.

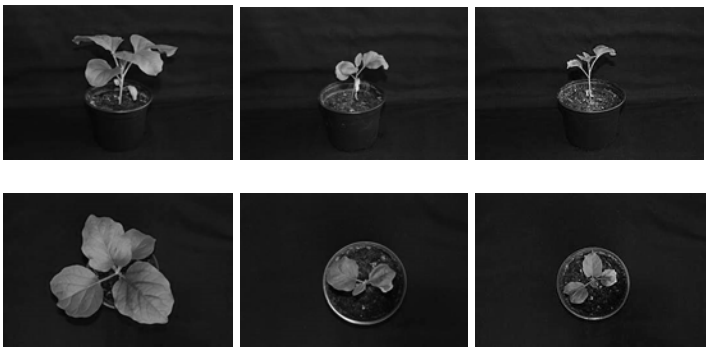
Slika 2: Hmelj (levo – neokužene rastline; sredina – simptomi okužbe z blagim patotipom; desno – simptomi okužbe z letalnim patotipom)



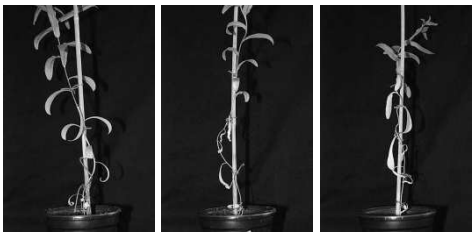
Slika 3: Paradižnik, fenotip rastlin 26 dni po okuževanju (1 in 2 – sorta MoneyMaker (1 – neokužena rastlina; 2 – rastlina, okužena z letalnim patotipom), 3 in 4 – sorta Ailsa Craig (3 – neokužena rastlina; 4 – rastlina, okužena z letalnim patotipom))



Slika 4: Tobak, fenotip rastlin 28 dni po okuževanju (prvi stolpec: neokužene rastline, drugi stolpec: okuženo z blagim patotipom; tretji stolpec: okuženo z letalnim patotipom. Prva vrstica: pogled rastlin od spredaj; druga vrstica: pogled rastlin od zgoraj)



Slika 5: Jajčevec, fenotip rastlin 21 dni po okuževanju (prvi stolpec: neokužene rastline, drugi stolpec: okuženo z blagim patotipom; tretji stolpec: okuženo z letalnim patotipom. Prva vrstica: pogled rastlin od spredaj; druga vrstica: pogled rastlin od zgoraj)



Slika 6: Riček, fenotip rastlin 41 dni po okuževanju (levo – neokužena rastlina; sredina – rastlina, okužena z blagim patotipom; desno – rastlina, okužena z letalnim patotipom)

Slika 7: Navadni repnjakovec, ekotip Shakdara, fenotip rastlin 24 dni po okuževanju (levo – neokužena rastlina; sredina – rastlina, okužena z blagim patotipom; desno – rastlina, okužena z letalnim patotipom)

4 Sklepi

Izbruhi rastlinskih bolezni pričajo o nujnosti dobrega poznavanja interakcij med rastlino in patogenom ter o potrebi uporabe tega znanja v strategijah zaščite rastlin (Boyd, 2013). Poznavanje ne samo obrambnih odzivov rastlin in molekularnih mehanizmov, ki jih rastline uporabljajo pri zatiranju patogenov, ampak tudi molekul iz patogenov (efektorjev), ki v rastlinah povzročajo obolenja in/ali delujejo na imunski sistem ter sprožijo obrambni odziv rastlin, lahko vodi k izboljšanju odpornosti kmetjskih vrst ter uporabi teh znanj v žlahtnjiteljske namene (Bent in Mackey, 2007). Odkrivanje virulentnih genov bi lahko imelo tudi neposredno uporabo pri bodočem razvoju metode kontrole bolezni z malimi RNA molekulami (ang. siRNA). Nowara in sod. (2010) so odkrili, da se majhna RNA iz ječmena veže na določene mRNA molekule iz glive *Blumeria graminis*, povzročiteljice bolezni žitna pepelovka in s tem močno zmanjša pojav simptomov bolezni na ječmen (Nowara in sod.,

2010). Na ta način bi bilo mogoče uporabiti mehanizem utišanja tarčnih genov različnih patogenov preko majhnih RNA in tako pridobiti rastline, odporne proti številnim fitopatogenom (Duan in sod., 2012).
Eden izmed pristopov za funkcijsko karakterizacijo efektorjev glivnih fitopatogenov je metoda izbijanja genov. V naši raziskavi smo uspešno vzpostavili protokol za pridobivanje knock-out mutantov fitopatogene glive Vaa, povzročiteljice verticilijske uvelosti pri hmelju. V poskusih testiranja virulentnosti blagega in letalnega patotipa na testnih rastlinah paradižnik, tobak, jajčevec, riček in repnjakovec smo ugotovili, da nobena od teh rastlinskih vrst ni primeren model za nadaljnja testiranja viruletnosti KO mutantov, saj vzorec okužbe z blagim in letalnim patotipom teh rastlin ni enak vzorcu okužbe, ki se pri okuževanju z blagim in letalnim patotipom pojavi na primarnem gostitelju hmelju. Zato zaenkrat ostaja hmelj edina primerna rastlinska vrsta za testiraje virulentnosti glive Vaa.

5 Literatura

Agrios, G.N. 1997. Plant Pathology. 4rd edition. San Diego, Academic Press: 635 str.

Bent, A.F., Mackey, M D. 2007. Elicitors, Effectors, and R Genes: The New Paradigm and a Lifetime Supply of Questions. Annual Review of Phytopathology, 45: 399-436

Boyd, L.A., Ridout, C., O'Sullivan, D.M., Leach, J.E., Leung, H. 2013. Plant-pathogen interactions: disease resistance in modern agriculture. Trends in Genetics, 29: 233-240

Duan, C., Wang, C., Guo, H. 2012. Application of RNA silencing to plant disease resistance. Silence, 3: 5

Durrands, P.K., Cooper, R.M. 1988. Selection and characterization of pectinase-deficient mutants of the vascular wilt pathogen *Verticillium albo-atrum*. Physiological and Molecular Plant Patholog, 32: 343–362

Frandsen, R.J.N., Andersson, J.A., Kristensen, M.B., Giese, H. 2008. Efficient four fragment cloning for the construction of vectors for targeted gene replacement in filamentous fungi. BMC Molecular Biology, 9: 70-81

Gururani, M.A., Venkatesh, J., Upadhyaya, C.P., Nookaraju, A., Pandey, S.K., Park, S.W. 2012. Plant disease resistance genes: current status and future directions. Physiological and Molecular Plant Pathology, 78: 51–65

Jakše, J., Čerenak, A., Radišek, S., Šatović, Z., Luthar, Z., Javornik, B. 2013. Identification of quantitative trait loci for resistance to *Verticillium wilt* and yield parameters in hop (*Humulus lupulus* L.). Theoretical and Applied Genetics, 126: 1431-43

Klosterman, S.J., Subbarao, K.V., Kang, S., Veronese, P., Gold, S.E. 2011. Comparative genomics yields insights into niche adaptation of plant vascular wilt pathogens. Wilt Pathogens. PLoS Pathogens, 7(7): e1002137

Letna poročila Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS), 2000-2013

Liu, S.Y., Chen, J.Y., Wang, J.L., Li, L., Xiao, H.L., Adam, S.M., Dai, X.F. 2013. Molecular characterization and functional analysis of a specific secreted protein from highly virulent defoliating Verticillium dahliae. Gene, 529: 307-316

Nowara, D., Gay, A., Lacomme, C., Shaw, J., Ridout, C., Douchkov, D., Hensel, G., Kumlehn, J., Schweizer, P. 2010). HIGS: host-induced gene silencing in the obligate biotrophic fungal pathogen Blumeria graminis. Plant Cell, 22: 3130–3141

Oliver, R.P., Hewitt, H.G. 2014. Fungicides in Crop Protection, 2nd Ed., Oxf., Gutenberg Press: 183 str.

Radišek, S., Jakše, J., Simončič, A., Javornik, B. 2003. Characterization of *Verticillium albo-atrum* Field Isolates Using Pathogenicity Data and AFLP Analysis. Plant Disease, 87: 633-638

Statistični urad Republike Slovenije. Površine poljščin, Slovenija, 2014 - začasni podatki http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?ID=6535 (13. *nov. 2014*)

Ali je smiselno v Sloveniji ohranjati genski material koruze?

Ludvik ROZMAN[56]

Izvleček
Intenzivna uporaba visoko selekcioniranih sort v kmetijski pridelavi vodi k izgubi genske raznolikosti v kmetijstvu ter k zmanjšanju prilagodljivosti rastlin različnim stresnim dejavnikom okolja. Zato je ohranjanje genske raznovrstnosti eden od ključnih dejavnikov za doseganje trajnostne rabe kmetijskega prostora. K temu v veliki meri prispeva tudi hranjenje genskega materiala v genskih bankah. V okviru nacionalnega programa Slovenske rastlinske genske banke (SRGB) se na Biotehniški fakulteti v Ljubljani vzdržuje tudi genska banka koruze, ena od najstarejših in najobsežnejših genskih bank kmetijskih rastlin v Sloveniji. Prve populacije, ki jih vzdržujemo, so bile pridobljene že v začetku 50. let. V genski banki je hranjeno več kot 600 genotipov koruze, največ domačih populacij trdink ter iz njih vzgojenih samooplodnih linij. Ker je material hranjen pri temperaturi 4-6 °C, z do 8 % vlage v zrnju, je za dolgoročno ohranjanje živosti genskega materiala le-tega potrebno stalno obnavljati in razmnoževati na selekcijskem polju. Vzporedno poteka opis in vrednotenje po deskriptorjih IPGRI ter proučevanje drugih gospodarsko pomembnih lastnosti. Iz tega materiala je bilo vzgojenih in vpisanih v sortno listo 6 hibridov koruze in sicer 1 trdinka (Lj-275t), 2 rumeni poltrdinki (Lj-280 in Lj-180), 1 bela poltrdinka (Lj-220w), 1 sladkorka (Zarja) in 1 pokovka (PopSkom). Rezultati dela potrjujejo, da hranimo vreden material, ki bi ga bilo potrebno intenzivneje vključiti v nadaljnje žlahtnjenje.
Ključne besede: genska variabilnost, koruza, genska banka, deskriptorji IBPGR, *Hbr* markerji, populacije, linije

Does it make sense to preserve maize germplasm in Slovenia?

Abstract
Intensive use of modern highly improved cultivars in agricultural production leads to the increasing loss of genetic diversity and diminishing of plant adaptability to environmental stress. Therefore, the conservation of genetic diversity is one of the key factors of the sustainable use of agricultural land and soil. In this activity, gene banks appear to be extremely important. The maize gene bank is incorporated within the national program Slovenian Plant Gene Bank (SPGB), at the Biotechnical Faculty in Ljubljana. This gene bank is one of the oldest and the most comprehensive plant gene bank in Slovenia and includes classical populations, landraces, inbreds, interspecific hybrids and other maize materials. The first maize populations were collected in early 1950s. Presently, in our gene bank, there are more than 600 maize genotypes and most of them represent domestic landraces of flint typesof maize and selected inbreds. The moisture of the stored material (kernels) is 8 % and the storage temperature is 4-6 °C. The material are permanently multiplied in our breeding nursery. Multiplication is always associated with genetic breeding and morphological characterisation and evaluation according to the IPGRI descriptors. For the preserve gene bank materials we keep updated database about all crucial morpho-agronomic and breeding traits. Among the useful results of our work in maize gene bank there are six registered hybrids which can be found in the National List of Cultivars.
Keywords: genetic variability, maize, gene bank, IBPGR descriptors, *Hbr* markers, populations, inbreds

1 Uvod

Številni avtorji in raziskovalci s področja biodiverzitete opozarjajo, da ima biodiverziteta ključno vlogo pri vzdrževanju zdravega in trajnostnega ekosistema in je eden od predpogojev

[56] Dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: ludvik.rozman@bf.uni-lj.si

za pojav genske evolucije. Zaradi povečanja genske erozije se zmanjšuje evolucijska adaptabilnost, kar vodi do izginotja določenih vrst, sort ali genotipov/genov. Zato je ohranjanje biotske/genetske raznovrstnosti tako med vrstami kot znotraj vrst eden od ključnih dejavnikov za doseganje trajnostne rabe kmetijskega prostora in tal. Z uporabo gensko različnih sort se tako lažje prilagajamo zelo različnim biotskim in abiotskim dejavnikom oz. stresom, ki vladajo v okolju.

Ker je biodiverziteta zelo kompleksen pojem, sestavljen iz več področij, tudi s področja genske variabilnosti in genskih virov, lahko k temu prispevamo tudi z ohranjanjem rastlinskega genskega materiala. Žal pa vse bolj intenzivna uporaba visoko selekcioniranih sort v kmetijski pridelavi vodi k vedno večji izgubi genetske variabilnosti v kmetijstvu ter izgubi nekaterih domačih sort, ki so za določena območja ali namen uporabe neprecenljivega pomena. Heerwaarden in sod. (2009) navajajo, da so nekatere domače populacije koruze že toliko skrižane z novejšimi hibridi, da se pridelovalci teh sort tega niti ne zavedajo in te svoje, že precej skrižane sorte, smatrajo kot svoje originalne domače sorte.

Čeprav je mnogo genskega materiala že zbranega po genskih bankah tako v svetu kot doma, se vsi zavedamo, da še zdaleč ni zbran in shranjen ves genski material. V svetovnem merilu je v genskih bankah (ex-situ vzdrževanje) shranjenih v povprečju 60 % genskega materiala glavnih kmetijskih rastlin (Meyer in sod., 1998). Zato še vedno potekajo intenzivna prizadevanja za zbiranje in ohranjanje še obstoječih naravnih virov genske variabilnosti.

2 Genska banka koruze na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani

2.1 ZAČETKI IN DELA V ZVEZI Z GENSKO BANKO KORUZE

Začetki zbiranja in proučevanja domačih populacij koruze so se začeli v začetku 50. let prejšnjega stoletja, ko je prof. Mikuž s svojo ekipo začel zbirati in proučevati domače populacije koruze. Glavni namen zbiranja je bil, da se domače populacije ohrani in zavaruje pred skrižanjem s tujimi hibridi koruze. Takrat so se namreč začeli v Sloveniji širiti prvi hibridi koruze, predvsem poznejše ameriške zobanke. Če se takrat domače populacije ne bi zavarovale in shranile v genski banki, bi se skrižale s tujimi hibridi in izgubile svoje prvotne lastnosti, kot sta ranost, kakovost in prilagodljivost na domače rastne razmere. Večina teh populacij in iz njih vzgojenih linij se še danes hrani v genski banki na Biotehniški fakulteti.

Glavni namen dela na genski banki koruze je ohranjanje živosti oz. kalivosti semena vseh hranjenih vzorcev. Dela potekajo v skladu z dolgoročnim programom genske banke koruze, ki obsega pet glavnih aktivnosti:

- vzdrževanje in ohranjanje že obstoječe zbirke,
- vsakoletno postopno in sistematično obnavljanje in razmnoževanje hranjenih vzorcev,
- opisi in vrednotenje vzorcev po deskriptorjih IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources),
- sprotno dopolnjevanje že obstoječe zbirke z novimi vzorci, pridobljenimi na terenu,
- proučevanje genskega materiala na najpomembnejše gospodarske lastnosti.

Ves genski material koruze je v skladu s priporočili IPGRI-ja shranjen na način, ki omogoča srednjeročno shranjevanje neprodušno zaprtega semena (z do 8 % vlage v zrnju) v hladnem prostoru pri temperaturi 4–6 °C. Razmere, kjer je genski material hranjen, ves čas kontroliramo temperaturo in vlago v zrnju, po potrebi seme vzorcev dosušujemo ter kontroliramo kalivost semena, ki nam je, poleg količine semena, osnova za vsakoletno obnavljanje semena.

2.2 OBNAVLJANJE IN VREDNOTENJE HRANJENIH VZORCEV

Za vzdrževanje kalivosti semena oz. živosti genskega materiala je potrebno kontinuirano in sistematično vsakoletno obnavljanje semena, saj vzorce koruze hranimo na srednjeročni način, ki naj bi zagotavljal zadovoljivo kalivost do 20 let. Ker je ohranjanje živosti genskega materiala najvažnejši cilj vsake genske banke, ima ta aktivnost vsako leto prednost pred vsemi drugimi.

Razmnoževanje genskega materiala v naravni izolaciji je praktično nemogoče zaradi velikega števila genotipov v genski banki koruze. Koruza je namreč izrazita tujeprašnica, za katero je potrebna naravna izolacija vsaj 200 m. Zato potekata razmnoževanje in obnavljanje semena z umetno ročno izolacijo in opraševanjem na selekcijskem polju v Jablah pri Trzinu, kar je povezano z velikimi finančnimi stroški.

Zaradi specifičnosti materiala, ki se deli na populacije oz. sorte in na samooplodne linije, moramo vsak del materiala razmnoževati na drugačen način. Pri populacijah koruze, ki so sestavljene iz več različnih genotipov in imajo širšo genetsko strukturo, je potrebno z razmnoževanjem preko več generacij to strukturo obdržati. To bi bilo najzanesljivejše v naravni izolaciji, kjer se vse rastline med seboj po naključju prosto oprašijo. Ker se to zaradi velikega števila vzorcev v genski banki in velikih površin, ki so potrebne za tak način razmnoževanja, običajno ne izvaja, se moramo naravni oplodnji čimbolj približati z ročnim opraševanjem. Zato je potrebno za razmnoževanje populacij za medsebojno oplodnjo vzeti mešanico cvetnega prahu z najmanj 50 rastlin ene populacije in z njim oprašiti vse rastline te populacije, ki smo jim pred tem izolirali ženske cvetove. Čim manjše število rastlin za opraševanje ali izvor cvetnega prahu imamo na voljo, večja je verjetnost, da se zoži genetska struktura, da pride do izgube določenih genov ali se spremenijo bistvene lastnosti določene populacije.

Drugačen način obnavljanja semena poteka pri samooplodnih linijah. Ker je koruza enodomna rastlina z ločenimi moškimi in ženskimi socvetji, je za samooplodnjo potrebno izolirati vsako socvetje posebej. Da preprečimo kakršnokoli tujo oz. nezaželeno oprašitev moramo svilo na storžu (žensko socvetje) izolirati preden izbije svila iz ličja storža. Metlico (moški socvetje) pa izoliramo 24 ur pred opraševanjem. Cvetni prah koruze je v naravnih razmerah namreč kaljiv 24 ur, tako da v tem času kalivost le-tega propade. Vsako tako izolirano rastlino potem ročno oprašimo z lastnim cvetnim prahom, tako da prenesemo cvetni prah z metlice na svilo iste rastline.

Vzporedno z razmnoževanjem in obnavljanjem semena posejanih genotipov vsa leta izvajamo tudi opise po deskriptorjih IBPGR (IBPGR, 1991). To so mednarodni deskriptorji, ki so enotni zaradi primerjave in izmenjave genskega materiala, predlagani že leta 1991 s strani CIMMYT-a (Mexico City) in IBPGR-ja (Rim). To je druga najpomembnejša aktivnost pri genski banki koruze, saj nam le opisani genotipi dajo informacijo o vrednosti hranjenega genskega materiala. Poleg osnovnih »passport« podatkov, med rastno dobo ter po spravilu v laboratoriju pridobivamo še podatke za preliminarne (osnovne) opise ter za nadaljnje (podrobnejše) opise oz. vrednotenje. Pri vsakem genotipu je potrebno opise in meritve izvesti na 20 rastlinah oz. storžih. Vse to zahteva ogromno dodatnega dela, saj je samo pri osnovnih opisih potrebno ovrednotiti 20 morfoloških lastnosti rastlin oz. storžev. Pri podrobnejših opisih (nadaljnja karakterizacija in evalvacija) pa je potrebno dodatno opisati še 35 lastnosti. Če pri osnovnih opisih zadostuje npr. samo višina rastline, je pri nadaljnjem vrednotenju potrebno izmeriti še dolžino metlice, dolžino peclja in razvejanosti metlice, določiti število primarnih, sekundarnih in terciarnih stranskih metlic; ali npr. pri storžih, poleg barve zrnja je pri nadaljnjih opisih zrnja potrebno določiti še barvo perikarpa, alevrona in endosperma ter dimenzije zrna (dolžina, širina in debelina). Celoten seznam vseh deskriptorjev je naveden v

brošuri Descriptors for maize (IBPGR, 1991 – original v angleškem jeziku) in v diplomski nalogi (Rogelj, 2004 – v slovenskem jeziku).

2.3 DOPOLNJEVANJE – KOLEKCIONIRANJE NOVIH POPULACIJ KORUZE

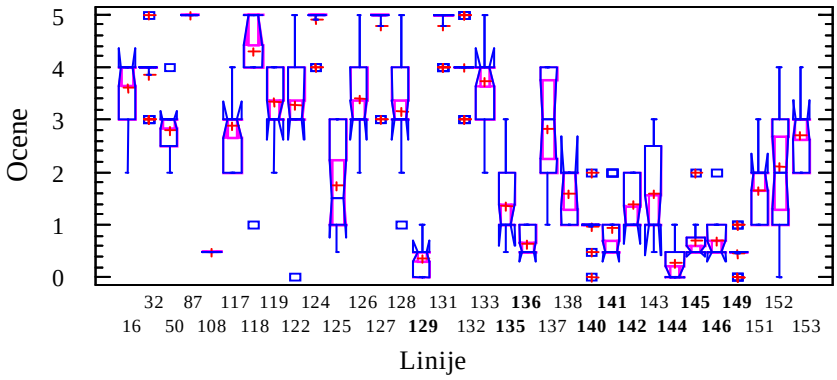
Obstoječo gensko banko vsa leta tudi dopolnjujemo z zbiranjem še razširjenih domačih populacij koruze po vsej Sloveniji. Ker dodatnega namenskega financiranja za ta namen v okviru genske banke ni bilo, smo kolekcioniranje domačih sort organizirali na razne druge načine. V letih 1980–81 smo s pomočjo študentov v okviru dveh diplomskih nalog (Koželj, 1982; Košir, 1982) na območju Primorske pridobili 25 novih populacij koruze. V letu 1982 smo kot rezultat udeležbe na kongresu in osebnega dogovora (3. kolokvij iz genetike in žlahtnjenja rastlin, Ljubljana, 1980) iz Črne gore pridobili 26 zelo ranih in kakovostnih trdink domačih črnogorskih populacij. V letu 1983–84 smo s pomočjo dijakov na takratni Srednji mlekarski in kmetijski šoli v Čirčah (Kranj) iz okolice Kranja pridobili še 12 novih populacij. V obdobju 1986–88 smo v okviru občinske raziskovalne naloge občin Radovljica in Jesenice na tem območju pridobili 40 novih populacij. Z ožjega območja Štajerske (Vojnik in Laško) smo v obdobju 1989–90 s pomočjo študenta agronomije Petra Oprčkala pridobili dodatnih 14 populacij. Zadnje kolekcioniranje smo izvedli v letih 2009–10 v okviru mednarodnega projekta SEEDNet, financiran s strani Švedske genske banke. V sklopu tega projekta smo iz različnih območij Slovenije pridobili skupno še 71 različnih domačih populacij (Simeonovska in sod., 2013). Trenutno imamo v genski banki shranjeno skupno več kot 600 genotipov koruze, od tega je največ domačih populacij in iz njih vzgojenih linij. Zbirka se stalno dopolnjuje s priložnostnim nabiranjem in pridobivanjem novih populacij.

2.4 PROUČEVANJE GENSKEGA MATERIALA KORUZE NA GOSPODARSKO POMEMBNE LASTNOSTI

Za hranjen genski material je izrednega pomena tudi, da ga poznamo oz. proučimo tudi na druge gospodarsko pomembne lastnosti. Zato naš genski material tudi proučujemo z namenom vključevanja v žlahtnjenje, ki se je začelo že ob samem začetku osnovanja genske banke koruze z vzgojo genotipov v smeri ranosti, kakovosti zrnja, prilagodljivosti in odpornosti na najpomembnejše bolezni in škodljivce. Predvsem na začetku je bil poudarek na ranosti in kakovosti (trdinke), saj so nekatere populacije bile izredno kakovostne glede vsebnosti beljakovin in olja (preglednica 1), iz katerih so bile kasneje s samooplodnjo vzgojene številne domače rane in kakovostne linije. Sledilo je preizkušanje kombinacijskih sposobnosti ter proučevanje tolerantnosti na fuzarioze in koruzno progavost z umetnim okuževanjem. Ugotovili smo, da hranimo genotipe, ki so tolerantni na proučevane bolezni (Modic in Rozman, 2002; Rozman in Kragl, 2003). Del rezultatov proučevanja odpornosti na koruzno progavost je prikazan na sliki 1.

V proučevanje genetske raznolikost populacij smo vključili še molekulske markerje *Hbr* (Rozman in sod., 2007; Kavar in sod., 2007), s pomočjo katerih smo ugotovili, da se populacije nabrane v Bohinju bistveno razlikujejo od populacij, nabranih na Štajerskem (slika 2).

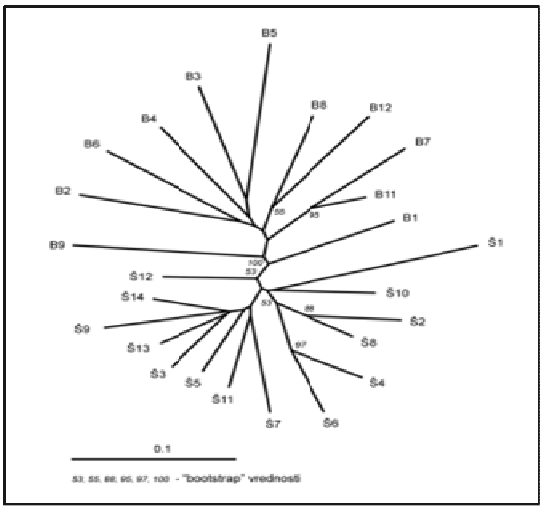
Z medsebojnim križanjem tolerantnih linij na koruzno progavost ter nadaljnjo večletno samooplodnjo, umetno okužbo in selekcijo tolerantnih genotipov smo samo iz enega križanca po F6 (S5) generacijah v letu 2004 vzgojili 52 različnih družin s precejšnjo stopnjo homozigotnosti (nad 95 %) z najmanj eno rastlino, ki je vsebovala gen *Ht* za odpornost proti koruzni progavosti (preglednica 2).



Slika 1: Odpornost nekaterih linij koruze iz genske banke na koruzno progavost, prikazana z okvirji z ročaji s Kruskal-Wallisovim testom (Rozman in Kragl, 2003)

Preglednica 1: Vsebnost olja in beljakovin v nekaterih populacijah v genski banki koruze

Populacija	% olja	% beljakovin
SP-1	5,23	12,54
SP-2	4,10	12,07
SP-3	5,36	10,55
SP-4	4,71	11,93
SP-5	4,31	13,66
SP-6	5,04	12,50
SP-7	5,03	12,53
SP-8	5,70	12,50
SP-9	4,74	9,92
SP-10	5,62	9,18



Slika 2: Porazdelitev populacij glede na izvor na osnovi Hbr markerjev (B – Bohinj; Š – Štajerska)

Preglednica 2: Število samooplojenih družin z najmanj eno rastlino, ki vsebuje gen za odpornost na glivo Exserohilum turcicum po F6 (S5) generaciji

Leto	Generacija	Skupno število proučevanih družin	Število družin z R/RS rastlinami	Skupno število samooplojenih družin	Število samooplojenih R/RS družin
2000	F2 (S1)	100	64	91	64
2001	F3 (S2)	273	188	91	74
2002	F4 (S3)	88	56	57	40
2003	F5 (S4)	60	34	58	29
2004	F6 (S5)	76	59	74	52

V letu 2004 smo z načrtnim križanjem tolerantnejših linij na fuzarioze storžev vzgojili 50 novih križancev. Žal smo, zaradi prenehanja dotoka sredstev iz programske skupine, te

raziskave leta 2004 na tej stopnji morali zaključiti. Več o rezultatih dela na genski banki in obširnejša literatura je objavljeno v Acti Agriculturae Slovenica (Rozman, 2012).

3 Praktični rezultati dela na genski banki in žlahtnjenju koruze

Poleg tega, da je v genski banki ohranjen skoraj ves genski material, nabran tudi že pred več kot 50. leti, smo kljub temu da v zadnjih 25 letih ni bilo nobenega financiranja za namene žlahtnjenja oz. vzgoje novih kultivarjev koruze iz domačega genskega materiala, vzgojili nekaj novih domačih hibridov koruze z oznako Lj-.
Že leta 1973 je bil vzgojen in vpisan v sortno listo prvi slovenski hibrid Lj-275t, vzgojen iz štirih domačih linij trdink. Hibrid je zelo kakovostna čista trdinka, je na seznamu avtohtonih sort, ga še razmnožujemo in je v prodaji. Drugi slovenski hibrid Lj-280 je bil potrjen leta 1976, je poltrdinka, za katerega vzdržujemo vse štiri starševske linije in oba starševska enojna križanca. V letu 1997 je bil na podlagi rezultatov večletnega preizkušanja v poskusih na Gorenjskem vpisan v sortno listo hibrid Lj-180, ranejša poltrdinka. Tudi ta hibrid je na seznamu avtohtonih sort in je tudi v prodaji. V letu 2008 je bil vpisan v sortno listo hibrid sladke koruze Zarja, zelo okusen hibrid za uporabo v mlečni zrelosti. Peti hibrid, vpisan v sortno listo leta 2011, je hibrid Lj-220w z zelo kakovostnim poltrdim belim zrnjem, namenjen predvsem za ljudsko prehrano. Zadnji vpisan hibrid v sortno listo je hibrid koruze pokovke PopSkom z zelo okusnim belim endospermom za pripravo domače pokovke.

4 Sklepi

Delo na genski banki temelji predvsem na vzdrževanju oz. ohranjanju genskega materiala. Obstoječi genski material je rezultat več kot 50 let trajajočega, neprekinjenega dela. Na podlagi prikazanih in objavljenih rezultatov lahko trdimo, da se v genski banki koruze na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani vzdržuje zelo pomemben genski material, kot so številne samooplodne linije ter lokalne populacije. To dokazujejo tudi praktični rezultati, saj je bilo iz tega materiala vzgojenih in vpisanih v sortno listo 6 hibridov koruze, kljub temu da v zadnjih 25 letih ni bilo nobenega namenskega financiranja za žlahtnjenje koruze. Z namenskim financiranjem tudi dela na žlahtnjenju koruze bi bilo omogočeno tudi nadaljevanje žlahtniteljskega dela na koruzi, rezultati žlahtnjenja pa temu primerno večji.

Zahvala
Zahvaljujem se MKGP RS za namensko dolgoletno financiranje dela na genski banki koruze že od leta 1993, pridelovalcem domačih sort za donacije vzorcev svojih sort ter vsem, ki so kakorkoli sodelovali pri aktivnostih genske banke koruze.

5 Literatura

IBPGR. 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome: 88 str.

van Heerwaarden, J., Hellin, J., Visser, R.F., van Eeuwijk, F.A. 2009. Estimating maize genetic erosion in modernized smallholder agriculture. Theor. Appl. Genet., 119: 875–888

Kavar, T., Meglič, V., Rozman, L. 2007. Diversity of Slovenian maize (*Zea mays* L.) populations by *Hbr* (MITE) markers and morphological traits. Russ. j. genet., 43, 9: 989-995

Košir, J. 1982. Prispevek k proučevanju zbranih sortnih populacij domače koruze na Primorskem. Diplomska naloga, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 76 str.

Koželj, J. 1982. Prispevek k zbiranju in proučevanju še razširjenih domačih sort in populacij koruze na Primorskem. Diplomska naloga, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 110 str.

Meyer, R., Revemann, Ch., Sauter, A. 1998. TA-Project: »Gentechnik, Zuechtung und Biodiversitaet«. Arbeitsbericht Nr. 55. http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/zusammenfassungen/TAB-Arbeitsbericht-ab055_Z.pdf (6. jan. 2015)

Modic, T., Rozman, L. 2002. Proučevanje odpornosti domačih populacij koruze (*Zea mays* L.) na koruzno progavost (*Exserohilum turcicum*/Pass./K.J. Leonard et E.G. Suggs). Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljubl., Kmet., 79, 1: 143-158

Rogelj, A. 2004. Opis nekaterih domačih populacij koruze (*Zea mays* L.) v skladu z deskriptorji IPGRI. Diplomsko delo, univerzitetni študij. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 71 str.

Rozman, L. 1996. Izboljšanje sortimenta koruze v Sloveniji z intenzivnejšim izkoriščanjem domačega genskega materiala. Zbornik predavanj »Žlahtnjenje rastlin in semenarstvo v Sloveniji«, strokovno posvetovanje, 7. marec 1996, Cankarjev dom, Ljubljana: 49-55

Rozman, L. 2012. Genska banka koruze v Sloveniji. Acta agriculturae Slovenica, 99, 3: 317-328

Rozman, L., Kavar, T., Meglič, V. 2007. Ocena dveh različnih skupin slovenskih populacij koruze s pomočjo morfoloških lastnosti in *Hbr* (MITE) markerjev. Acta agriculturae Slovenica, 89, 1: 233-243

Rozman, L., Kragl, M. 2003. Proučevanje odpornosti domačih linij koruze (*Zea mays* L.) na koruzno progavost (*Exserohilum turcicum* /Pass./K.J. Leonard et E.G. Suggs). Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljubl., Kmet., 81, 1: 25-38

Simeonovska, E., Gadžo, D., Jovović, Z., Murariu, D., Kondić, D., Mandić, D., Fetahu, S., Šarčević, H., Elezi, F., Prodanović, S., Rozman, L., Veverita, E., Kolev, K., Antonova, N., Thörn, E. 2013. Collecting local landraces of maize and cereals in South Eastern Europe during 2009 and 2010. Romanian Agricultural Research, 30: 37-43

Biotska raznovrstnost in genska erozija ajde v Sloveniji

Zlata LUTHAR[57]

Izvleček
Slovensko biotsko raznovrstnost pogojujejo različne talne, klimatske, geografske in zgodovinske razmere. Grobi, nepremišljeni posegi v okolje zmanjšujejo biotsko raznovrstnost, ki se odraža ne samo v naravnem okolju, ampak tudi v kmetijstvu. Z zmanjševanjem pridelovanja lokalnih populacij upada tudi število vrst, ki so bogatile setveni kolobar. Genska erozija v kmetijstvu je lahko zaradi pospeševanja ekonomsko zanimivih sort rastlin, pasem živali in sevov mikroorganizmov zelo drastična. Eden od pomembnih ciljev trajnostnega razvoja je tudi varovanje biotske raznovrstnosti in spodbujanje trajnostne uporabe genskih virov, ki so lahko profitna dopolnilna dejavnost na kmetijah. Biološka raznovrstnost lahko pomembno prispeva k ohranjanju in varovanju narave. Ajda ni samo v Sloveniji, ampak je bila tudi po priporočilu Bioversity International že leta 1993, uvrščena med najbolj ogrožene rastlinske vrste, ki imajo odločilno prednost pri zbiranju in hranjenju. To se je v Sloveniji pokazalo že veliko prej, saj so se površine posejane z lokalnimi populacijami ajd po letu 1970 občutno zmanjšale. Po letu 1980 je bila pri navadni ajdi v nekaterih območjih zaznana delna do popolna genska erozija, pri tatarski ajdi pa popolna genska erozija.
Ključne besede: biotska raznovrstnost, genski viri, genska erozija, trajnostni razvoj, genska banka, lokalna populacija, navadna ajda, tatarska ajda

Biodiversity and genetic erosion of buckwheat in Slovenia

Abstract
Slovenian biodiversity is conditional on different soil, climatic, geographic and historical situations. Rough, reckless interventions in the environment reduce biodiversity, which is reflected not only in the natural environment but also in agriculture. By reducing the production of local populations the number of species, that can enrich planting rotation, is also decreasing. Genetic erosion in agriculture can be very drastic by promoting economically interesting plant varieties, animal breeds and strains of microorganisms. One of the important goals of sustainable development is the protection of biodiversity and promoting the sustainable use of genetic resources, which may be profitable supplementary activity on farms. Biodiversity can make a significant contribution to the preservation and protection of nature. Buckwheat was not only in Slovenia, but also on the recommendation of Bioversity International, as early as 1993, ranked among the most endangered plant species, which have a decisive advantage in the collection and preservation. This was indicated in Slovenia much earlier, as the areas sown with local populations significantly decreased after 1970. In common buckwheat partial to complete genetic erosion was detected in some areas after 1980, while at the Tartary buckwheat complete genetic erosion was detected.
Key words: biodiversity, genetic resources, genetic erosion, sustainable development, gene bank, local population, common buckwheat, Tartary buckwheat

1 Biotska raznovrstnost in genska erozija

Biotska raznovrstnost ima zelo širok pomen, ki presega nacionalne interese in je opredeljena z mednarodno Konvencijo o biološki raznovrstnosti (1992). Konvencija definira biološko raznovrstnost kot raznolikost živih organizmov, ki vključuje kopenske, morske in druge vodne ekosisteme ter ekološke komplekse, katerih del so. Živi organizem je pojmovan v najširšem smislu in vključuje vse oblike od biološkega materiala do človeka. Zajeta oz. opredeljena je

[57] Izr. prof., dr., Biotehniška fakulteta, p.p. 95, 1000 Ljubljana, e-pošta: zlata.luthar@bf.uni-lj.si

raznovrstnost znotraj samih vrst, med vrstami in raznovrstnost ekosistemov. Osnovo za raznovrstnost predstavljajo geni in njihove alelne oblike. Prisotnost določene raznovrstnosti je odvisna od medsebojnega vpliva genov (alelov) in okolja ter človekovega vpliva oz. udejstvovanja. Človek je že od nekdaj predstavljal gonilno silo s tem, da je izkoriščal naravno raznolikost in si za svoje potrebe vzgojil sorte rastlin, pasme živali in seve mikroorganizmov. Z enostranskim gojenjem produktivnih sort, pasem in sevov, ki so zadostili človekove potrebe ter opuščanjem gojenja manj rodovitnih, tisti trenutek nezanimivih populacij, se je biotska raznolikost zelo zožila. Tako se je izgubilo veliko zanimivih lastnosti.

Zoževanje biotske pestrosti se odraža v delni, v končni fazi tudi v popolni genski eroziji. Prisotna je tako v kmetijstvu kot v naravnem okolju, če genski viri niso zbrani in primerno shranjeni v tako imenovanih zbirkah oz. genskih bankah. Po ocenah FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) iz leta 2010 je genska erozija v kmetijstvu zelo velika, vzrok zanjo je v pospeševanju gospodarsko pomembnih sort in pasem primernih za prehrano, delo, oblačila, šport itd. Do genske erozije v naravnem okolju prihaja zaradi izgube habitatov, kar je prav tako posledica človekovih aktivnosti.

Slovenija ima relativno veliko biotsko raznovrstnost, ki ima osnove v pedoklimatskih razmerah ozemlja in oblikovanosti pokrajine ter s tem povezanim stičiščem vsaj štirih fito-zoogeografskih območij: sredozemskega, dinarskega, panonskega in alpskega. V preteklosti so k ohranitvi pestrosti tega prostora nedvomno prispevale omenjene naravne danosti, ekonomsko-politične razmere, delno pa tudi zavestne, strokovne usmeritve in preudarna raba na področju gradbeništva, kmetijstva in gozdarstva. Ohlapnost in nespoštovanje zakonskih predpisov, grobi posegi v naravo ter klimatske spremembe lahko bistveno vplivajo na biotsko raznovrstnost.

2 Sprejetje evropske in svetovne zakonodaje o biotski raznovrstnosti

Z vstopom v Evropsko unijo je Slovenija uskladila z evropsko in posledično s svetovno tudi svojo zakonodajo s področja varstva okolja, ohranjanja narave, kmetijstva in gozdarstva. Za izvajanje novo sprejetih zakonov je bilo bistvenega pomena evidentiranje stanja na posameznih področjih. Na področju biotske raznovrstnosti je po Pregledu stanja biotske in krajinske pestrosti v Sloveniji (Agencija RS za okolje, 2001) in sprejeti Strategiji ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji (Ministrstvo za okolje in prostor, 2002) bilo nujno potrebno zbrati konkretnejše podatke o stanju biotske raznovrstnosti po posameznih skupinah organizmov. To se je potrdilo po letu 2002, ko je bil h Konvenciji o biološki raznovrstnosti (1992) sprejet Kartagenski protokol o biološki varnosti (2000), ki ga je Slovenija leta 2002 podpisala. Tudi tu se je pokazala vrzel in bilo je jasno, da država za izvajanje tega protokola potrebuje celovit pregled nad nacionalnimi genskimi viri in genskimi bankami, torej tudi nad zbirkami prosto živečih rastlinskih, živalskih in mikrobnih vrst ter njihovo raznolikostjo z namenom vzpostavljanja razmer in mehanizmov za njihovo *ex situ* varstvo. V tem obdobju se je z nekaterimi projekti v okviru ciljnih raziskovalnmih programov Konkurenčnost Slovenije 2001-2006 zbralo veliko informacij o stanju genskih bank kmetijsko in tehnološko pomembnih organizmov ter o zbirkah prosto živečih organizmov.

Kljub nekaj temeljito opravljenim študijam s tega področja (Pregled in ocena pogojev ter mehanizmov *ex situ* ohranjanja prostoživečih in kmetijskih rastlin, živali, mikroorganizmov in gliv v Sloveniji, 2003; Genski viri v kmetijstvu – od ohranjanja do trajnostne uporabe, 2013), so podatki o obstoječih zbirkah organizmov nepovezani in razdrobljeni. S tem se izgubljajo informacije o organizmih, ki bi lahko bili v bodoče s pomočjo raziskav in njihovih dognanj gospodarsko pomembni v kmetijski pridelavi in prehrani ter pri ohranjanju narave.

3 Ohranjanje in trajnostna raba genskih virov

Konvencija o biološki raznovrstnosti obravnava ohranjanje in trajnostno rabo genskih virov kot celovit in pomemben del ohranjanja narave. Omogoča tudi, da se koristi, ki izhajajo iz uporabe genskih virov, delijo pravično in pošteno. Na drugi strani pa sporazumi in konvencije, ki urejajo pravice iz patentov, omogočajo njihovo izkoriščanje, ki bi lahko prekomerno zmanjšalo ali ogrozilo gensko oz. biološko raznovrstnost. Zato si številna mednarodna združenja in organizacije kot so: UNEP (United Nations Environmental Programme), FAO, WIPO (World Intellectual Property Organization), WTO (World Trade Organization), CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) in druge, prizadevajo vzpostaviti ravnovesje in ohranjanje človeške blaginje ob hkratni harmonizaciji režimov koriščenja genskih virov in zaščiti pravic intelektualne lastnine.

Koncept trajnostnega razvoja je tesno povezan s predsedovanjem Brundtlandove komisiji Združenih narodov za okolje in razvoj. V poročilu te Komisije iz leta 1987 je navedeno: že danes si sposojamo okoljski kapital od prihodnjih generacij brez namena, da bi jim ga kdajkoli vrnili. Prav zaradi tega to poročilo predstavlja začetek koncepta trajnostnega razvoja. To je razvoj, ki upošteva potrebe sedanjosti, ne da bi onemogočil prihodnjim generacijam uporabo naravnih virov. Zahtevo po trajnostnem razvoju naj bi upoštevale vse države. Trajnostni razvoj je dolgoročen koncept okoljskih, ekonomskih in socialnih regulativ, ki naj bi bil neodvisen od trenutnih političnih usmeritev in državnih meja. Eden od prednostnih ciljev trajnostnega razvoja je tudi varovanje genske oz. biotske raznovrstnosti.

Mednarodna pogodba o rastlinskih genskih virih za hrano in kmetijstvo (ITPGRFA - International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture) sprejeta novembra 2001 pri FAO je naložila državam podpisnicam odgovornost in zavedanje pomembnosti genskih virov za prehransko varnost sveta ter nevarnosti zmanjševanja genske raznovrstnosti in pojava genske erozije. Cilj te pogodbe je ohranjanje in sonaravna uporaba rastlinskih genskih virov ter pravična delitev koristi, ki izhajajo iz njihove uporabe v kmetijstvu in prehranska varnost. Aktivnosti za dosego teh ciljev lahko pomembno prispevajo k ohranjanju krajinske, vrstne in genske raznovrstnosti. Tam, kjer je to ogroženo zaradi naravnih sprememb in človekovih posegov se lahko genske vire zbere, popiše in shrani.

4 Sistematično zbiranje in hranjenje rastlinskih genskih virov

Po prvi svetovni vojni se je začelo sistematično proučevati različnost rastlinskih vrst. Med prvimi, ki je začel s sitematičnim proučevanjem območij z veliko gensko raznolikostjo in tudi z zbiranjem kulturnih rastlinskih vrst ter njihovih divjih sorodnikov, je bil N. I. Vavilov (1887 – 1943). Na odpravah, ki jih je vodil v obdobju 1916 – 1943 je s sodelavci ugotovil, iz katerih območij na svetu izvirajo kmetijske rastline in opravil osnovne popise ter na podlgi tega določil osem gencentrov oz. genskih središč. Njegovo delo predstavlja prvo dokumentirano raziskavo gencentrov in proučevanje izvora posameznih gojenih rastlin po svetu, tudi izven gencentrov. S svojim pristopom k zbiranju, opisovanju, analiziranju in hranjenju je utemeljil načela, ki še danes veljajo pri organizaciji in delu genskih bank. Vavilov je bil prepričan, da je svetovni genski sklad neizčrpen (Vavilov, 1926).

Kmalu po drugi svetovni vojni je postajalo čedalje bolj jasno, da je raznolikost genskih virov zelo ranljiva in tesno povezana z različno stopnjo genske erozije. Po njegovem pionirskem delu so v šestdesetih letih pričeli z zbiranjem, opisovanjem, ocenjevanjem genskih virov predvsem kmetijskih rastlin ter ustanavljanjem genskih bank na nacionalni in mednarodni ravni.

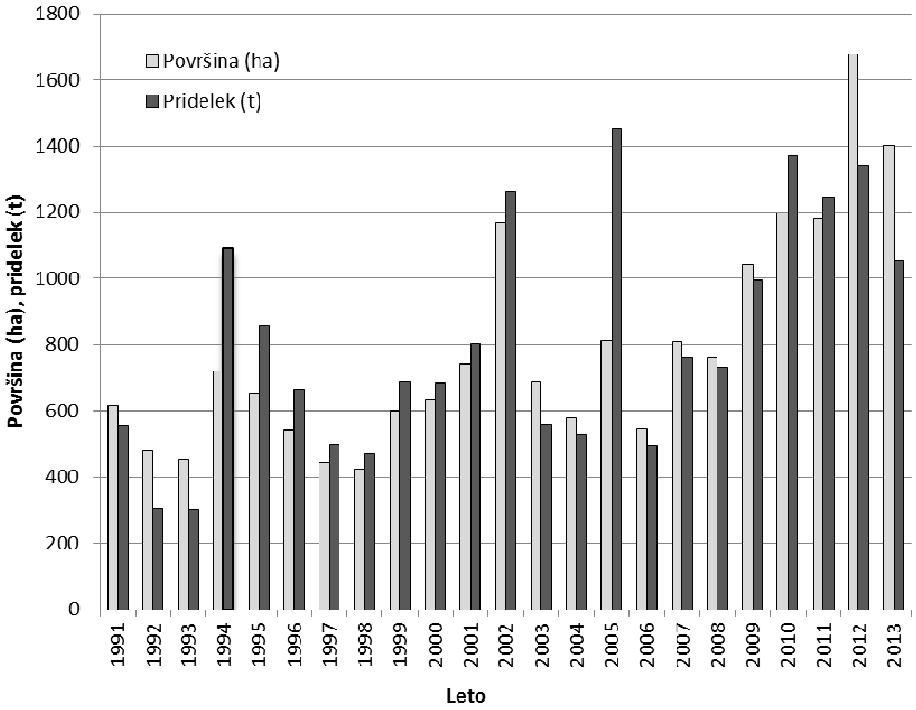
Prvi, ki sta zaznali nevarnost genske erozije in začeli z dejavnostmi za preprečitev sta bili FAO, ustanovljeno 1945 in evropsko združenje žlahtniteljev EUCARPIA (European Association for Plant Breeding), ustanovljeno 1956. FAO je leta 1974 ustanovil Komisijo za genske vire IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), ki se je dvakrat preimenovala, nazadnje leta 2006 v Bioversity International. Pod okriljem FAO so tudi centri CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) za pospeševanje kmetijstva, ki dajejo velik pomen ohranjanju genskih virov na lokalni, regionalni in mednarodni ravni ter povezujejo njihovo praktično vrednost z žlahtnjenjem.
Genski viri se lahko ohranjajo na različne načine. *In situ* je ohranjanje prostoživečih ali kmetijskih vrst v njihovem naravnem okolju oz. kjer so se razvili. Glavni cilj *in situ* ohranjanja vrst z ustreznimi mehanizmi je predvsem zagotoviti ohranjanje dovolj velikih in vitalnih populacij ter ustreznih naravnih habitatov. Tako ohranjanje načeloma ni izvzeto iz evolucijskih procesov. *Ex situ* je ohranjanje genskih virov izven njihovih naravnih habitatov, večinoma v genskih bankah. Ta način ohranjanja je pomemben za kmetijske genske vire, ker se zaradi trenutnih ekonomskih koristi njihov izbor zelo in hitro oža. *Ex situ* ohranjanje, kot so botanični in živalski vrtovi, muzeji na prostem in tudi genske banke, je pomembno tudi pri redkih in ogroženih vrstah in tam, kjer *in situ* varovanje ni več možno. Vrednost in uporabnost genskih virov je v njihovi raznovrstnosti, ki je prisotna med osebki znotraj populacij, med populacijami in vrstami. Bogata genska raznovrstnost je tako neprecenljive vrednosti za vse, ki uporabljajo genske vire za kakršnekoli namene. Posebno pozornost je potrebno nameniti prostoživečim organizmom, ki so lahko komercialno zanimivi za kmetijstvo, ribištvo, gozdarstvo, zdravstvo, farmacijo, prehransko industrijo, varstvo okolja itd. Dostop do genskih virov in upravljanje z njimi bosta imela tudi v prihodnje velik in vsestranski pomen.

5 Skrb za rastlinske genske vire v Sloveniji

V Sloveniji se je skrb za nekatere genske vire, ki so neposredno povezani s kmetijstvom in prehrano, začela že veliko prej in bila prepuščena posameznikom, preden so inštitucije, ki hranijo genske vire, dobile status nacionalnega pomena. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) je novembra leta 1995 imenovalo pet člansko Komisijo za pripravo in izvajanje nacionalnega programa Slovenka rastlinska genska banka (SRGB). Osnovna naloga komisije je bila uskladitev programov za različne vrste kmetijskih rastlin, ki so se že prej hranile po različnih inštitucijah z namenom, da se prepreči hranjenje dvojnikov. Leta 1996 je bila ustanovljena SRGB in imenovani skrbniki oz. kuratorji posameznih rastlinskih vrst. Izdelani so bili kriteriji za razmnoževanje, opisovanje po mednarodnih deskriptorjih, vrednotenje, pripravo semena za kratkoročno in srednjeročno hranjenje, hranjenje v obliki nasadov, *in vitro* hranjenje in računalniško vodenje podatkov o vzorcih. Opisi po mednarodnih deskriptorjih in izdelan dokumentacijski sistem o hranjenih genskih viri, omogočajo dostopnost uporabnikom v Sloveniji in po svetu.
V genski banki ajde Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete hranimo vzorce semen navadne (*Fagopyrum esculentum* Monch) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.), nabrane oz. dobljene po Sloveniji med leti 1977 in 1988. V obdobju približno 10 let je bil zbran del populacij, ki bi bile izgubljene, če njihovega semena ne bi shranili v genski banki. Veliko populacij in z njimi tudi pomembne lastnosti (medenje, ranost itd.) se je že pred in med zbiranjem izgubilo.

6 Zožitev genske raznovrstnosti pri ajdi in pojav genske erozije

Ajda pridelujemo v Sloveniji že več kot štiri stoletja. Pred drugo svetovno vojno leta 1939 je bila posejana na več kot 31.000 ha. Po drugi svetovni vojni so se površine začele zmanjševati in to se je nadaljevalo vse do leta 1993, ko je bilo posejanih samo 455 ha. S porastom pridelovanja poljščin z večjimi in stabilnimi pridelki, pšenice in krmnih rastlin, predvsem koruze po letu 1950, je pridelovanje ajde drastično upadalo. Tudi pozna žetev pšenice ni omogočala pravočasne setve ajde. Po strnih žitih so kmetje pridelovali vse več krmnih rastlin. Od leta 1991 do 2013 so površine posejane z ajdo zelo nihale. Najmanj površin je bilo posejanih v letu 1998 samo 424 ha in največ v letu 2012 kar 1676 ha. Podobno kot posejane površine je nihal tudi pridelek, ki je pri ajdi zelo odvisen od trenutnih talno-klimatskih razmer. Najmanj ajde je bilo pridelane v letu 1993 samo 303 t na 455 ha in največ v letu 2005 kar 1453 t na 811 ha. Najmanjši povprečni pridelek na hektar je bil dosežen v letu 1992 samo 0,6 t/ha in največji v letu 2005 kar 1,8 t/ha (slika 1) (FAOSTAT, 2014).

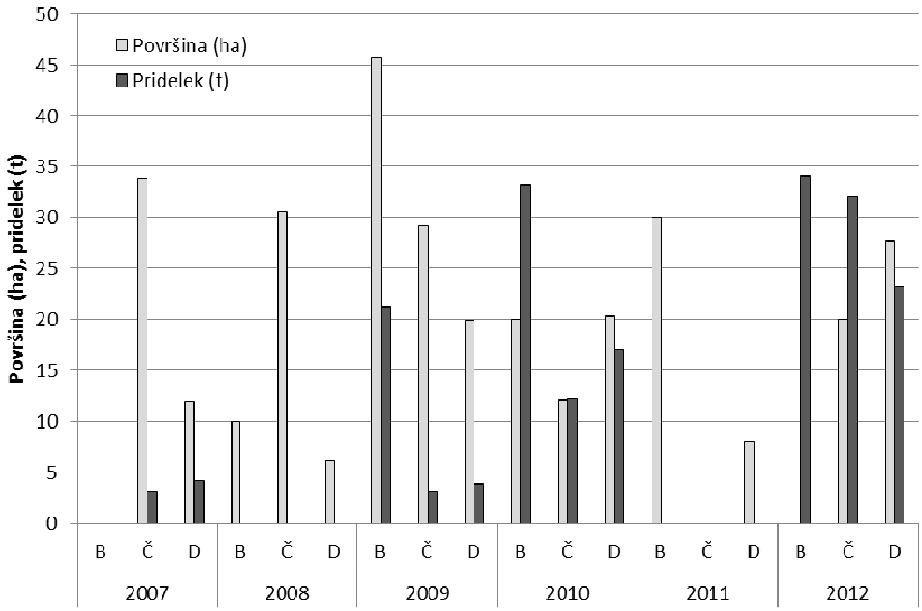


Slika 1: Pridelava ajde v Sloveniji od leta 1991 do 2013 (FAOSTAT, 2014)

Po svetu in delno tudi pri nas je trend uporabe živil iz ajde v porastu in počasi se pridelovanje povečuje. Od leta 2009 površine posejane z ajdo presegajo 1000 ha (slika 1) (FAOSTAT, 2014). Na teh površinah se več ne prideluje lokalne populacije, ampak domače in predvsem tuje sorte. Zato je na poljih prisotna delna genska erozija navadne ajde in popolna genska erozija tatarske ajde.

V letu 2007 je bilo za semensko proizvodnjo skupno posejanih 45,7 ha ajde, od tega s sorto Čebelica 33,8 ha s pridelkom 3 t in s sorto Darja 11,9 ha s pridelkom 4,2 t. V letu 2008 je bilo skupno posejanih 46,6 ha, od tega s sorto Bamby 10 ha, s sorto Čebelica 30,5 ha in s sorto Darja 6,1 ha, o pridelkih ni podatkov. V letu 2009 je bilo skupno posejanih 94,9 ha, od tega s

sorto Bamby 45,8 ha s pridelkom 21,2 t, s sorto Čebelica 29,2 ha s pridelkom 3 t in s sorto Darja 19,9 ha s pridelkom 3,9 t. V letu 2010 je bilo skupno posejanih 52,3 ha, od tega s sorto Bamby 20 ha s pridelkom 33,2 t, s sorto Čebelica 12 ha s pridelkom 12,1 t in s sorto Darja 20,3 ha s pridelkom 17 t. Za leto 2011 so na razpolago samo podatki o posejani površini, in sicer 30 ha s sorto Bamby in 8,1 ha s sorto Darja. V letu 2012 je bilo posejanih s sorto Čebelica 20 ha s pridelkom 32,1 t in s sorto Darja 27,1 ha s pridelkom 23,2 t, za sorto Bamby ni navedena posejana površina, ampak samo pridelek 34,1 t (slika 2) (FAOSTAT, 2014).



Slika 2: Uradno potrjena pridelava ajde s sortami B – Bamby, Č – Čebelica in D – Darja v letih od 2007 do 2012

V obdobju od leta 2007 do 2012 je bilo za semensko proizvodnjo posejanih in uradno potrjenih v povprečju samo 55 ha na leto, s povprečnim skupnim pridelkom 50 ton in to s tremi sortami Čebelica, Darja in Bamby, kar zadošča za površino približno 500 ha. V letu 2008 je bilo skupno posejanih 761 ha in v naslednjih letih več kot 1000 ha (sliki 1 in 2). To nakazuje, da v Sloveniji ne pridelamo dovolj semenske ajde oz. pridelovalci sejejo uvoženo seme, saj je odstotek pridelovalcev, ki sejejo svoje seme, zelo majhen.

7 Sklepi

Slovenija je ob prehodu v intenzivno kmetijstvo od 50. let dalje izgubila številne lokalne populacije poljščin in vrtnin in s tem zelo osiromašila biotsko raznolikost. Pri posameznih rastlinskih vrstah (ajda, proso, pira itd.) je na terenu potrjena delna in tudi popolna genska erozija. Pri rastlinskih vrstah, kjer genski viri niso shranjeni v genskih bankah, lahko govorimo o popolni genski eroziji. Pri navadni ajdi je glede pridelovanja lokalnih populacij prisotna skoraj popolna genska erozija, medtem ko pri tatarski ajdi lahko z gotovostjo govorimo o popolni genski eroziji. Po drastičnem upadanju pridelovanja lokalnih populacij po drugi svetovni vojni in vse večji pridelavi domačih in uvoženih sort so lokalne populacije počasi izginevale s slovenskih polj. V tistem obdobju je bilo nujno, da se jih zbere in shrani

ter tako obvaruje. V obdobju od leta 2009 do 2013 so površine posejane z ajdo presegle 1000 ha in zanimanje zanjo je vedno večje. Uradno se od leta 2007 v semenski proizvodnji pridelujejo tri sorte: Čebelica, Darja in avstrijska sorta Bamby. Pridelana količina semena ne zadošča za potrebe pridelovalcev, ki primanjkljaja ne nadomestijo z lokalnimi populacijami, ampak z uvoženim semenom. Zaradi vsestranske uporabnosti je tako navadna kot tatarska ajda zelo primerna za ekološko kmetijstvo in zdravilstvo po katerem so potrebe v sodobnem svetu vedno večje.

8 Literatura

Agencija RS za okolje. 2001. Pregledu stanja biotske in krajinske pestrosti v Sloveniji. http://www.arso.gov.si/narava/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/biotska_raznovrstnost0.pdf

Brundtland, H.G. 1987. Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf

FAO. 2010. The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/i1500e.pdf

FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Statistical Yearbook, Rim. http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor

Genski viri v kmetijstvu – od ohranjanja do trajnostne uporabe. 2013. http://ec.europa.eu/agriculture/genetic-resources/pdf/com-2013-838_sl.pdf

International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Annual Report 1993, Rome: 47

Konverncija o biološki raznovrstnosti. 1992. http://www.furs.si/svn/seme/RastlGenViri/bioloska_raznovrstnost.pdf

Pregled in ocena pogojev ter mehanizmov ex situ ohranjanja prostoživečih in kmetijskih rastlin, živali, mikroorganizmov in gliv v Sloveniji. 2003. http://www.natura2000.gov.si/fileadmin/user_upload/projekti/publikacija_za_internet_besedilo.pdf

Zakonom o ratifikaciji Kartagenskega protokola o biološki varnosti h Konvenciji o biološki raznovrstnosti (MKPBV). Uradni list RS 89/2002

Zakon o ratifikaciji Mednarodne pogodbe o rastlinskih genskih virih za prehrano in kmetijstvo (ITPGRFA). Uradni list RS 100/05 z dne 10.11.2005

Strategiji ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji. 2002. MOP http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/narava/analiza_strategije_biotske_raznovrstnosti_porocilo.pdf

Vavilov, N.I. 1926. Studies on the Origin of Cultivated Plants. Bull. of Applied Botany, 2: 16

Pridelek gomoljev novejših slovenskih sort krompirja (*Solanum tuberosum* L.) v poljskih poskusih Biotehniške fakultete v letih 2011 do 2013

Darja KOCJAN AČKO[58], Matej ŠIFRER[59], Igor ŠANTAVEC[60]

Izvleček
Na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani smo v letih od 2011 do 2013 izvedli tri poljske poskuse s krompirjem (*Solanum tuberosum* L.) pri srednje intenzivni pridelavi na težjih tleh, vremenske razmere za krompir pa so bile izrazito stresne (suša, vročinski valovi ali deževje). Vsako leto smo posadili 9 novejših slovenskih sort in eno tujo. Največji povprečni pridelek treh let je imela domača sorta KIS Mirna (32,7 t/ha), le nekoliko manj gomoljev smo pridelali s sorto Bistra (32 t/ha), okoli 30 t/ha so dosegle sorte KIS Kokra (30,7 t/ha), KIS Sotla in KIS Mura, obe po 29,3 t/ha. Od 26 do 28 t gomoljev/ha smo pridelali s sortama KIS Sora (28,2 t/ha) in KIS Krka (26,0 t/ha). Najmanjši pridelek so imele sorte Pšata (24,8 t/ha), KIS Vipava (21,1 t/ha) in v nasprotju s pričakovanjem tudi tuja sorta Frisia (21,8 t/ha). Veseli nas, da smo s poskusom potrdili uspešnost domačega žlahtnjenja krompirja in ugotovili dobro prilagodljivost slovenskih sort na manj ugodne rastne razmere. Menimo, da lahko večina slovenskih sort krompirja uspešno nadomesti že uveljavljene tuje sorte, s čimer bi morali biti domači pridelovalci in potrošniki bolj seznanjeni.
Ključne besede: krompir, *Solanum tuberosum*, slovenske sorte, poljski poskus, pridelek gomoljev

The yield of tubers of Slovenian varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) in field trials at the Biotechnical Faculty in the years 2011 to 2013

Abstract
On the experimental field of the Biotechnical Faculty in Ljubljana we performed in the years from 2011 to 2013 three field trials with potatoes (*Solanum tuberosum* L.) at medium intensive cultivation on heavy soils. The weather condition was markedly stressful for potato (drought, heat waves or rain). Every year we planted 9 recent Slovenian varieties and one foreign variety. The highest average yield of three years had domestic variety KIS Mirna (32.7 t/ha), only slightly less of tubers we produced with variety Bistra (32.0 t/ha), about 30 t/ha have achieved varieties KIS Kokra (30.7 t/ha), KIS Sotla and KIS Mura, both with 29.3 t/ha. We produced from 26 to 28 t of tubers/ha with the varieties KIS Sora (28.2 t/ha) and KIS Krka (26.0 t/ha). The lowest yield had the varieties Pšata (24.8 t/ha) and KIS Vipava (21.1 t/ha), in the contrast to expectation as well as foreign variety Frisia (21.8 t/ha). We are pleased that we confirmed with trial the successfulness of domestic potato breading and found good flexibility of Slovenian varieties to less favourable growing conditions. We believe that the majority of Slovenian potato varieties could successfully replace an already established foreign varieties, with what should be the domestic producers and consumers more acquainted.
Key words: potato, *Solanum tuberosum*, Slovenian varieties, field trials, yield of tubers

1 Uvod

Krompir (*Solanum tuberosum* L.) spada med razhudnikovke (*Solanaceae*). Izvira iz andskih planot Južne Amerike, od koder so ga pripeljali v Evropo v 16. stoletju najprej Španci, pozneje pa tudi Angleži. Sprva se je širil po Evropi le kot okrasna rastlina, šele v drugi polovici 18. stoletja so prepoznali njegov prehranski pomen. Med preprostim prebivalstvom

[58] Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: darja.kocjan@bf.uni-lj.si
[59] Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: matej.sifrer@bf.uni-lj.si
[60] Dr., asistent, prav tam, e-pošta: igor.santavec@bf.uni-lj.si

se je razširil v prehrani ljudi in prašičev v 19. stoletju, ko so prosvetljeni vladarji spodbujali sajenje krompirja, zato, da bi zmanjšali lakoto med takratnim prebivalstvom. V naših krajih je leta 1767 odredila sajenje krompirja cesarica Marija Terezija, postali smo krompirjeva dežela in veliki ljubitelji krompirjevih jedi (Kocjan Ačko in Goljat, 2005; Dolničar, 2012).
V prispevku želimo predstaviti stanje pridelave krompirja v svetu, Evropski uniji in Sloveniji v času, ko se zemljišča s krompirjem letno zmanjšujejo, pridelki pa povečujejo. Analizirali bomo tudi pridelek novejših slovenskih sort krompirja iz poljskih poskusov Biotehniške fakultete. Domnevamo, da obstajajo razlike v pridelku med domačimi sortami in predvidevamo, da imajo slovenske sorte enak ali večji pridelek od izbrane tuje sorte.

2 Materiali in metode

2.1 PREDSTAVITEV PRIDELAVE KROMPIRJA IN IZVEDBA POLJSKIH POSKUSOV

Predstavitev pridelave krompirja v svetu, Evropski uniji in Sloveniji smo naredili s pomočjo statističnih podatkov na spletu (FAOSTAT, 2014; Statistični urad …, 2014), ki smo jih razvrstili po obdobjih, slikovno predstavili in razložili.

Preglednica 1: Leto prvega vpisa v Slovensko sortno listo, ocena dolžine rastne dobe, opis lastnosti gomoljev in namena uporabe krompirja iz sortnih poskusov Biotehniške fakultete v letih 2011 do 2013 (Dolničar, 2014; Mazi, 2013; Sluga, 1994).

Sorta krompirja	Leto 1. vpisa v Slovensko sortno listo	Zgodnost 9-zelo zgoden 3-zelo pozen	Oblika gomoljev	Barva mesa	Barva kožice	Namen uporabe
Frisia	1988	6,5	srednji, ovalni	kremno bela	svetlo rjava	kuhanje, pečenje
Pšata	2004	6,5	ovalni, ploščati	kremno bela	svetla	kuhanje, pečenje
Bistra	2004	5	okrogli, drobnejši	bela	svetla	kuhanje, pečenje
KIS Sora	2006	5	ovalni	kremno bela	svetla	solate, pečenje
KIS Mirna	2008	7,5	okroglo ovalni	bela	svetlo rjava	kuhanje, pečenje
KIS Sotla	2010	6,5	ovalni	kremno bela	svetla	kuhanje
KIS Kokra	2010	6,5	okroglo ovalni	kremno bela	svetla	kuhanje, pečenje
KIS Mura	2011	6	ovalni	svetlo rumena	svetla	kuhanje, pečenje
KIS Krka	2012	6,5	okroglo ovalni	bela	svetla	kuhanje
KIS Vipava	2012	8,5	okroglo ovalni	bela	modro vijolična	kuhanje

Poljske poskuse s krompirjem smo izvedli na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani, in sicer v rastnih sezonah 2011, 2012 in 2013. V poskus smo vključili 10 sort krompirja, od tega 9 novejših slovenskih sort Pšata, Bistra, KIS Sotla, KIS Sora, KIS Mirna,

KIS Kokra, KIS Mura, KIS Krka, KIS Vipava ter eno tujo pri nas uveljavljeno in razširjeno sorto Frisia (preglednica 1). Semenske gomolje krompirja smo dobili od žlahtnitelja mag. Petra Dolničarja.
Sorta Frisia se je že v prejšnjih raziskavah izkazala tudi z dobrimi senzoričnimi lastnostmi (Kocjan Ačko, 2003).
Poskuse smo izvedli v bločni zasnovi s tremi ponovitvami. Leta 2010 smo njivo za postavitev poskusov s krompirjem preorali jeseni po spravilu pire, leta 2011 po spravilu bele lupine in leta 2012 po spravilu ajde. Pred sajenjem krompirja smo njivo pognojili z mineralnim gnojilom NPK 7-20-30, in sicer 500 kg/ha, pobranali in naredili grebene. Tla na eksperimentalnem polju so srednje globoka, meljasto-glinasta (MG), psevdoglejna in meliorirana. Na teh tleh ob močnejšem deževju zastaja voda. Na globini od 0 do 30 cm je približno 4,5 % organske snovi, preskrbljenost s fosforjem in kalijem pa je optimalna, analizirana po Al metodi in uvrščena v C razred. Takšna tla pa niso najbolj primerna za krompir (Kolbe, 2003).
Krompir smo posadili ročno na medvrstno razdaljo 75 cm, razmik med gomolji v vrsti je bil 30 cm. Na parcelah velikih 6,75 m^2 smo posadili po 30 gomoljev, kar je 44.444 gomoljev na hektar. Globina sajenja je bila okoli 6 cm, kot jo priporočata Arends in Kus (1999) za glinasta tla. Sajenje poskusa je potekalo vsako leto v času, ko so to dopuščale talne in vremenske razmere (preglednica 2). Po vzniku krompirja, preden se je začela intenzivna rast, smo ob medvrstnem okopavanju dodali granulirani insekticid Force 1,5 G (aktivna snov teflutrin) proti talnim škodljivcem in dušikovo gnojilo s počasnim delovanjem ENTEC 26 % v količini 400 kg/ha, to je 104 kg N/ha. Po okopavanju je sledilo osipanje. Ob prvih okužbah rastlin s krompirjevo plesnijo (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) in vseh nadaljnjih smo v skladu z dobro kmetijsko prakso škropili z različnimi fungicidi, tako sistemičnimi kot kontaktnimi. Enkrat letno smo uporabili insekticid proti koloradskemu hrošču (*Leptinotarsa decemlineata* Say.). Krompirjevko smo uničili vsako leto na začetku avgusta s herbicidom Reglone 200 SL (aktivna snov dikvat), sočasno pa smo dodali fungicid za preprečevanje gnitja in utrjevanje kože gomoljev. Konec avgusta smo izkopali gomolje po posameznih parcelah z enovrstnim stresalnim izkopalnikom, gomolje pa smo ročno pobrali. Nekaj dni po izkopu smo krompir prebrali s sortirnikom za krompir ter stehtali pridelek gomoljev po debelini posameznih frakcij in skupni pridelek. Na podlagi časa sajenja in spravila gomoljev smo izračunali rastno dobo krompirja za posamezno leto (preglednica 2). Rezultate pridelkov na parcelo smo vnesli v program Microsoft Excel, izračunali pridelek na hektar in s statističnim programom Statgraphic plus izdelali ANOVO pri stopnji tveganja $p \leq 0,05$, razlike med obravnavanji pa testirali po Duncanu. Ker so variance ostankov po posameznih letih bile nehomogene, smo skupno analizo pridelkov krompirja vseh treh let opravili na povprečnih vrednostih posameznih let kot navaja Vasilj (2000).

Preglednica 2: Dolžina rastne dobe krompirja glede na čas sajenja in spravila gomoljev v poljskih poskusih Biotehniške fakultete v letih 2011 do 2013.

Lokacija	Ljubljana (46˚02 N, 14˚28E; 342 m)		
Leto	2011	2012	2013
Datum sajenja	01. 04.	19. 04.	20. 04
Datum spravila	26. 08.	20. 08.	23. 08.
Rastna doba (dni)	147	123	125

2.2 RASTNE RAZMERE

Vremenske razmere v rastni dobi krompirja (povprečne dnevne temperature in količine padavin od aprila do avgusta) v letih 2011, 2012 in 2013 smo primerjali s povprečnimi mesečnimi temperaturami in padavinami v 30-letnem obdobju od leta 1971 do leta 2000. Iz preglednice 3 je razvidno, da je bila temperatura vsa tri leta večja za približno 2 °C v primerjavi z dolgoletnim povprečjem. Po razporeditvi padavin je bilo leto 2011 bolj suho v primerjavi z dolgoletnim povprečjem, z izjemo julija, leto 2012 pa je bilo primerljivo s 30-letnim povprečjem. V letu 2013 so bili april, junij in julij suhi, maj pa nadpovprečno deževen, zaradi česar je na poskusu zastajala voda (preglednica 3).

Preglednica 3: Povprečne mesečne temperature in mesečna vsota padavin v letih 2011, 2012 in 2013 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem 1971-2000 v Ljubljani (ARSO, 2014).

Leto/ Obdobje	Povp. mesečna temperatura (˚C)					Mesečna vsota padavin (mm)				
	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.
2011	13,5	17,0	20,0	21,1	22,8	38,2	98,3	144,6	157,2	42,5
2012	11,4	16,1	21,3	22,7	23,3	127,7	124,4	129,9	113,0	66,3
2013	12,4	14,8	19,8	23,5	22,5	91,0	210,1	104,9	22,3	104,6
1971-2000	10,0	15,0	18,1	20,4	19,8	103,0	113,0	154,0	117,0	134,0

3 Rezultati z diskusijo

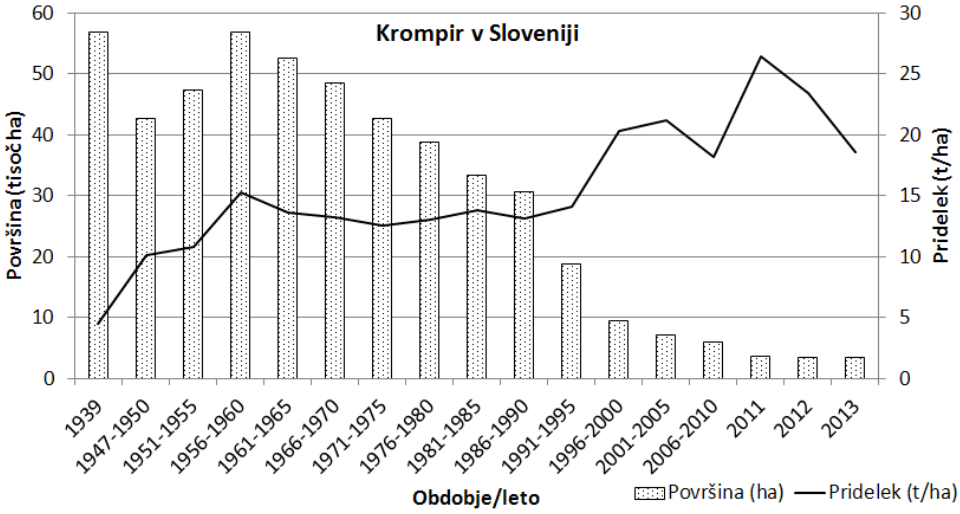
3.1 PREGLED PRIDELAVE KROMPIRJA V SVETU, EVROPSKI UNIJI IN PRI NAS

Svetovna površina, posajena s krompirjem, se je v zadnjega pol stoletja nekoliko zmanjševala, poteka pa ta pridelava na okoli 20 milijonov ha zemljišč, povečal pa se je povprečen pridelek gomoljev od 12 t/ha na 19 t/ha (Faostat, 2014). Največja svetovna pridelovalka krompirja v letu 2013 je bila Kitajska s skoraj 5,8 milijona ha in povprečnim pridelkom 15,4 t/ha, za njo so po obsegu pridelave uvrščene Rusija in Indija s po 2 milijonoma ha in Ukrajina z 1,3 milijona ha. V Evropski uniji so bile v letu 2013 največje pridelovalke krompirja Poljska (337.200 ha), Nemčija (242.800 ha), Romunija (207.603 ha) in Francija (161.700 ha), med katerimi pa so velike razlike v povprečnemu pridelku gomoljev, ki je v Nemčiji in Franciji več kot 40 t gomoljev/ha, medtem ko je na Poljskem in v Romuniji za polovico manjši. V večini zahodnoevropskih držav so povprečni pridelki pri konvencionalni pridelavi od 40 do 50 t gomoljev/ha.

Obseg pridelave krompirja v Sloveniji, se je od leta 1950, ko je bil na 50.000 ha njiv zmanjšal na 20.000 ha ob osamosvojitvi leta 1991. V naslednjih desetih letih smo izgubili še 10.000 ha krompirjevih njiv (delno tudi zaradi spremembe metode spremljanja kmetijske pridelave), za leto 2013 pa statistika beleži le še 3.300 ha (Statistični urad …, 2014). Nove sorte krompirja z večjimi pridelki, specializacija in industrializacija pridelave so vzrok, da se je pridelek gomoljev tudi pri nas povečal, in sicer od leta 1961, ko je bil 14 t/ha na okoli 23 t/ha v zadnjih letih, kar je 4 t/ha več od povprečnega pridelka v svetu in za polovico manj v primerjavi s povprečnim pridelkom nekaterih zahodno evropskih pridelovalk (slika 1).

Z zmanjšanjem pridelave krompirja v zadnjih letih sta se zelo spremenili ponudba in poraba krompirja v Sloveniji, saj ljudje ne kupujejo večjih količin krompirja za ozimnico. Trgovci že v zgodnjih spomladanskih mesecih, ko pri nas krompir še ni posajen, prodajajo mlad krompir iz juga Evrope in severne Afrike ter na ta način vplivajo na trg in ceno pri pridelovalcih skladiščenega krompirja. Tudi vstop Slovenije v EU je zmanjšal možnosti domače prodaje, saj

večje evropske pridelovalke krompirja (Poljska, Nemčija, Romunija in Francija) prodajajo tržne presežke krompirja po netržnih cenah (Levanič, 2014).
Glede porabe krompirja pa ni zanemarljiv podatek, da je član gospodinjstva v Sloveniji še leta 2000 porabil skoraj 49 kg krompirja letno, leta 2012 pa se je poraba krompirja na člana gospodinjstva skoraj prepolovila, in sicer na 25 kg (Statistični urad …, 2014). Verjetno ga pojemo nekoliko več, vendar statistični podatki ne vključujejo pripravljenih krompirjevih jedi, to je zamrznjenih izdelkov v obliki pomfrita, svaljkov, kroketov in cmokov. Dejstvo je, da pri spremenjenih prehranskih navadah v razvitem svetu tudi Slovenci opuščamo krompir in ga nadomeščamo z drugimi živili v obrokih.



Slika 1: Površina in pridelek krompirja v Sloveniji od leta 1939 do 2013 po obdobjih in letih pridelave (Statistični urad …, 2014).

3.2 PRIDELEK NOVEJŠIH SLOVENSKIH SORT KROMPIRJA IZ POSKUSOV BIOTEHNIŠKE FAKULTETE V LETIH 2011 DO 2013

Rezultati poskusov so pokazali, da je bil pridelek gomoljev vseh sort v povprečju treh let 27,6 t/ha (preglednica 4), kar je za 4,8 t/ha več v primerjavi s povprečnim slovenskim pridelkom v istem obdobju (Statistični urad …, 2014). Največji povprečni pridelek vseh sort (44,8 t/ha) je bil leta 2011, leta 2013 pa najmanjši (13,4 t/ha). Povprečen pridelek poskusa leta 2012 (24,5 t/ha) je bil na ravni povprečnega pridelka v Sloveniji v tem letu.
Leta 2011 smo pridelali s sortami KIS Mirna, Bistra in KIS Sotla več kot 50 t gomoljev/ha, s sortami KIS Kokra, KIS Sora, KIS Mura pa več kot 40 t gomoljev/ha, kar je pri tveganju $p \leq 0{,}05$ statistično značilno več, kot je bil pridelek sorte KIS Vipava (31,4 t/ha). V letu 2012 s povprečnim pridelkom poskusa 24,5 t/ha pri $p=0{,}24$ ni bilo ugotovljenih statistično značilnih razlik med sortami, v letu 2013 pa se je ponovno pokazalo, da so pridelki sort KIS Mura (16,9 t/ha), KIS Mirna (16 t/ha), in KIS Krka (15 t/ha) statistično značilno večji od sorte KIS Vipava z najmanjšim pridelkom 10,2 t/ha (preglednica 4).

Preglednica 4: Pridelek desetih sort krompirja (t/ha) na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete v letih 2011, 2012 in 2013. Sorte so razvrščene od leve proti desni glede na velikost povprečnega pridelka v triletnem obdobju.

Sorta	KIS Mirna	Bistra	KIS Kokra	KIS Mura	KIS Sotla	KIS Sora	KIS Krka	Pšata	Frisia	KIS Vipava	Pov. leto
2011	54,7 d	54,5 d	49,1 cd	46,6 bcd	52,9 d	47,7 bcd	39,9 abc	36,2 abc	35,5 ab	31,4 a	44,8
2012	27,4	27,4	29,0	24,4	23,5	24,6	23,2	25,5	18,6	21,7	24,5
2013	16,0 cd	14,1 abcd	14,2 abcd	16,9 d	11,4 ab	12,3 abc	15,0 bcd	12,7 abcd	11,5 ab	10,2 a	13,4
Povp. sort	32,7 b	32,0 b	30,8 b	29,3 ab	29,3 ab	28,2 ab	26,0 ab	24,8 ab	21,8 a	21,1 a	27,6

Različne črke v posamezni vrstici označujejo statistično značilne razlike med sortami v posameznem letu (Duncan, p≤0,05).

Največji povprečni pridelek treh let je imela domača sorta KIS Mirna (32,7 t/ha), le nekoliko manj gomoljev smo pridelali s sorto Bistra (32 t/ha), okoli 30 t/ha so dosegle sorte KIS Kokra (30,7 t/ha), KIS Sotla in KIS Mura, obe po 29,3 t/ha. Od 26 do 28 t gomoljev/ha je bil pridelek sort KIS Sora (28,2 t/ha) in KIS Krka (26,0 t/ha). Najmanjši pridelek so imele sorte Pšata (24,8 t/ha), KIS Vipava (21,1 t/ha) in v nasprotju s pričakovanjem je bil na ravni sorte KIS Vipava tudi pridelek tuje sorte Frisia (21,8 t/ha). Sorte KIS Mirna, Bistra in KIS Kokra so se po večjem pridelku pri tveganju p≤0,05 po Duncanu statistično značilno razlikovale od sort KIS Vipava (21,1 t/ha) in Frisia (21,8 t/ha) z najmanjšima pridelkoma. Ob tem moramo vendarle povedati, da je KIS Vipava bolj zgodnja sorta, ki bi se morala primerjati na primer s sorto Adora in je zato razumljiv njen manjši pridelek.

Sorta KIS Sora, ki je imela v povprečju našega poskusa pridelek 28,2 t/ha, je bila standardna sorta za srednje pozne sorte pri preizkušanju vrednosti za pridelavo in uporabo (VPU) sort v letu 2013 (Annon., 2014). Zanimivo, je, da smo z njo pridelali nekoliko manj, kot bi pričakovali. To je lahko posledica zgodnjega uničenja krompirjevke v začetku avgusta, kar kaže tudi manjši pridelek sorte Pšata. Očitno jima razmere v poskusu niso bile naklonjene. Za pozne sorte je morda tudi manjkalo 30 do 40 kg N/ha.

Primerjava med relativnimi pridelki novejših slovenskih sort z uveljavljeno in med potrošniki priljubljeno tujo sorto Frisia, ki je tudi standardna sorta za srednje pozne sorte pri preizkušanju vrednosti za pridelavo in uporabo (VPU) sort v letu 2013 (Annon., 2014), je pokazala, da so vse slovenske sorte, z izjemo sorte KIS Vipava, dale večji povprečni pridelek treh let (preglednica 5).

Preglednica 5: Relativen pridelek novejših slovenskih sort krompirja v primerjavi s tujo sorto Frisia (21,8 t/ha= 100 %).

Frisia	KIS Mirna	Bistra	KIS Kokra	KIS Mura	KIS Sotla	KIS Sora	KIS Krka	Pšata	KIS Vipava
100	150	147	141	135	135	130	120	114	97

4 Sklepi

Ob zmanjšanju obsega pridelave krompirja v Sloveniji zlasti po letu 2000 in pri zmanjševanju samooskrbe (od 60 do 80 %), se lahko zamislimo nad izgubljanjem tradicionalnega ugleda, da smo »krompirjeva dežela«.

Novejše sorte krompirja so rezultat dolgoletnega domačega žlahtniteljskega dela; požlahtnjene so v slovenskem okolju, zato so bolj prilagojene manj ugodnim rastnim razmeram za krompir v domačem okolju, kar se je pokazalo tudi s poskusi na eksperimentalnem polju Biotehniške fakultete. V triletnih poskusih so na količino pridelka močno vplivale vremenske razmere, saj so bili pridelki gomoljev pri enaki agrotehniki leta 2011 trikrat večji kot leta 2013, leta 2012 pa povprečni.

Novejše slovenske sorte krompirja dajejo velik pridelek, kar je skladno z navedbo žlahtniteljev. Z največjim povprečnim pridelkom treh let (okoli 30 t/ha) so se izkazale sorte KIS Mirna, Bistra in KIS Kokra. V poskusu je samo ena domača sorta KIS Vipava, ki pa je sicer zgodnja sorta krompirja, imela manjši pridelek kot standardna sorta Frisia. S poskusom smo dokazali, da se lahko novejše domače sorte krompirja po pridelku primerjajo s tujimi, že uveljavljenimi standardnimi sortami oziroma jih celo prehitijo.

Zahvala

Iskreno se zahvaljujemo Kmetijskemu inštitutu Slovenije in žlahtnitelju slovenskih sort krompirja mag. Petru Dolničarju za prijazno sodelovanje in donacijo semenskih gomoljev.

5 Literatura

Annon. 2013. Standardne sorte pri preizkušanju vrednosti za pridelavo in uporabo (VPU) v letu 2013. Objave UVHVVR Objave Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, 14, 51: 12-14 http://www.uvhvvr.gov.si/fileadmin/uvhvvr.gov.si/pageuploads/OBJAVE_ZA_JAVNOST/Objave_SEME/Objave_SEME/Objave_51_31_maj_13_splet.pdf (20. oktober 2014)

Arends, P., Kus, M. 1999. Nasveti za pridelavo krompirja v Sloveniji. Kranj, Mercator-KŽK Kmetijstvo Kranj: 242 str.

ARSO. 2014. Agencija Republike Slovenije za okolje, www.arso.gov.si (sept. 2014)

Dolničar, P. 2012. Genska banka in žlahtnjenje krompirja v Sloveniji. Acta agriculturae Slovenica, 99, 3: 377-386

Dolničar, P. 2014. Sortni izbor krompirja v letu 2014. Kmečki glas,71, 6: 8-9

FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division http://faostat3.fao.org/home/E (september 2014)

Kocjan Ačko, D., Goljat, A. 2005. Krompir. Ljubljana, Kmečki glas: 1-60

Kocjan Ačko, D. 2003. Pridelek in senzorična kakovost krompirja (*Solanum tuberosum* L.) iz kolekcijskega nasada Biotehniške fakultete. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, 81, 2: 265-275

Kolbe, H. 2003. Standort – und Bodenansprüche. V: Handbuch ökologischer Kartoffelbau. Möller, K., Kolbe, H., Böhm H. (Hrsg.). Leopoldsdorf, Österreichischer Agrarverlag: 183 str.

Levanič, M. 2014. Krompirja se ne splača pobrati za osem centov. Ptuj. Štajerski tednik. http://www.tednik.si/krompirja-se-ne-splaca-pobrati-za-osem-centov (13. november 2014)

Mazi, M. 2013. Morfološke in uporabne lastnosti sort krompirja (*Solanim tuberosum* L.) z vijolično barvo mesa. Diplomsko delo: 38 str.

Sluga, T. 1994. Krompirjeve sorte za pridelavo v Sloveniji. Ljubljana, Kmečki glas: 61 str.

Statistični urad Republike Slovenije. 2014. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije. http://www.stat.si (sept. 2014)

Vasilj, Đ. 2000. Biometrika i eksperimentiranje u biljnogojstvu. Zagreb, Hrvatsko agronomsko društvo: 320 str.

Določevanje zgodnosti izbranih slovenskih križancev in sort krompirja

Peter DOLNIČAR[61]

Izvleček
Na Kmetijskem inštitutu Slovenije od leta 1993 poteka nov program žlahtnjenja krompirja. Sprva je bil poudarek na vzgoji rodnih kakovostnih sort za ozimnico ter odpornih proti boleznim in škodljivcem. Po letu 2000 smo program razširili še na vzgojo zgodnejših sort. Tako je bila v letu 2012 potrjena nova zgodna sorta KIS Vipava, v procesu selekcije in uradnem preskušanju pa je še več zanimivih križancev. Da bi bolj natančno določili zgodnost novih slovenskih sort in križancev, smo v letu 2014 zasnovali poskus z zgodnjo pridelavo pod vlaknasto prekrivko, v katerega smo vključili sorto KIS Vipava, križanca KIS 04 164/94-3 in KIS 04-136/164-31 ter pet zgodnih sort: Arrow, Riviera, Adora, Catania in Anuschka. V izkopih s tedenskim razmikom smo spremljali pridelek, povprečno težo in število gomoljev ter vsebnost sušine, ob zadnjem izkopu pa smo primerjali tudi jedilno kakovost. Pokazalo se je, da so slovenske zgodne sorte in križanci primerljive z najboljšimi tujimi. KIS 04-164/94-3, ki je v rangu najzgodnejših sort, je v poskusu imel najdebelejše gomolje, KIS Vipava je zgodna sorta z višjo vsebnostjo sušine, KIS 04-136/164-31 pa srednje zgodna sorta z večjim številom gomoljev. Vse preskušane sorte so bile odlične jedilne kakovosti.
Ključne besede: nove sorte krompirja, zgodnost, vlaknasta prekrivka

Determination of earliness of selected Slovenian potato clones and varieties

Abstract
A new potato breeding programme has been established at the Agricultural Institute of Slovenia in 1993. At the beginning the emphasis was on breeding high yielding quality maincrop varieties, resistant to pests and diseases. In the year 2000 the breeding for earliness was included into programme. Work resulted in a new variety KIS Vipava in 2012, followed by several promissing clones in selection and registration process. In order to get more precise determination of earliness of the Slovenian varieties and clones, an experiment of production under covertan mesh was set up in 2014. Variety KIS Vipava and two promissing clones KIS 04 164/94-3 and KIS 04-136/164-31 were compared to five foregin varieties Arrow, Riviera, Adora, Catania and Anuschka. In a consecutive harvests on a weekly basis yield, average tuber weight, tuber number, dry matter and also cooking quality at the last harvest were estimated. Slovenian varieties were comparable to the best foregin ones. The earliest KIS 04-164/94-3 had the largest tubers, KIS Vipava ranks early with higher dry matter content. KIS 04-136/164-31 ranks medium early with higher tuber number. All tested varieties had good cooking quality.
Key words: new potato varieties, earliness, covertan

1 Uvod

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije od leta 1993 poteka nov program žlahtnjenja krompirja. Sprva je bil poudarek odbire na vzgoji rodnih kakovostnih sort za ozimnico ter odpornih proti boleznim in škodljivcem, predvsem krompirjevem virusu Y, krompirjevi plesni, rumeni in beli cistotvorni ogorčici (Dolničar, 2006; 2008). Po letu 2000 smo program razširili še na vzgojo zgodnejših sort, saj smo želeli zaokrožiti sortni izbor. Tako je bila v letu 2012 potrjena nova zgodna sorta KIS Vipava. Sorta KIS Vipava ima ovalno okrogle gomolje s plitvimi očesi, z belim mesom in vijolično kožico, ki se ob toplotni obdelavi v celoti razbarva. V procesu selekcije in uradnem preskušanju je še več zanimivih križancev, od katerih sta najbližje potrditvi KIS 04 164/94-3 in KIS 04-136/164-31. V procesu selekcije smo križanec

[61] Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: peter.dolnicar@kis.si

KIS 04 164/94-3 odbrali zaradi zelo zgodnjega pridelka debelih ovalnih gomoljev, medtem ko naj bi bil po naših predvidevanjih KIS 04-136/164-31 nekoliko poznejši.

2 Material in metode dela

Da bi bolj natančno določili zgodnost novih slovenskih sort in križancev, smo v letu 2014 zasnovali poskus pridelave zgodnjega krompirja pod vlaknasto prekrivko, v katerega smo vključili sorto KIS Vipava, križanca KIS 04 164/94-3 in KIS 04-136/164-31 ter pet zgodnih sort: Arrow, Riviera, Adora, Catania in Anuschka. Sorte si po zgodnosti sledijo po tem vrstnem redu, od najzgodnejšega Arrowa do najkasnejše Anuschke, pri čemer bi lahko najnovejšo Catanio uvrstili pred Adoro.
Poskus smo posadili na lahkih peščenih tleh na Ljubljanskem polju v Hrušici pri Ljubljani. Jeseni smo zmulčili in zaorali koruznico, spomladi pred predsetveno obdelavo pa gnojili z mineralnimi gnojili v odmerkih 140 kg/ha N, 120 kg/ha P_2O_5 in 180 kg/ha K_2O. Zaradi zaorane koruznice smo običajni odmerek dušika pri pridelovanju zgodnjega krompirja pod vlaknasto prekrivko povečali za 40 kg/ha. Vsako sorto smo posadili v dve 100 metrski vrsti, gostota saditve je bila 45.000 gomoljev/ha. Za saditev smo uporabili kalibrirane semenske gomolje (35-55 mm), pri čemer je bilo seme sorte Anuschka nekoliko drobnejše, sorte Riviera in KIS 04-164/94-3 pa nekoliko debelejše od povprečja. En dan po saditvi smo nasad pokrili z vlaknasto prekrivko, pred tem pa uporabili herbicid Sencor. Vlaknasto prekrivko smo odkrili in nasad osuli, ko so bile rastline v povprečju visoke od 10 do 20 cm.
Semenske gomolje večine sort smo nakaljevali 4 tedne pred saditvijo, pri čemer je že ob nakupu precej nakaljena sorta Riviera tudi ob saditvi imela najbolj razvite kaliče. Križanec KIS 04-136/164-31 smo nakaljevali le en teden in je imel ob saditvi le dobro zbujene kaliče, kar je vplivalo na poznejši vznik in nastavljanje gomoljev. Zato smo pri interpretaciji rezultatov tega križanca upoštevali enotedenski zamik.
V približno tedenskih izkopih smo spremljali hektarski pridelek, povprečno težo gomoljev in število gomoljev na rastlino ter vsebnost suhe snovi. Vsebnost suhe snovi smo določali posredno z merjenjem teže izpodrinjene tekočine (Haase, 2003). Pri vsakem izkopu smo naključno izkopali dvakrat po 5 zaporednih rastlin in izračunali povprečne vrednosti. Rezultate smo prikazali v grafikonu z uporabo logaritmične aproksimacije, ki najbolje prikaže trende poteka posameznih parametrov. Datumi saditve in izkopov so podani v preglednici 1.

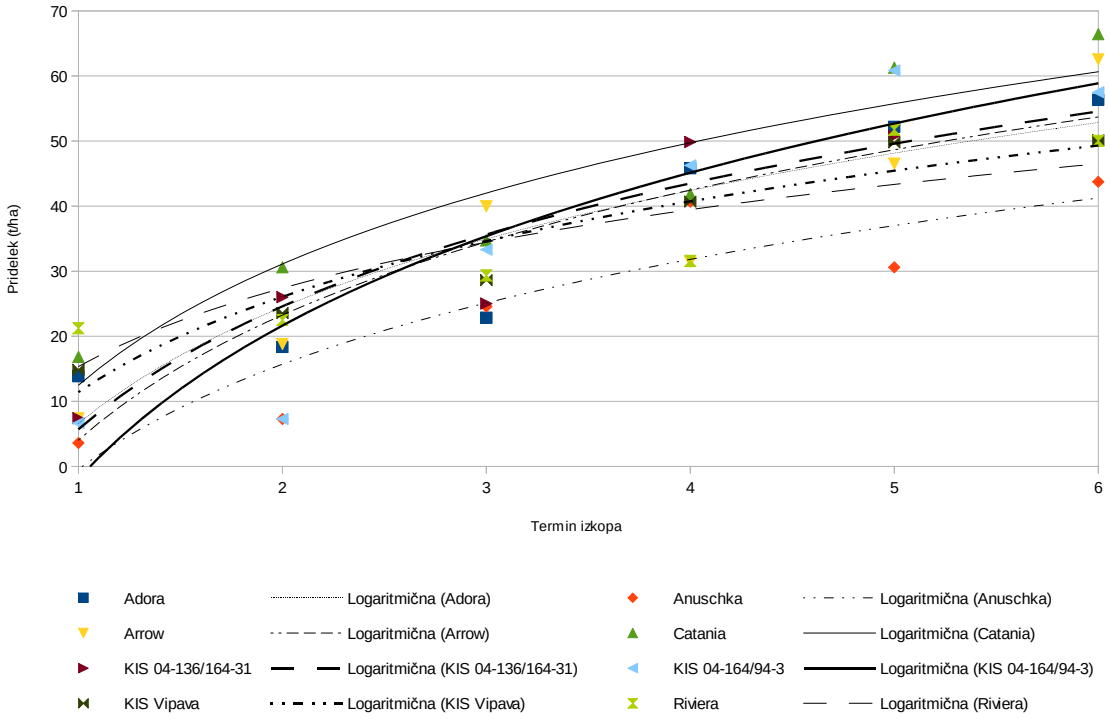
Preglednica 1: Časovni potek izvedbe preskusa

Opravilo	Datum	Število dni po saditvi
Saditev	22.3.2014	
Pokrivanje vlaknasto prekrivko	23.3.	1
Odkrivanje in osipanje	25.4.	34
Prvi izkop	11.5.	50
Drugi izkop	18.5.	57
Tretji izkop	25.5.	64
Četrti izkop	31.5.	70
Peti izkop	8.6.	77
Šesti izkop	14.6.	83

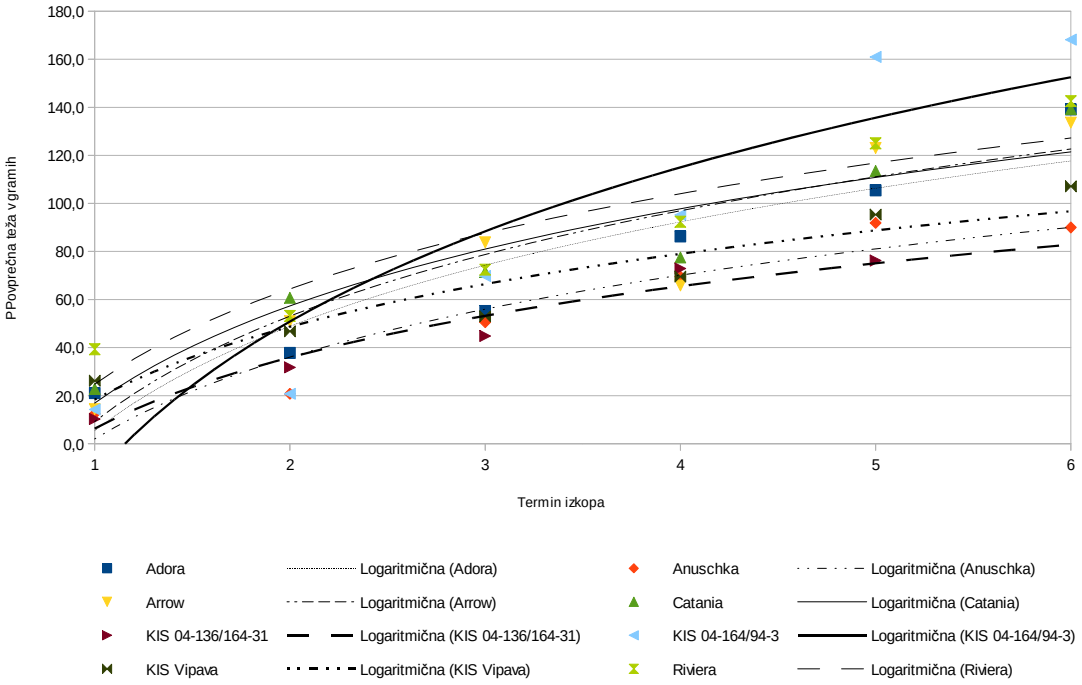
Ob zadnjem izkopu smo primerjali tudi jedilno kakovost po uradni metodi za registracijo sortnih poskusov (Metoda preizkušanja, 2010). Olupljen krompir se kuha na pari, dokler ni kuhan v celoti, nato pa se nesoljen preskusi. Ocenjevali smo naslednje parametre: barva mesa (1 bela, 6 intenzivno rumena), barva prereza (1 enakomerna, 4 neenakomerna), sprememba barve po 20 min (1 ni spremembe, 4 močna sprememba), razkuhavanje (1 ni razkuhan, 4 močno razkuhan), konzistenca (1 čvrsta, 4 rahla), moknatost (1 ni moknat, 4 moknat), vlažnost (1 vlažen, 4 suh), struktura (1 fina, 4 groba), aroma (1 odlična, 6 neprimerna), tuje arome (1 ni tujih arom, 4 močne tuje arome), skupni vtis (1 odličen, 10 neprimeren), lepljivost (1 ni lepljiv, 4 močno lepljiv) in uporabnostni tip (A – čvrst solatni, B – večnamenski, C – moknat, D – škrobnat).
Rezultate smo prikazali v grafikonih v obliki logaritmičnih trendnih črt izračunanih in izrisanih v programu LibreOffice Calc.

3 Rezultati z diskusijo

Razmere za rast so bile ugodne, tako da so sorte že zelo zgodaj (že pri tretjem izkopu po 64 dneh) dosegle e pridelke med 23 t/ha (Adora) in 40 t/ha (Arrow). Večina pridelka v tej fazi je bila tržnega. Največji pridelek kaže trendna črta sorte Catania, ki sta ji v drugem delu poskusa sledila križanca KIS. V začetku smo največji pridelek ugotovili pri sorti Riviera, ki je bila tudi najbolj nakaljena. Pozneje je dosegla povprečen pridelek, kar je bilo pričakovano (slika 1).
Pri zadnjih dveh izkopih, ko je večina sort že dozorevala, je nastopila močna suša, ki je znižala končne pridelke, posebej še pri križancu KIS 04-136/164-31, ki je bil slabše nakaljen. Pri njem je bila ob nastopu sušnih razmer krompirjevka še zelo bujna, rast pa se je ustavila, kar je vidno tudi na sliki 2, kjer je dosegel najnižjo povprečno maso gomoljev.

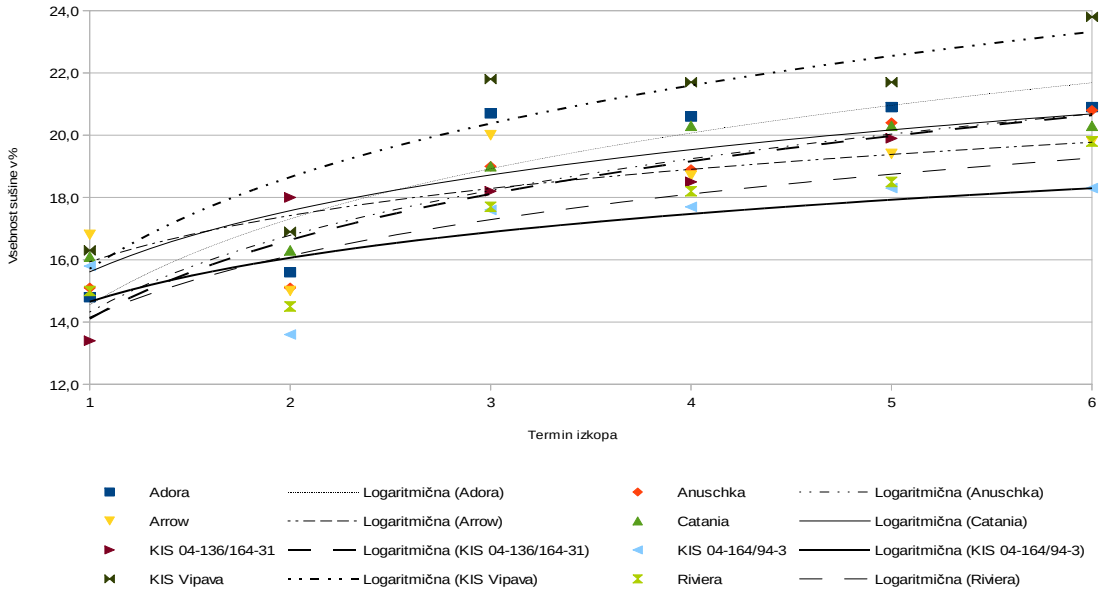


Slika 1: Pridelek gomoljev po terminih izkopa

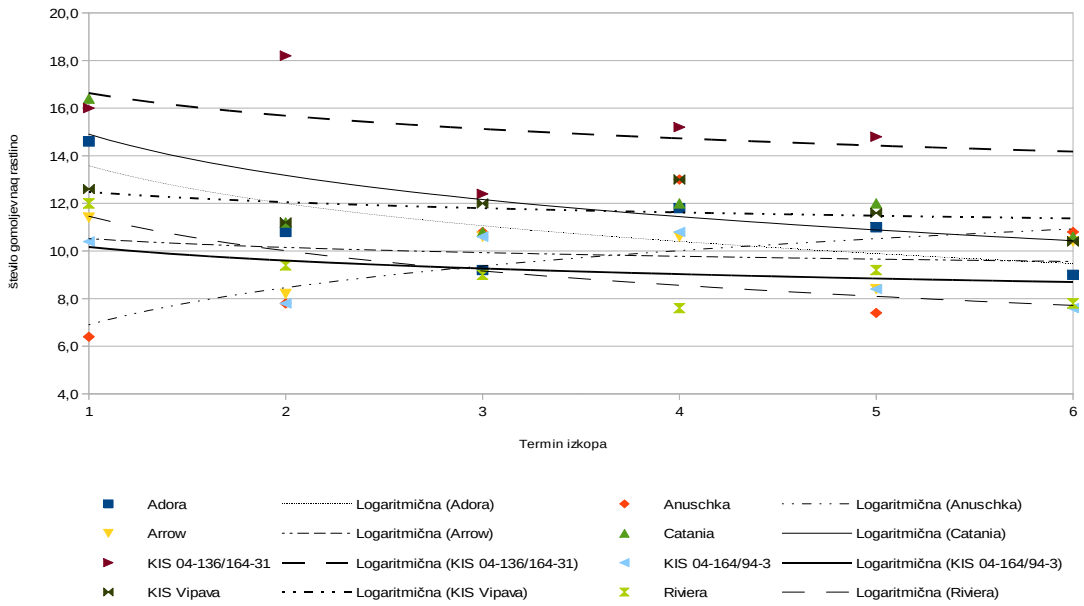


Slika 2: Povprečna masa gomoljev (g) po terminih izkopa

Najdebelejše gomolje smo pridelali ob zadnjem izkopu pri križancu KIS 04-164/94-3 (168 g), za njim pa pri Rivieri (142 g) in Adori ter Catanii (139 g).



Slika 3: Vsebnost suhe snovi po terminih izkopa (v %)



Slika 4: Število gomoljev po terminih izkopa

S slike 3 je vidno, da je imela daleč najvišjo vsebnost suhe snovi sorta KIS Vipava (pri zadnjem izkopu 23,8 %), kar smo ugotovili tudi pri preskušanju jedilne kakovosti (preglednica 2), kjer je bilo prisotno močno razkuhavanje in moknatost (tip BC). Res pa je tudi, da višja vsebnost sušine pri krompirju pogosto da boljšo aromo, kar se je pokazalo tudi v našem poskusu (KIS Vipava - 2). Najnižjo vsebnost sušine je imel križanec KIS 04-164/94-3, ki je ob koncu dosegel 18 % sušine, večinoma pa je bila nad 16 %, kar je primerna sušina za zgodnje sorte. Pri večini sort se je vsebnost sušine ob koncu gibala med 20 in 21 %, pri vseh pa se je z izkopi povečevala.

Nasprotno se pri vseh sortah razen pri sorti Anuschka s kasnejšimi izkopi kaže trend upadanja števila gomoljev (slika 4). To je skladno z navedbami v literaturi (Cutter, 1992) saj se pri krompirju navadno zasnuje več gomoljev, kot jih pozneje dozori. Izjemo smo opazili pri Anuschki, kjer je bil prvi izkop verjetno tako zgoden (nizek pridelek pri prvem izkopu - slika 1), da še ni bilo končano obdobje nastajanja gomoljev.

Pri preskušanju jedilne kakovosti smo ugotovili, da so bile vse preskušane sorte dobre do odlične jedilne kakovosti. Po merilih vrednosti skupnega vtisa, ki ni povprečna ocena ostalih parametrov temveč ocena ocenjevalca ob upoštevanju vseh ostalih ocen, je bila najboljša sorta Anuschka, ki je bila edina tudi vsaj delno v solatnem tipu (AB). Najslabše, pa še vedno dobro, sta se odrezala križanec KIS 04-136/164-31 in Catania. Prej omenjana KIS Vipava ni bila le najbolj moknata, temveč tudi najbolj suha. Vse sorte so se po malem razkuhale, največ KIS Vipava. Najboljšo aromo sta imeli sorti Anuschka in KIS Vipava, prva intenzivno rumena, druga pa snežno bela sorta. Zaradi prisotnosti karotenov je pri rumenih sortah okus drugačen kot pri belih (Storey in Davies, 1992). To kaže na objektivnost ocenjevanja, saj se pri manj izkušenih ocenjevalcih pogosto dogodi, da bolje ocenijo eno ali drugo barvo krompirja.

Preglednica 2: Preskušanje jedilne kakovosti kuhanega krompirja

Sorta	Barva mesa	Enakomernost barve prereza	Sprememba barve po 20 min.	Razkuhavanje	Konzistenca	Moknatost	Vlažnost	Struktura	Aroma	Tuje arome	Lepljivost	Skupni vtis	Tip kuhanja
Anuschka	5	1	1	1,5	2	2,5	3	2	2	1	1	2,5	AB
Arrow	2	1	1	1,5	2	2	2,5	2	3	1	2	3	B
Kis 04-164/94-3	3	1	1	2	2	2,5	3	2	3	1	1	3	B
Adora	2,5	1,5	1	1,5	2	2,5	3	2	3	1	1	3	B
Kis 04-136/164-31	2,5	1	1	2	3	2	2	1	3	1	1	4	B
Catania	3	1	1	1,5	2	2	2,5	2	4	1	2	4	B
Kis Vipava	1,5	1	1	3,5	3	3,5	4	3	2	1	2	3,5	BC

4 Sklepi

Rezultati nakazujejo, da so najnovejše slovenske zgodne sorte in križanci primerljivi z najboljšimi tujimi.
KIS 04-164/94-3, ki je v rangu najzgodnejših sort, je v poskusu imela najdebelejše gomolje.
KIS Vipava je zgodna sorta z višjo vsebnostjo sušine.
KIS 04-136/164-31 je srednje zgodna sorta z večjim številom gomoljev.
Pri preskušanju jedilne kakovosti smo ugotovili, da so bile vse preskušane sorte dobre do odlične jedilne kakovosti.
Po merilih vrednosti skupnega vtisa je bila najboljša sorta Anuschka, ki je bila edina tudi vsaj delno v solatnem tipu (AB). Najslabše, pa še vedno dobro, sta se odrezala križanec KIS 04-136/164-31 in Catania.

5 Literatura

Dolničar, P. 2006. Nove slovenske sorte krompirja. V: Tajnšek, A. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2006 : zbornik simpozija, Rogaška Slatina, [7. in 8. december] 2006. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 256-259

Dolničar, P. 2008. Vzgoja proti krompirjevi plesni na listih odpornih sort krompirja na Kmetijskem inštitutu Slovenije. V: Tajnšek, A. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2008 : zbornik simpozija, Rogaška Slatina, [4. in 5. december] 2008. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo: 103-107

Cutter, E.G. 1992. Structure and development of potato plant. V: Harris, P.M.-ed. The Potato Crop. Chapman & Hall, London: 65-161

Haase, N.U. 2003. Estimation of dry matter and starch concentration in potatoes by determination of under-water weight and near infrared spectroscopy. Potato Research, 46, 3-4: 117-127

Metoda preizkušanja vrednosti sorte za pridelavo in uporabo (VPU) – Krompir (*Solanum tuberosum* L.), Oznaka metode: FURS-VPU/8/1, 2010. http://www.uvhvvr.gov.si/fileadmin/uvhvvr.gov.si/pageuploads/ZAKONODAJA_IN_DOKUMENTI/Veljavni_predpisi/Rastlinski_semenski_material/Ostali_dokumenti/furs_VPU_8_krompir.pdf

Storey, R.M.J., Davies, H.V. 1992. Tube quality. V: Harris, P.M.-ed. The Potato Crop. Chapman & Hall, London: 507-569

Podnebne spremembe in kmetijstvo

Lučka KAJFEŽ - BOGATAJ[62]

Izvleček
Kmetijstvo čakajo v prihodnosti pomembni izzivi, ki so povezani s spremembami v politiki, trgu in podnebju. Kmetijska proizvodnja se povsod že srečuje s spremenjenimi podnebnimi razmerami. Vplivi niso le negativni, v severnih geografskih širinah so omogočene boljše razmere za rastlinsko pridelavo. Težave pa imajo in bodo imele regije, ki se že sedaj srečujejo z pomanjkanjem vode in pogostimi vremenskimi ujmami. Ob dvigu temperature zraka in tal bo močno spremenjen tudi padavinski režim (pogostejše poplave pozimi in suše poleti). Prilagajanja v kmetijstvu se že dogajajo, tako na strateški ravni kot v praksi (pomik rokov agrotehničnih opravil, izbira toplejšemu podnebju prilagojenih sort).
Ključne besede: dvig temperature, sprememba padavinskega režima, prilagajanje

Climate change and agriculture

Abstract
Agriculture is ahead of the major challenges that are associated with changes in policy, market and climate. Agricultural production in the world is experiencing changed climate conditions. Changes are not only negative: the northern latitudes will likely improve conditions for crop production. Problems will be given to countries and regions that are already experiencing weather stress. The most pronounced changes will be in increased temperature and changed pattern of precipitation (more frequent flooding in winter and drought in summer). Adaptation is already happening and farmers are being matched with earlier sowing and the selection of new varieties.
Key words: temperature increase, precipitation changes, adaptation

1 Uvod

Kmetijstvo po svetu, še zlasti v EU, bo v prihajajočih desetletjih soočeno z mnogimi pomembnimi izzivi, kot so tekmovanje za vodne vire, dvigovanje stroškov zaradi okoljevarstvenih politik, tekmovanje za mednarodno tržišče, izguba prednosti v primerjavi pridelovalci na nekaterih drugih območjih in pa seveda spremembe podnebja in povezanih fizikalnih dejavnikov ter mnogimi nejasnosti v sedanji evropski politiki pri prilagajanju na vse te spremembe.

Kmetijska proizvodnja se povsod po svetu že srečuje s spremenjenimi podnebnimi razmerami (EEA, 2013; IPCC, 2014). Spremembe niso povsod samo negativne. V severnejših geografskih širinah si lahko za zdaj celo obetajo boljše razmere za rastlinsko pridelavo. Več težav imajo in bodo imele regije, ki se že sedaj srečujejo s težavami na različnih področjih. V Evropi velja omeniti nezavidljiv položaj držav v Sredozemlju, ki jih bodo prihajajoče spremembe najbolj prizadele (EEA, 2012).

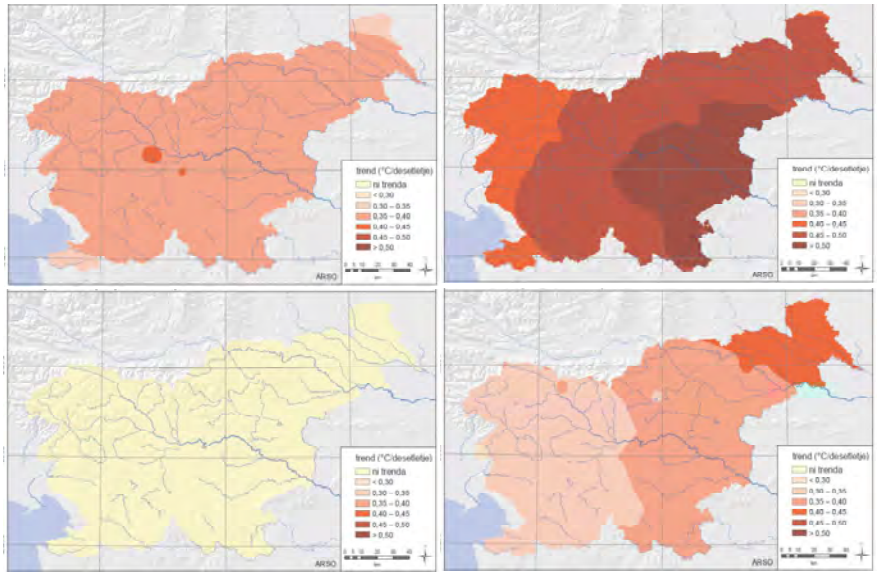
Glede pričakovanih podnebnih razmer obstajajo pomembne razlike med regijami, vendar lahko povzamemo, da so za 21. stoletje napovedani vplivi, kot so milejše in bolj mokre zime, bolj vroča in bolj suha poletja ter pogostejši in intenzivnejši vremenski pojavi (IPCC, 2013). Najresnejših posledic vremenskih sprememb morda ne bomo čutili do leta 2050, toda precejšnje negativne učinke zaradi ekstremnih vremenskih pojavov, kot so pogostejši in daljši vročinski valovi, suše in poplave, lahko pričakujemo že prej (IPCC, 2014). Večina vplivov

[62] Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

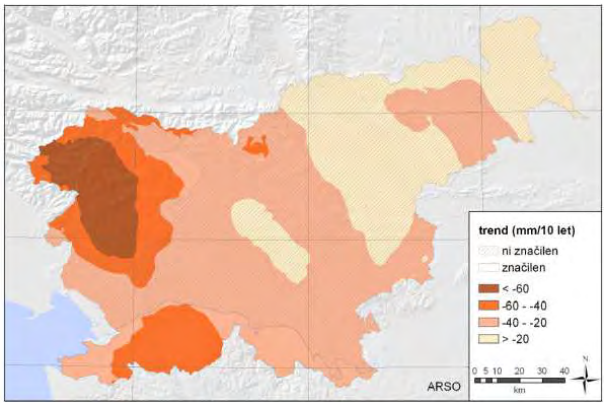
podnebnih sprememb na kmetijstvo je povezana z vodo. Pomanjkanje vode bo imelo velik vpliv na kmetijsko proizvodnjo, zato je povsod potrebno izboljšati učinkovitost izrabe vode in zmanjšati njeno izgubo.

2 Že opazovane in pričakovane spremembe podnebja v Sloveniji

Najbolj izrazite spremembe podnebja so se v Sloveniji zgodile v zadnjih 50 letih (Kajfež-Bogataj in sod., 2010). Povprečna temperatura zraka se je v obdobju 1961–2011 dvignila za 1,7 °C, pri čemer je bilo najbolj izrazito je ogrevanje poleti. Pomladi in poleti je manj padavin; letne padavine so se v Z polovici Slovenije zmanjšale do 20 % (sliki 1 in 2). Izhlapevanje se je povečalo po vsej državi, v nekaterih delih Primorske tudi za več kot 20 %. Količina novega snega se je zmanjšala tudi za polovico in višina snežne odeje v hribih tudi za polovico. Sončnega vremena je več za okoli 10 %, največ prispevata pomlad in poletje.

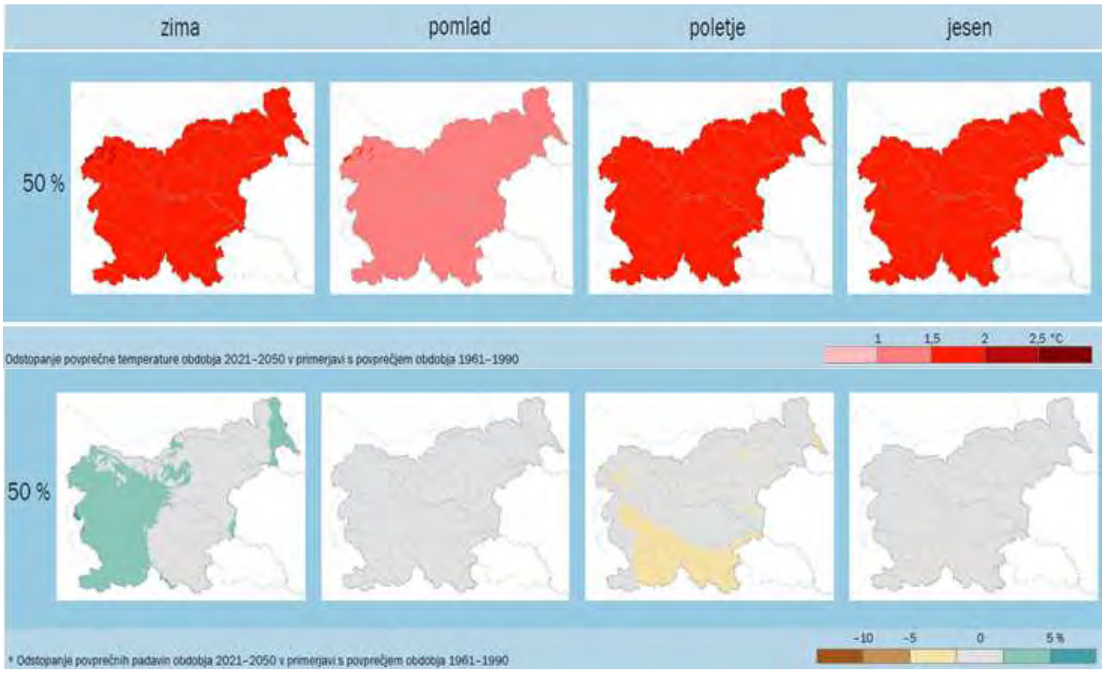


Slika 1: Trendi spremembe povprečne temperature zraka za pomlad (levo zgoraj), poletje (desno zgoraj), jeseni (levo spodaj) in zime (desno spodaj) za obdobje 1961-2011 (prirejeno po ARSO, 2014)



Slika 2: Trend letne količine padavin (prirejeno po ARSO, 2014)

Scenarije podnebnih sprememb za Slovenijo je objavil ARSO (2014) na osnovi rezultatov 18 regionalnih podnebnih modelov, ki so jih poganjali v okviru evropskega projekta ENSEMBELS (Bergant, 2010). Objavljene so tako srednja ocena kot 25. in 75. percentil vseh modelskih izračunov za sezonske vrednosti temperature zraka in količine padavin (slika 3). Predstavljeni rezultati veljajo za A1B scenarij izpustov toplogrednih plinov, ki predstavlja srednjo pot med najbolj črnogledimi in najbolj optimističnimi scenariji ekonomskih in družbenih sprememb v prihodnosti. Glede na potek izpustov toplogrednih plinov je A1B najbolj podoben novemu IPCC scenariju RCP6.0 (IPCC, 2013). Podnebni scenariji kažejo, da se bodo v Sloveniji do sredine stoletja pomladi toplejše za 1,5 °C, vsi ostali letni časi pa celo za 2 °C. Za padavine so podnebni scenariji negotovi saj za pomlad in jesen lahko pričakujemo tako zmanjšanje kot povečanje količine padavin. Za zimo in poletje je signal spremembe padavin bolj gotov in sicer se bo pozimi količina padavin verjetno povečala, medtem ko se bo poleti vsaj v južni polovici države zelo verjetno količina padavin zmanjšala.

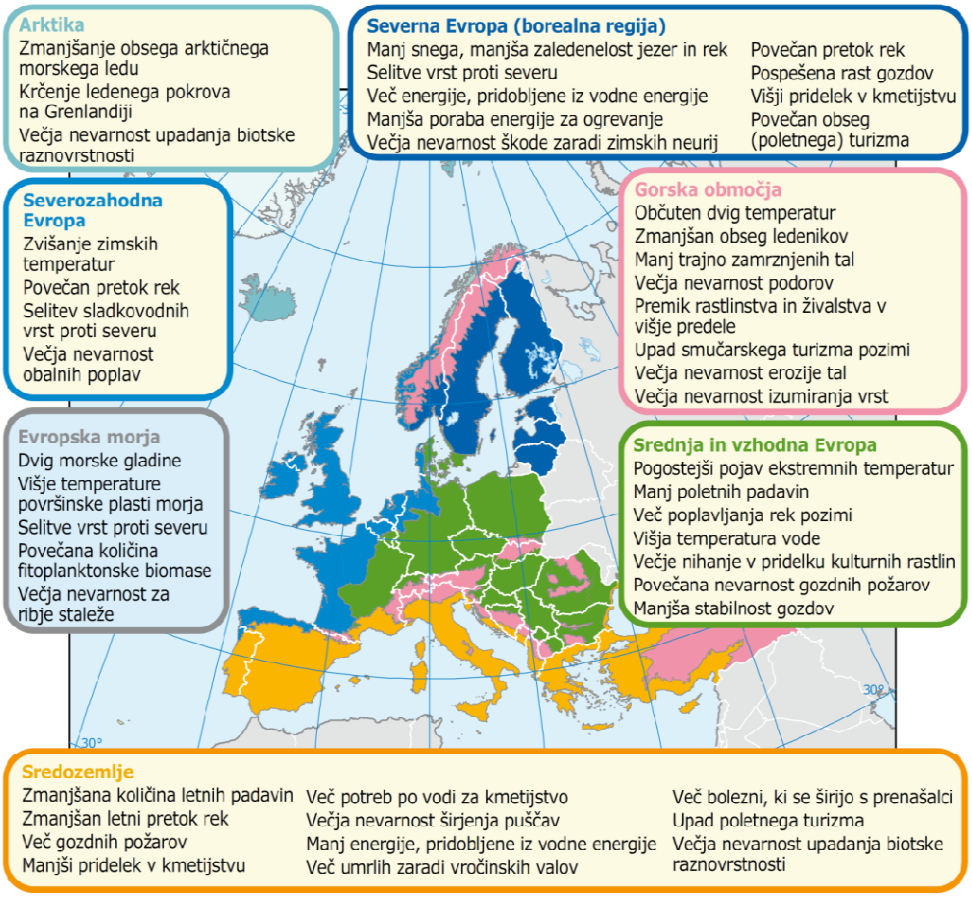


Slika 3: Zgoraj: sprememba povprečne temperature v obdobju 2021–2050, 50. pertencil; spodaj: sprememba povprečnih padavin v obdobju 2021–2050 50. pertencil, oboje v primerjavi s povprečjem 1961–1990 (prirejeno po ARSO, 2014)

3 Vplivi podnebnih sprememb

Podnebne spremembe v Evropi že kažejo na številne vplive tako na naravo kot na družbene sisteme. Ti so v različnih regijah različni, saj je Evropa podnebno zelo raznolika (slika 4). Ker se vplivi podnebnih sprememb razlikujejo med regijami, se morajo razlikovati tudi prilagoditveni ukrepi (Bergant in sod., 2010). Njihov izbor in izvajanje bo predvsem v pristojnosti držav članic in regij. Vloga EU pa bo v podpori in dopolnjevanju njihovih naporov skozi celovit in usklajen pristop, posebej pri čezmejnih zadevah in politikah, ki se oblikujejo na EU ravni. Preglednica 1 povzema klimatske spremembe in povezane dejavnike

pomembne za kmetijsko pridelavo na globalni ravni. Do leta 2020 modeli predvidevajo, da bo severna polobla morda imela nekoliko večjo pridelavo, po 2050 pa bodo učinki negativni. Ogrevanje bo omogočilo večjo pridelavo višje proti severu in v višje ležečih krajih (Kajfež Bogataj, 2005). Pri temperaturnem dvigu 3,5 °C pa se bodo primerne pridelovalne površine v EU zmanjšale za približno 10 %, v južni Evropi pa celo za 20 %, v simulaciji dviga za 2 °C pa pridelovalna območja v Evropski uniji niso močno prizadeta. Globalni dvig temperature za 4 °C ali več bi pomenil v kombinaciji s povečanimi zahtevami po hrani veliko tveganje za globalno in regionalno zagotavljanje hrane (IPCC, 2014).



Slika 4: Ključni opazovani in pričakovani vplivi podnebnih sprememb za glavne regije v Evropi (prirejeno po EEA,2013)

Kmetijstvo je močno odvisno tako vremenskih in podnebnih razmer, ki praviloma narekujejo izbiro primernih vrst in sort pridelkov. Spremembe, ki jih klimatski modeli napovedujejo, bodo močno vplivale na količino in kvaliteto pridelkov.

Nekatere spremembe v fenoloških in rastnih fazah so že zaznavne po Evropi, kar dokazuje da se na regionalnem in lokalnem nivoju spreminjajo povprečni vremenski pogoji. V južni Franciji so opazili zgodnejše cvetenje breskev in marelic in sicer en do tri tedne prej kot je bilo to običajno. V vinorodnih območjih Francije je zaradi podaljšane vegetacijske dobe opazno zvišanje povprečnih alkoholnih stopenj vin, prav tako se grozdje dozori tri tedne prej.

Tudi pri žitih je opazno zgodnejše cvetenje in žetev, in sicer sta ti dve fazi v zadnjih petindvajsetih letih postali 10 dni zgodnejši, v tem istem obdobju pa se je povprečna temperatura dvignila za 1,2 °C. V Nemčiji je datum setve koruze in sladkorne pese približno 10 dni zgodnejši kot je bil v zadnjem desetletju 20. stoletja. V južni Franciji se setev koruze izvaja 20 dni prej kot je bilo to prej v navadi. Vse te spremembe kažejo, da se kmetje spremembam prilagajajo samostojno, prav tako pa so opazne tudi spremembe pri trajnih nasadih. Tako vidimo vinograde v Angliji in oljčnike v precej bolj severnih regijah, kot je bilo to običajno v preteklosti (IPCC, 2014).

Preglednica 7: Klimatski in fizikalni dejavniki, ki se zaradi podnebnih sprememb pomembno vplivajo na globalno kmetijsko proizvodnjo (Iglesias, 2009)

Klimatski in povezani fizikalni dejavnik	**Pričakovana smer spremembe**	**Potencialni učinek na kmetijsko pridelavo**
Atmosferski CO_2	Dvig vsebnosti	• Povečana produkcija biomase in povečana potencialna fiziološka učinkovitost izrabe vode pri plevelih in kulturnih rastlinah • Spremenjena ekologija plevelov s potencialno povečano konkurenčnostjo plevelov • Spremenjena rodovitnost tal zaradi spremenjenega C/N razmerja • Spremembe značilnosti agroekosistemov • Spremembe v kroženju dušika • Nižja rast pridelkov kot je pričakovana
Atmosferski O_3	Dvig vsebnosti v troposferi	• Znižanje pridelkov (zmanjšanje listne površine in zgodnejše staranje listov)
Morska gladina	Dviganje	• Vdor morske vode v obalna kmetijska območja in zasoljevanje vodnih virov
Ekstremni vremenski dogodki	Porast časovne in prostorske variabilnosti Več poplav in suš Več vročinskih valov	• Izguba pridelka • Zmanjšan pridelek • Primanjkljaj vode za namakanje Slabši razvoj zrn in povečana prisotnost nekaterih škodljivcev
Intenzivnost padavin	Intenzivnejši hidrološki cikel	• Spremenjen vzorec erozije in povečana vodna erozija • Spremenjeno pojavljanje nevihtnih poplav in škode po nevihtah • Povečana škoda zaradi škodljivcev
Temperatura	Dvig	• Spremembe v primernosti in pridelku kultur • Spremembe pri plevelih, škodljivcih in boleznih • Spremembe v potrebah po vodi • Spremembe v kakovosti pridelkov
	Spremembe razpona dnevno-nočnih temperatur	• Spremembe v produktivnosti in kakovosti pridelkob

4 Strategije prilagajanja držav članic EU

Članice EU so na različnih stopnjah pri pripravi, razvoju in uporabi nacionalnih prilagoditvenih strategij. Veliko držav članic je opravila splošno oceno učinkov klimatskih

spremembb vključujoč tudi kmetijski sektor, vendar pa le redke izvajajo tudi prilagoditvene ukrepe oziroma so ti postopki počasni, zlasti zaradi dolgoročnih učinkov klimatskih sprememb in zaradi kompleksnosti informacij, ki so potrebne za pravilno odločanje ter velikega števila vpletenih. Vendar se razumevanje nujnosti po prilagoditvenih ukrepih širi in države v centralnem in severnem delu Evrope so vodilne v pripravi prilagoditvenih strategij in tam močno napreduje pridobivanje bazičnih znanj in podatkov. Skupna kmetijska politika z različnimi načini plačil in drugimi olajšavami pomaga kmetom pri prilagajanju na nove razmere, še pogosteje pa s plačili izravnava izgube, ki nastanejo zaradi različnih naravnih nesreč. V preglednici 2 je podan nabor ukrepov, ki so del strategij v kmetijski politiki in posredno lahko pomagajo pri prilagajanju na nove podnebne razmere.

Preglednica 2: Vplivi in posledice podnebnih sprememb (dvig temperatur, spremembe v vzorcu padavin, problemi za pridelavo in zagotavljanje oskrbe s hrano) v kmetijstvu po regijah Evrope (IPCC, 2014)

Regija v Evropi	**Vplivi podnebnih sprememb**
J in JV območja (Portugalska, Španija, južna Francija, Italija, Slovenija, Grčija, Malta, Ciper, Bolgarija in južna Romunija)	• Kombinacija visokega dviga temperature zmanjšanja padavin • Brez prilagajanja 10 % do 30 % manjši pridelek • Do leta 2050 zamenjava nekaterih jarin z oziminami • Spremembe strukture kolobarja
Kontinentalna območja (jug in vzhod Nemčije, Avstrija, Poljska, Češka, Slovaška, Madžarska in severna Romunija)	• Povečanje padavin v zimskih mesecih, zmanjšanje v poletnih • Pridelava pod vplivom suš in visokih temperatur • Povečana možnost za erozijo, mineralizacija organske snovi v tleh • Novi škodljivci in bolezni • Podaljšanje rastne dobe v vzhodnih državah
Zahodna in Atlantska območja (zahodna in severna Francija, Belgija, Luksemburg, Nizozemska, Nemčija, Velika Britanija, Irska in Danska)	• Dvig temperature zmeren • Pogostejše nevihte in poplave pozimi • Toplejša in bolj suha poletja • Tekmovanje za vodo in ostale vire • Dvigovanje gladine morja bo zmanjšalo kmetijska območja in povzročilo zasoljevanje vodnih virov in tal
Severna območja (Švedska, Finska in Baltske države)	• Močne nevihte in poplave pozimi • Možno gojiti nove kulture in povečati pridelavo ostalih • Novi škodljivci in bolezni

5 Sklep

Slovenija je leta 2008 sprejela strategijo prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam s petimi strateškimi stebri, vendar kljub pripravi akcijskega načrta še vedno ni izpeljala pomembnih ukrepov kot so na primer vzpostavitev službe za prilagajanje kmetijstva podnebnim spremembam v okviru MKGP, vzpostavitev in vodenje sistema za zgodnejše obveščanje o naravnih nesrečah, pomanjkljivo je izobraževanje, ozaveščanje in svetovanje, manjkajo javnomnenjske raziskave za analizo pripravljenosti na prilagajanje kmečkega prebivalstva in drugih deležnikov, pomanjkljivo pa je tudi pridobivanje novega znanja na področju podnebnih sprememb in prilagajanja nanje.

Preglednica 3: Nekateri ukrepi financirani s strani EU, ki posledično vplivajo tudi na prilagajanje podnebnim spremembam (EC, 2008)

Tip prilagoditve	**Tip posredovanja**
Preprečevanje in boj z ekstremnimi vremenskimi dogodki	Preprečevanje poplav in gospodarjenje z ogroženimi območji (poplavna zaščita obalnih in notranjih ogroženih območij; vpeljava poplavno tolerantnih rastlin na ogrožena povodja)
	Preventivni mehanizmi proti škodljivim učinkom ekstremnih vremenskih dogodkov (protitočne mreže)
	Obnova trajni nasadov po ekstremnih dogodkih
	Prilagoditev kmetijske infrastrukture (zračni hlevi…)
Gospodarjenje z vodo	Sistemi za varčevanje z vodo (učinkoviti namakalni sistemi) Shranjevanje vode Pridelava s tehnologijami, ki varčujejo z vodo (prilagojeni posevki in namakalne tehnike) Čiščenje odpadnih voda s kmetij, gospodinjstev in industrije
Gospodarjenje s prostorom in tlemi	Gospodarjenje s tlemi, primerne tehnike obdelave tal, kolobar Zasajevanje mejic in ohranjanje teras
Upravljanje kmetij	Ekološko kmetijstvo in integrirana pridelava Podpora območjem z omejenimi dejavniki Podpora raznovrstnosti in nekmetijskim dejavnostim na kmetiji
Pokrovnost tal	Pogozdovanje, dosevki, vmesni posevki Kmetijsko gozdarska raba
Širjenje znanja	Usposabljanje svetovalnih služb za omilitev posledic podnebnih sprememb
Genski viri	Ohranjanje genskih virov
Inovacije	Razvoj novih tehnologij, produktov in procesov

6 Literatura

ARSO. 2014. Podnebni scenariji za Slovenijo do leta 2050. Projekt PSS. http://www.meteo.si/uploads/probase/www/climate/PSS/scenariji/podnebni_scenariji.pdf

Bergant, K. 2010. Podnebje v prihodnosti - koliko vemo o njem? Agencija RS za okolje: 19 str. http://www.arso.si/podnebne%20spremembe/Podnebje%20v%20prihodnosti/ (1.12.2014)

Bergant, K., Cegnar, T., Dolinar, M., Frantar, P., Gregorič, G., Kambič, A., Klaneček, M., Kobold, M., Koren, S., Nadbath, M., Pavčič, B., Pogačar, T., Robič, M., Souvent, P., Strojan, I., Sušnik, A., Ulaga, F., Vertačnik, G., Vičar, Z., Žlebir, S., Žust, A. 2010. Okolje se spreminja: podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje. Agencija RS za okolje: 162 str.

EEA. 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012

EEA. 2013. Adaptation in Europe: Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments EEA Report No 3/2013: 132 s.

ENSEMBELS projekt: http://www.ensembles-eu.org/

EC (Evropska komisija - generalni direktorat za kmetijstvo in razvoj podeželja). 2008. Kmetijstvo Evropske unije – sprejemanje izziva na področju podnebnih sprememb: 15 str.

IPCC. 2013. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F. et al. (eds.)]. Cambridge University Press: 1535 str.

IPCC. 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability. WG II, Summary for Policymakers: 44 str.

Kajfež Bogataj, L. 2005. Podnebne spremembe in ranljivost kmetijstva. Acta agric. Slov., 85, 1: 25-40

Kajfež-Bogataj, L., Pogačar, T., Ceglar, A., Črepinšek, Z. 2010. Spremembe agroklimatskih spremenljivk v Sloveniji v zadnjih desetletjih. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, 95: 97-109

Povečano neravnotežje vodne bilance kmetijskih zemljišč – izziv prilagajanja kmetijstva

Andreja SUŠNIK[63], Ajda VALHER[64]

Izvleček
Kmetijska dejavnost je kompleksen proces s številnimi tveganji. Mnoga med njimi so povezana s pridelavo in trgom. Še vedno največji negotovosti kmetijske pridelave so vremenske razmere. Z izrednimi pojavi omejujeta kmetijsko pridelavo in zmanjšujeta pridelek. Posameznih pojavov kot so suša, naliv ali poplava ne moremo neposredno povezati z globalnimi spremembami podnebja. Dejstvo je, da so izjemni vremenski dogodki mogoči tako v sedanjem kot v prihodnjem podnebju. Razlika je le v verjetnosti za pojav dogodka, ki pa se v zadnjih letih povečuje. To se odraža tudi v njihovi razsežnosti v Sloveniji, kjer se vse pogosteje razvijejo v naravno nesrečo. V zadnjih 14 letih je kmetijstvo v Sloveniji 5-krat prizadela kmetijska suša, trikrat moča s poplavami različnih časovnih in prostorskih razsežnosti. Posredna škoda je nastala tudi še zaradi drugih vzrokov kot so pojav škodljivcev, plazov, oviranih tehnoloških ukrepov itd. Za ugotavljanje trenutnega stanja, trendov in tudi projekcij podnebnih sprememb izjemnih vremenskih dogodkov v kmetijstvu uporabljamo meritve, vodnobilančne modele in analitična orodja agrometeorološkega monitoringa. Mednje sodi tudi dekadni indeks sušnega stresa – DISS. Le zgodnje opozarjanje pred vodnim neravnovesjem ter poznavanje podnebnih značilnosti območij s kmetijskimi zemljišči lahko pripomore, da s pravilnimi tehnološkimi ukrepi in strateškimi odločitvami v kmetijstvu naredimo kmetijsko pridelavo bolj prilagodljivo in manj ranljivo na večjo vremensko variabilnost. S tem bomo dosegli tudi bolj modro upravljanje s kmetijskimi zemljišči.
Ključne besede: suša, moča, vodna bilanca tal, izjemni vremenski dogodki, podnebne spremembe

Increased water balance imbalance of agricultural land – agricultural adaptation challenge

Abstract
Agriculture is very complex process with numerous risks. Many of them are linked up with production and market. The largest uncertainties are still weather and climate. With extreme events they limit agricultural production and lessen yield. Single phenomena as drought, heavy rainfall, flood can not be directly connected with global climate change. The fact is that extreme weather events are possible in the present and future climate. The only difference is the probability of event occurence, which is increasing in the past years. This reflects also in their extension in Slovenia, where more frequently develop in natural disaster. In the last 14 years agriculture in Slovenia was 5-times affected due to drought, 3-times due to wetness and floods of different spatial and temporal extensions. Indirect damage originated also from different causes as appearance of pests, land-slides, hinderred technological measures etc. For assessment in present state, trends and climate change projections of extreme weather events measurements, models and analytical tools of agrometeorological monitoring are used. Among them is also decadal drought stress index – DISS. Only the water imbalance early warning and the knowledge of agriculture land climate characteristics could help that with the correct technological measures and strategical decisions in agriculture could become more elastic and less vulnerable to higher weather variability. This will enable more wise agricultural land management.
Key words: drought, wetness, soil water balance, extreme weather events, climate change

[63] Dr., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, e-pošta: andreja.susnik@gov.si
[64] Ajda s.p., e-pošta: ajda.valher@gov.si

1 Uvod

Spreminjajoče podnebje vodi do sprememb pogostnosti, jakosti, prostorske razširjenosti, trajanja ter nastopa vremenskih in podnebnih izrednih dogodkov. To potrjujejo tudi najnovejše ocene Medvladnega panela za podnebne spremembe (Special report …, 2012). Med izredne vremenske dogodke štejemo redke vremenske pojave, ki močno odstopajo od povprečnega stanja. Kadar takšni vremenski dogodki povzročijo veliko škodo in prizadenejo večje območje s številčnejšim prebivalstvom, jih prištevamo med naravne nesreče. Pogosto se pojavljajo interpretacije, da so posamezni vremenski dogodki posledica podnebnih sprememb, vendar so izjemni vremenski dogodki možni tako v sedanjem kot tudi v spremenjenem podnebju. Razlika je le v verjetnosti, da se tak dogodek zgodi (Stališče SMD …, 2011).

Suša in moča postajata del ekstremnih vremenskih dogodkov, ki povzročajo težave svetovni, evropski in tudi slovenski ekonomiji. Podnebje je eden od najpomembnejših dejavnikov, ki omejujejo kmetijsko pridelavo: majhna ali prevelika količina padavin v rastni dobi ter njihova neenakomerna razporeditev je splošen problem, s katerim se vse pogosteje sooča kmetijstvo. Dalj časa trajajoča suša in moča lahko vplivata na vodno varnost kot tudi na varnost hrane preko zmanjšanja kmetijske pridelave.

Slovenija je raznolika tako v prostorskem kot tudi časovnem pojavljanju suše, saj se pojavljajo tudi mokra leta s presežki vode. Primanjkljaj vode od aprila do konca septembra je v zadnjih 53 letih povzročil kmetijsko sušo v Sloveniji petnajstkrat, in sicer leta 1967, 1971, 1973, 1977, 1983, 1992, 1993, 1994, 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2012 in zadnjo - leta 2013 (Sušnik, 2014).

V Sloveniji je suša v strukturi škod v kmetijstvu v zadnjih desetih letih pri vrhu lestvice (Ocenjena škoda …, 2009; Programi odprave …, 2013; Program odprave …, 2014). Suše v letih 2003, 2006, 2007, 2012 in 2013 so bile razglašene kot naravna nesreča in so povzročile za 321,3 milijonov evrov škode. Med najbolj perečimi je bilo leto 2003, ko je več kot 60 % slovenskega ozemlja prizadela ekstremno huda suša. Tudi v letu 2012 je Slovenijo zajela suša, predvsem hidrološka, ki je trajala že od jeseni 2011 in se je v poletnem času razvila tudi v kmetijsko sušo. Leta 2013 je poletna kmetijska suša, ki je dosegla ekstremne razsežnosti na obalnem območju in severovzhodni Sloveniji, povzročila 100 milijonov evrov škode. Leta 2014 pa je Slovenijo pestila izjemna namočenost, ki je prav tako povzročila težave v kmetijstvu.

Ker področje suše/moče zajema več gospodarskih področij, na mikro in makro ravni, moramo za dobro upravljanje na tem področju vzpostaviti večje sodelovanje vseh deležnikov. Hidrološki in agrometeorološki monitoring je z izboljšanjem modelskih orodij že vzpostavil sisteme sledenja pojava suše/moče in poplav ter delno tudi njihove napovedi. Vzpostavljene so tudi teoretične meje in pragovi za hidrološke in meteorološke/kmetijske suše.

Ranljivost kmetijstva na neravnotežje vodne bilance kmetijskih tal je zadosten razlog, da na Agenciji RS za okolje (ARSO) pripisujemo velik pomen razvoju novih orodij za spremljanje teh pojavov. Orodja, s katerimi analiziramo pretekle vegetacijske sezone ali pa sledimo trenutnemu stanju oskrbe kmetijskih rastlin z vodo, so lahko enostavni (delež padavin, standardiziran padavinski indeks – SPI itd.) ali kompleksni kazalci (vodna bilanca, dekadni indeks sušnega stresa – DISS itd.). Nekatera orodja so uporabna za analizo suhih obdobij, druga pa tudi za analizo mokrih vegetacijskih sezon. V članku se bomo osredotočili na kompleksno orodje za sledenje suše.

2 Material in metode dela

2.1 RAZISKOVALNE LOKACIJE

Prostorska raznolikost kmetijske suše oziroma moče je zelo odvisna od trajanja in obsežnosti pojava; v nekaterih letih je zelo lokalna, spet v drugih zajame celo Slovenijo. Za analizo kmetijske suše in izračun kazalcev smo uporabili dnevne padavinske podatke in podatke meritev meteoroloških spremenljivk, ki so potrebne za izračun referenčne evapotranspiracije. Za študijo smo izbrali deset meteoroloških postaj ARSO: Rateče (RA), Bilje (BI), Ljubljana (LJ), Črnomelj (ČR), Celje (CE), Novo mesto (NM), Maribor (MB), Šmartno pri Slovenj Gradcu (ŠSG), Murska Sobota (MS), Portorož (POR). Tla smo glede na sposobnost zadrževanja vode razdelili v dve skupini, in sicer v tla s slabimi (efektivna poljska kapaciteta – EPK - manjša od 60 mm) in dobrimi (EPK večja od 120 mm) vodnozadrževalnimi sposobnostmi. Podana je analiza rastnih sezon koruze (*Zea mays*) v obdobju 53 let od leta 1961 do 2014, s pomočjo novo razvitega kazalca – dekadnega indeksa sušnega stresa, DISS (Sušnik, 2014). DISS za vhodni podatek potrebuje tudi vodno bilanco rastline, ki je izračunana z vodno bilančnim modelom IRRFIB (opisan v poglavju 2.2).

2.2 VODNO BILANČNI MODEL IRRFIB (0.3.1)

Vodno bilančni model IRRFIB je bil razvit in nadgrajen na Oddelku za agrometeorologijo na ARSO, sprva za ocene potreb po namakanju kmetijskih rastlin (Sušnik in sod., 2006). Model IRRFIB izračunava vodno bilanco z uporabo referenčne evapotranspiracije, ki se izračunava po Penman-Monteithovi metodi (Allen in sod., 1998). Uporabljen je bil kot orodje za analize porabe vode pri kmetijskih rastlinah, medletne variabilnosti pridelka in potreb rastlin po namakanju (Pintar, 2009) ter v študijah vpliva podnebnih sprememb in variabilnosti suš ter vodnega primanjkljaja (Sušnik in Gregorič, 2008). Model je bil preverjen tudi v sklopu testiranja namakalnih modelov v Evropi (Sušnik in Matajc, 2005). Združuje dva različna modula: za namakane in nenamakane kmetijske rastline. Ker večjega dela kmetijskih rastlin v Sloveniji ne namakajo, se je po letu 2009 razvoj modela usmeril v sledenje vodne bilance nenamakanih rastlin ter ugotavljanje količinskega primanjkljaja vode za kmetijske rastline oziroma sušnega stresa (Sušnik in Valher, 2012; Sušnik in sod. 2012; Sušnik in Valher, 2013). Model IRRFIB simulira porabo vode posamezne kulture med vegetacijskim obdobjem z upoštevanjem vodnozadrževalnih sposobnosti tal, fenoloških faz izbrane kmetijske kulture, globine korenin in atmosferskih razmer.

Podatke za analizo smo pridobili iz meteorološkega (podatki o padavinah in referenčne evapotranspiracije) in fenološkega (fenološki podatki fenološkega standarda za koruzo, podatki o koeficientih rastlin in globina korenin) arhiva ARSO (Fenološki in …, 2014). V modelu so vodnozadrževalne sposobnosti tal izražene v točki poljske kapacitete in točke venenja, ki sta potrebni za določitev vodnega zbiralnika v območju korenin. Natančnejši opis modela IRRFIB je dostopen v literaturi (Sušnik, 2006 in 2014). Model je osnova za razvoj kompleksnejšega kazalca DISS.

2.3 DEKADNI INDEKS SUŠNEGA STRESA – DISS

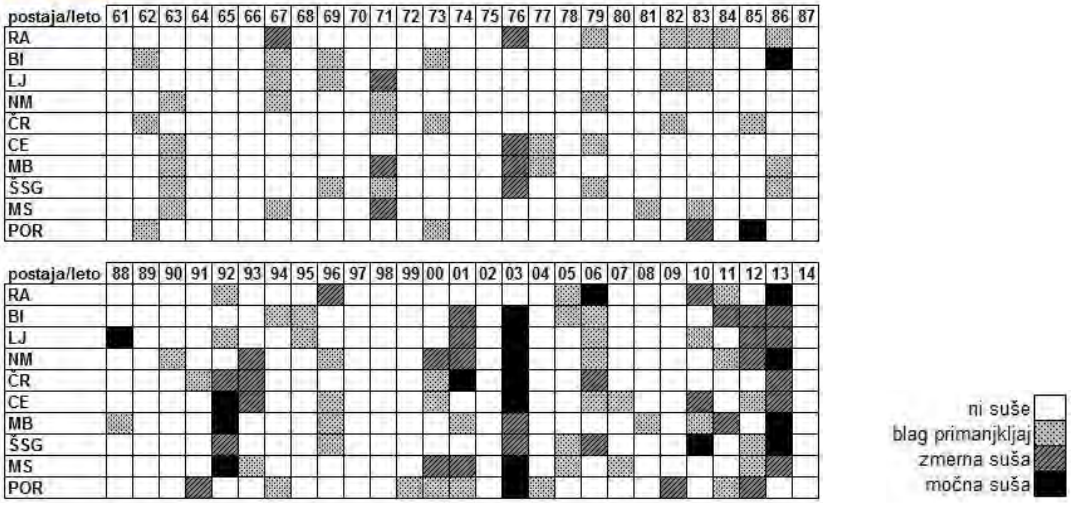
Ob ugotavljanju dejanskega sušnega stresa pri kmetijskih rastlinah enostavni kazalci, ki vključujejo le meteorološke podatke, ne pa podatkov o razvojnem stanju rastlin in vodnozadrževalnih sposobnosti tal, ne pokažejo prave slike. Dosedanje analize (Sušnik, 2014) so potrdile, da splošni enostavni kazalci kmetijske suše zaznajo sušno leto, težje pa na njihovi osnovi sklepamo o stopnji poškodovanosti kmetijskih rastlin. Običajno sta trajanje kmetijske suše in prizadeto območje zaradi suše določena arbitrarno glede na meteorološko sušo, šele na osnovi subjektivne ocene strokovnih komisij na terenu pa se določa stopnja poškodovanosti

kmetijskih rastlin. Zaradi subjektivnosti obstoječih ocen suše se je pojavila potreba po kvantitativni oceni stopnje suše kmetijskih rastlin ter njeni prostorski primerljivosti.
Dejavniki, ki vplivajo na določitev stopnje kmetijske suše in poškodovanosti rastlin, so različni in se spreminjajo iz leta v leto ter vplivajo na trajanje in intenziteto kmetijske suše. Zato je bil definiran in razvit nov kompleksen kazalec dekadni indeks sušnega stresa – DISS, ki združuje informacije podnebje-rastlina-tla. Prednost tega kazalca je, da opisuje jakost sušnega stresa za izbrane kmetijske rastline na izbranem tipu tal v izbrani časovni enoti. Kazalec DISS je zasnovan kot orodje za sprotno sledenje in klimatološko vrednotenje sušnega stresa v daljšem časovnem obdobju. Več o DISS je dostopno v raziskavi Sušnik (2014).
Sušni stres je definiran kot stanje, ko dnevna vodna bilanca rastline pade pod prag sušnega stresa, ki je določen z deležem rastlini lahko dostopne vode. Pri izračunu DISS se privzame rangiranje dnevne vodne bilance v območju sušnega stresa (raven vode v tleh pod pragom sušnega stresa) v tri arbitrarne jakostne razrede. Dekadni DISS lahko zavzame vrednosti med 0 in 3, kjer nižje vrednosti pomenijo, da je rastlina dobro prekrbljena z vodo, vrednosti višje od 1 pa sušno stanje (o blagem primanjkljaju govorimo, ko je DISS ≤ 1; o zmerni suši, ko je $1 < \text{DISS} \leq 2$ in o močni suši, ko je zadoščeno pogoju $2 < \text{DISS} \leq 3$).
Dekadni DISS je bil nadgrajen s kumulativno vrednostjo DISS_k, ki podaja oceno o trajanju in jakosti suše, ki jo je utrpela kmetijska rastlina na izbranih tleh v izbranem obdobju. Maksimalna vrednost DISS_k je povezana z dolžino rastne dobe kmetijske rastline. V ekstremno suhem mesecu DISS_k lahko doseže najvišjo vrednost 9, v ekstremno suhi vegetacijski sezoni, ki bi na primer trajala od aprila do septembra in bi bil DISS vseskozi enak 3, bi bila vrednost DISS_k enaka 54.
V analizi časovnih vrst DISS v letih od 1961 do 2014 smo ugotavljali spremembe med obdobjema 1961–1987 in 1988–2014.
Za verifikacijo in interpretacijo DISS v posameznih letih je bil uporabljen Arhiv suš, ki ga vodi ARSO (Popis suš ..., 2013) in je večinoma nastal kot povzetek zapisov v agrometeoroloških poročilih v obdobju od leta 1961 do 2014. Ugotovljena je bila tudi dobra povezava DISS s škodami po suši v obdobju po letu 2003 (Sušnik, 2014).
DISS ne vključuje vseh dejavnikov, ki se lahko pojavijo kot vzrok za poslabšanje stanja kmetijskih rastlin ob suši kot na primer vročina, ožigi, motena fenologija in drugi.

3 Rezultati z diskusijo

Časovni nizi DISS_k omogočajo ugotavljanje klimatologije suše in oceno tveganja zaradi suše. Običajno ob koncu vegetacijske sezone primerjamo sušo s preteklimi sušami, ali pa ugotavljamo pogostnost suš v daljšem obdobju in pogostnost tveganja zaradi suše. V nadaljevanju navajamo primer DISS_k za koruzo za vse izbrane postaje na tleh s slabimi vodnozadrževalnimi sposobnostmi (slika 1) v obdobju od leta 1961 do 2014 v Murski Soboti. Za tla s slabimi in dobrimi vodnozadrževalnimi sposobnostmi so podana povečanja DISS_k v obdobju 1961-1987 glede na obdobje 1988-2014 (preglednica 1) ter detajlnejši pogled dekadnega kazalca DISS znotraj rastnih dob za koruzo v Murski Soboti na tleh s slabo vodnozadrževalno sposobnostjo (slika 1).
Izračunani kazalec DISS kaže, da se pojavnost suše povečuje, še posebej po letu 2000 (slika 1). Včasih so suše prizadele le posamezne regije, v zadnjih letih pa je teh območij vedno več. Na sedmih od desetih izbranih lokacijah se je suša v obravnavanem obdobju prvič pojavila v letu 1992 ter nato še večkrat v vsaj takem obsegu po letu 2000 (2001, 2003, 2006, 2012, 2013). Primanjkljaj vode v vegetacijskih sezonah se torej v novejšem času razširja na vse večje območje Slovenije. Povečuje se tudi intenzivnost suš, saj je do leta 1992 prevladoval

občasni, lokalno omejen blag primanjkljaj, predvsem po letu 2000 pa je večkrat zaznana zmerna ali močna suša. Tako po obsegu kot tudi intenziteti suše izstopata leti 2003 in 2013. Primanjkljaji vode v vegetacijskih sezonah so v novejšem obdobju tudi intenzivnejši, saj so rezultati analize pokazali, da se $DISS_k$ za koruzo od leta 1988 do 2014 povečuje na obeh izbranih talnih tipih na vseh obravnavanih lokacijah. Relativno povišanje $DISS_k$ (preglednica 1) na tleh s slabo vodnozadrževalno sposobnostjo je v obsegu od 21 do 75 %, kjer je največja razlika zabeležena v Celju, povečanje za okrog 50 % pa v Murski Soboti, Ljubljani in Novem mestu. Povprečno povišanje za Slovenijo je 42 %. Še višje spremembe pa so bile izračunane za tla z dobro vodnozadrževalno sposobnostjo, od 61 % v Portorožu do 272 % v Celju, povprečje obravnavanih postaj pa je 155 %. Značilnosti kmetijskih suš v novejšem obdobju kažejo, da njihova večja jakost bolj vpliva tudi na tla z boljšimi vodnozadrževalnimi lastnostmi, ki v preteklosti zaradi manjše jakosti suše niso bila tako izpostavljena.

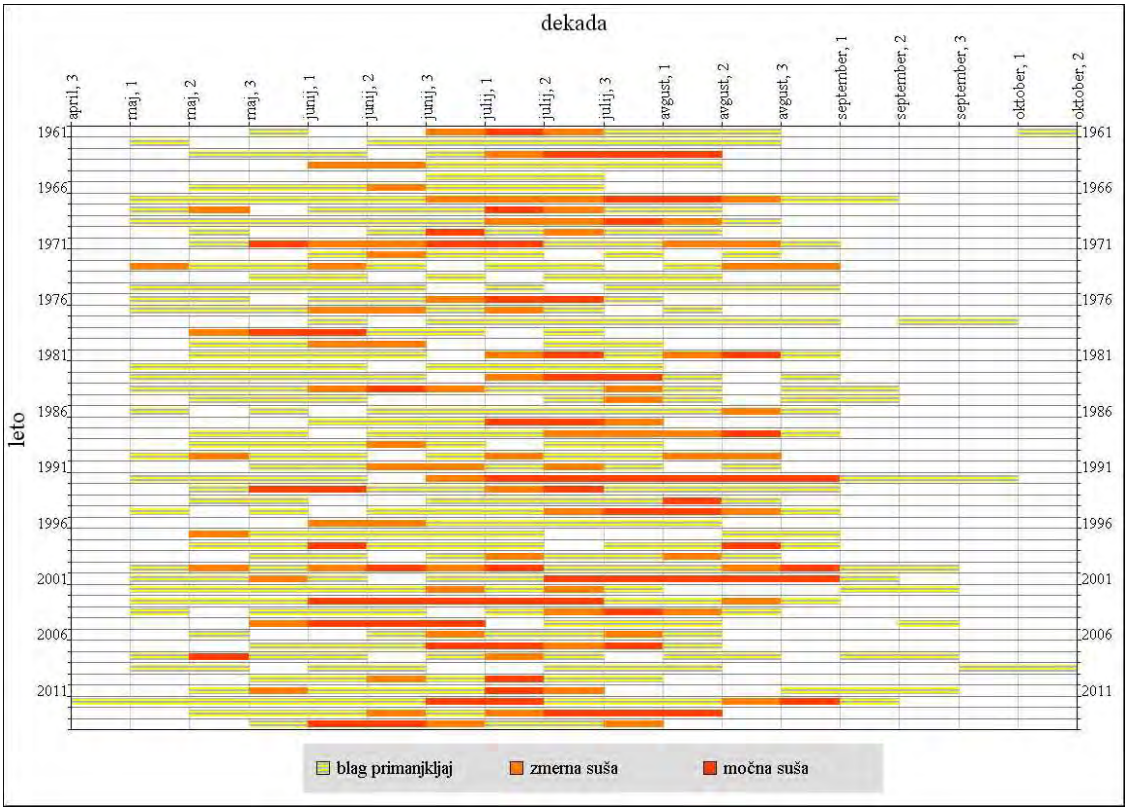


Slika 1: Kumulativni dekadni indeks sušnega stresa ($DISS_k$) v rastni dobi koruze na tleh s slabo vodnozadrževalno sposobnostjo v obdobju od leta 1961 do 2014 na izbranih lokacijah

Preglednica 1: Relativna sprememba $DISS_k$ za koruzo v obdobju 1988–2014 glede na obdobje 1961–1987 v %

Vodnozadrževalna sposobnost tal	Postaje										
	RA	ŠSG	LJ	MB	NM	CE	ČR	MS	BI	POR	SLO
Dobra	201	127	126	62	248	272	145	151	155	61	155
Slaba	23	33	50	21	52	75	41	49	40	28	42

Za podrobnejši klimatološki pregled suše smo si ogledali tudi jakost suše po dekadah v rastni dobi koruze po posameznih letih za Mursko Soboto na tleh s slabo vodnozadrževalnimi sposobnostmi (slika 2). Vidna so obdobja krajših in daljših intervalov suše. Tako lahko poleg jakosti spremljamo tudi trajanje suše. Če pogledamo primer suše v letu 2003, ugotovimo, da je blaga suša nastopila že spomladi ter se stopnjevala prek zmerne do močne suše v začetku junija in je trajala vse do tretje dekade julija. Sledilo je rahlo izboljšanje, ki pa je bilo vseeno zaznano kot blagi primanjkljaj, zmerno suha dekada se je nato ponovila še v drugi dekadi avgusta.



Slika 2: Tipizacija jakosti suše z DISS pri koruzi na tleh s slabo vodnozadrževalno sposobnostjo od 3. dekade aprila do 1. dekade oktobra v obdobju od leta 1961 do 2014 v Murski Soboti

Zanimiva je tudi analiza stanja v letih 2012, 2013 in 2014. Gre za tri izredno neugodne vegetacijske sezone, ki pa so si bile med seboj popolnoma različne. Vegetacijska sezona 2012 se je po intenzivni zimsko-jesenski hidrološki suši začela z blagim primanjkljajem vodne bilance tal, ki se je nadaljeval vse do tretje junijske dekade, ko je za dve dekadi nastopila močna kmetijska suša. Sledil ji je zopet blag primanjkljaj v vodni bilanci tal, ki se je ponovno okrepil v zadnjih dveh dekadah avgusta. Vodni primanjkljaj je trajal torej od začetka vegetacijske sezone pa vse do druge septembrske dekade in s tem držal koruzo stalno v sušnem stresu. Sušno obdobje v letu 2013 je bilo krajše od tistega v letu 2012, a bolj intenzivno. Blag primanjkljaj se je začel v drugi majski dekadi, najhujše pa so bile razmere od prve julijske dekade, ko se je začela zmerna suša ter se stopnjevala v močno, ki ni popustila ves mesec. Ob pomanjkanju padavin in visokih temperaturah zraka je bila koruza poleg močnega sušnega stresa izpostavljena še sončnim ožigom. V sezoni 2014 pa je bila suša kratkotrajna in intenzivna v junijskem obdobju, ker pa temperature zraka niso bile previsoke, to ni povzročilo večje škode. Večjo škodo je povzročila moča v avgustu, septembru in oktobru.

4 Sklepi

Kompleksni kazalec DISS ima potencialno uporabno vrednost, saj zmanjšuje subjektivnost določanja, kako poškodovane so rastline zaradi suše. Uporabna vrednost DISS bo še večja, če

bodo dostopni kakovostni podatki za izračun kazalca (agronomski, pedološki, podatki o rabi zemljišč, škode itd.) in poenotene evidence različnih inštitucij. Sistem za ugotavljanje poškodovanosti po suši trenutno pestijo neažurni, premalo natančni in slabo dostopni podatki. Ob izboljšanju evidenc in integraciji podatkov bi bilo možno zmanjšati stroške postopkov v programih za odpravo posledic suše. Kazalec DISS je lahko uporaben tudi pri pripravi smernic in ukrepov za prilagajanje na sušo ter tudi pri študijah vpliva podnebnih sprememb na kmetijsko pridelavo. Na ta način bi lahko izboljšali preventivne ukrepe, zmanjšali tveganje in spodbujali primere dobrega gospodarjenja v kmetijstvu.

5 Literatura

Allen, R.G., Perreira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper. Technical report. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: 300 str.

Fenološki in meteorološki podatki 1961–2014. 2014. Agencija RS za okolje (arhiv podatkov)

Ocenjena škoda po vzroku elementarne nesreče, Slovenija, letno. 2009. Statistični Urad RS. http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27_okolje/05_Nesrece/27089_ocenjena_skoda/27089_ocenjena_skoda.asp (16.9.2013)

Pintar, M. 2009. Končno poročilo za pilotno študijo o oceni porabljene količine vode za namakanje površin. Pilotna študija, Statistični urad Republike Slovenije: 23 str.

Popis suš 1961-2012. Povzetki iz agrometeoroloških poročil. 2013. Agencija RS za okolje, Oddelek za agrometeorologijo

Programi odprave posledic naravnih nesreč. Program odprave posledic škode v kmetijstvu zaradi suše leta 2012. 2013. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje: 19 str. http://www.mko.gov.si/si/delovna_podrocja/odprava_posledic_naravnih_nesrec/ (10. 7. 2013)

Program odprave posledic škode v kmetijstvu zaradi suše leta 2013. 2014. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje: 29 str.

Special report on the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. 2012. Cambridge, Cambridge University Press, IPCC (International Panel on Climate Change): 582 str.

Stališče SMD o podnebnih spremembah. 2011. Ljubljana, Slovensko meteorološko društvo: 29 str.

Sušnik, A., Matajc, I. 2005. IRRFIB model and its practical usage for drought estimation in Slovenia. Irrigation and pest and disease models: evaluation in different environments and web-based applications. Maracchi G., Kajfež-Bogataj L. (ur.). COST Action 718 – Meteorological Applications for agriculture: 36-42

Sušnik, A. 2006. Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Magistrsko delo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 147 str.

Sušnik, A., Matajc, I., Kodrič, I. 2006. Agrometeorological support of fruit production: application in SW Slovenia. WMO CAgM/ET. Meteorological Applications (Supplement): 81-86 (2006)

Sušnik, A., Gregorič, G. 2008. Trendi ranljivosti na kmetijsko sušo. Strategija upravljanja z vodami v luči podnebnih sprememb. V: 19. Mišičev vodarski dan, Maribor, 8. december 2008. Maribor, Vodonogospodarski biro: 26-31. http://mvd20.com/LETO2008/R4.pdf (1.7.2013)

Sušnik, A., Valher, A. 2012. Spomladanska suša in drugi vremenski vplivi na kmetijske rastline leta 2011. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ujma, 26: 55-69

Sušnik, A., Valher, A., Gregorič, G., Trošt, M. 2012. Tools for agricultural drought detection in the frame of Drought Management Centre for south-east Europe – DMCSEE. Acta agriculturae Slovenica, 99: 235-253

Sušnik, A., Valher, A. 2013. Vremensko pogojene težave v kmetijstvu v letu 2012. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ujma, 27: 62-70

Sušnik, A. 2014. Zasnove kazalcev spremljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorsko delo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 288 str.

Modeliranje distribucije vode pod površinskim kapljičnim namakanjem hmelja

Boštjan NAGLIČ[65], Cedric KECHAVARZI[66], Marina PINTAR[67]

Izvleček
Poznavanje horizontalne in vertikalne distribucije vode v tleh pod površinskim vodnim točkovnim virom je bistvenega pomena za oblikovanje učinkovitih ter stroškovno sprejemljivih nadzemnih kapljičnih namakalnih sistemov. V tej raziskavi smo uporabili numerični model Hydrus-2D/3D in njegove rezultate simulacij primerjali z eksperimentalnimi podatki meritev vsebnosti vode s TDR (Time Domain Reflectometry) metodo na 20 lokacijah v talnem profilu v meljasto-glinasto-ilovnatih tleh pod površinskim kapljičnim namakanjem hmelja v Žalcu. Rezultati primerjave simuliranih in eksperimentalnih podatkov so pokazali, da je Hydrus-2D/3D zadovoljivo napovedal vrednosti vsebnosti vode v talnem profilu z vrednostmi celotne napake, ki je bila od 0,25 do 13,37 % volumskih odstotkov vode. To kaže, da se Hydrus-2D/3D lahko uspešno uporablja za modeliranje pomikanja vode v danih tleh pod nadzemnim kapljičnim namakanjem hmelja.
Ključne besede: modeliranje, Hydrus-2D/3D, distribucija vode, hmelj, kapljično namakanje

Modelling of soil water distribution under surface drip irrigated hop

Abstract
Information about the horizontal and vertical distances of water distribution in soils under a surface point source is essential for the design of efficient and cost effective surface drip irrigation systems. In this study numerical simulations were carried out with Hydrus-2D/3D and its results compared with TDR (Time Domain Reflectometry) measured experimental data. Field measurements were performed at 20 locations in layered silty clay loam soil profile under surface drip irrigation of hop in Žalec. Hydrus-2D/3D predicted satisfactorily the distribution of water with a root-mean-square-error varying between 0.25 and 13.37 %. This indicates that Hydrus-2D/3D can be successfully used for modelling surface drip irrigation of hop.
Key words: modelling, Hydrus-2D/3D, water distribution, hop, drip irrigation

1 Uvod

V času podnebnih sprememb postaja namakanje vse bolj aktualna tema v kmetijstvu. Z namakanjem preprečimo stres rastline zaradi pomanjkanja vode in zagotavljamo vsakoletne velike in kakovostne pridelke. Po drugi strani je namakanje ukrep, ki omogoča stabilno rastlinsko pridelavo, ki ob upoštevanju naravnih zakonitosti vsebuje tudi naravovarstveno komponento v takšni meri, da zagotavlja trajnostni razvoj. Globalno gledano namakani posevki danes predstavljajo okoli 40 % celotne kmetijske pridelave. Površina namakanih zemljišč se je globalno od leta 1960 povečevala skoraj linearno, s stopnjo okoli 2 % na leto. Ker postaja voda v času podnebnih sprememb vse dragocenejša dobrina, bodo prakse, ki povečujejo učinkovito rabo vode za namakanje, lahko pripeljale do pomembnih prilagoditvenih možnosti za vso svetovno pridelavo hrane (Bates in sod., 2008). Hkrati so potrebne tudi izboljšave učinkovitosti namakanja (modifikacija tehnik namakanja, vključno s

[65] Dr, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenia, e-pošta: bostjan.naglic@ihps.si
[66] Prof. dr, University of Cambridge, Department of Engineering, Cambridge, CB2 1PZ, UK, e-pošta: ck209@cam.ac.uk
[67] Prof. dr, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenia, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

količino dodane vode in tehnologijo namakanja), ki so kritične za zagotavljanje vode za pridelavo hrane (Bruinsma, 2003).
Kapljično namakanje ponuja velik potencial za izboljšanje upravljanja z vodo in tako prispeva k izboljšanju kakovosti in količine pridelkov, z manjšo porabo vode in z možnostjo ciljnega in omejenega gnojenja ter dodajanja kemikalij. Na tak način povečuje učinkovito rabo vode in zmanjšuje tveganje za onesnaženje (Fernandez-Galvez in Simmonds, 2006). Vsebnost vode v tleh se spreminja tako prostorsko kot časovno in je močno odvisna od oblikovnih parametrov kapljičnega namakalnega sistema (razdalja med kapljači (površinskimi vodnimi točkovnimi viri) in laterali, pretok posameznega kapljača), podnebnih razmer, tipa tal, rastline in upravljanja namakanja (obrok dodane vode, različne strategije namakanja). Za učinkovit načrt in uporabo kapljičnih namakalnih sistemov je potrebno predvideti dinamiko vode v tleh ob upoštevanju vseh zgoraj naštetih dejavnikov. V tem kontekstu predstavlja modeliranje praktičen pristop za oceno pomikanja vode v tleh in evapotranspiracije. Za tovrstno modeliranje obstaja kar nekaj empiričnih, analitičnih ali numeričnih modelov, ki so podrobneje predstavljeni v Naglič in sod. (2012). Šimunek in sod. (2006) so razvili numerični programski paket Hydrus-2D/3D, ki omogoča implementacijo 3D, aksialno-simetričnega pretoka vode, transporta raztopin in odvzema vode in hranil skozi korenine. Zaradi večjih računalniških zmogljivosti in razpoložljivosti učinkovitejših računalniških numeričnih modelov se numerični pristopi, kot je Hydrus-2D/3D, zdaj vse bolj uporabljajo tudi za ocenjevanje distribucije vode (Aussaline, 2001; Skaggs in sod., 2004; Bufon in sod., 2011; Dabach in sod., 2013) pri kapljičnih namakalnih sistemih. V tem članku predstavljamo rezultate numeričnega modela Hydrus-2D/3D, ki smo jih primerjali z eksperimentalnimi podatki meritev vsebnosti vode v tleh na 20 lokacijah v talnem profilu pod površinskim kapljačem v meljasto-glinasto-ilovnatih tleh v nasadu hmelja v Žalcu.

2 Material in metode dela

2.1 POLJSKI POSKUS

Poljski poskus se je izvajal na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) v Žalcu, na lokaciji s koordinatami 46° 24'N, 15° 16'E in nadmorsko višino 255 m. Zračna razdalja med lokacijo poskusa in najbližjo meteorološko postajo, ki se nahaja v Celju (Medlog), je približno 4.4 km. Povprečne vrednosti mesečne referenčne evapotranspiracije (ETo) za mesec avgust in september za 30-letno obdobje znašajo 3,6 in 2,27 mm. Povprečne mesečne vrednosti v letu 2012 za mesec avgust in september so znašale 4,4 in 2,4 mm (ARSO, 30. 8. 2013). Koeficienti rastline (Kc) so bili pridobljeni iz Knapič (2002). Kc 1,15 je bil izbran kot reprezentativen za izračune potencialne evapotranspiracije (ETc). Za namen Hydrus simulacij so bile dnevne vrednosti ETo (mm/dan) pretvorjene v urne ETo (mm/h).
Nasad hmelja sorte Dana je bil na mestu poskusa zasajen leta 2006. Površina celotnega hmeljišča znaša 2,04 ha z medvrstno razdaljo 2,8 m in vrstno razdaljo 1,1 m. Poskus se je izvajal poleti 2012, od 28. avgusta do 6. septembra. V talnem profilu so bile določene pedološke lastnosti. Za potrebe poskusa je bila v vrsti hmelja postavljena 5 m dolga kapljična cev (Netafim®, 17 mm, pretok kapljača 1,6 l/h). Kapljična cev je bila nameščena v vrsti hmelja (po vrhu grebena). Za potrebe poskusa je bil izoliran en kapljač, da se je preprečilo prekrivanje vzorcev omočenosti tal od sosednjih kapljačev. Talni profil je bil izkopan v vrsti hmelja med dvema rastlinama. Tla uvrščamo med obrečna rjava tla, globoko oglejena. Določenih je bilo pet horizontov do globine 80 cm, kot sledi: P horizont (20-0 cm, kar predstavlja nasut greben vzdolž vrste rastlin), A1 horizont (0-20 cm), A2 horizont (20-35 cm), AGo horizont (od 35-50 cm) in GoA horizont (od 50 - 80+ cm) (Prus, 2000). Na vsaki strani

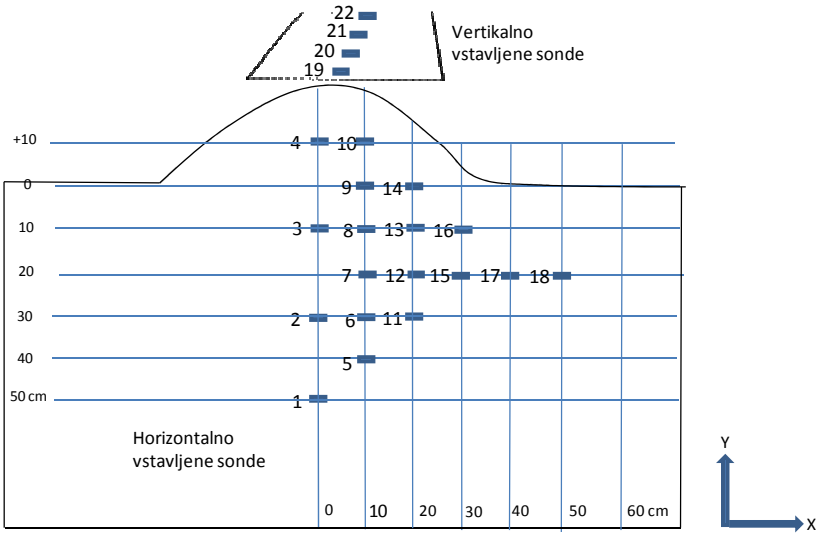
vrste hmelja (grebena) je bila, na osnovi izraženosti strukturnih agregatov, ki so bili na območju zbitosti uničeni in stisnjeni, določena zbita cona tal do globine 50 ± 2 cm. Pojav te cone je najverjetneje posledica rednega prehoda težke strojne mehanizacije.
Izoliran kapljač je bil lociran 30 cm od navpične stene izkopanega talnega profila. Povprečen izmerjen pretok kapljača je znašal 1,47 l/h. Namakanje v poskusu ni pokrivalo potreb rastlin po vodi, saj je bil namen poskusa ocenitev zmožnosti pravilnosti simulacij z modelom Hydrus. Med poljskim poskusom se je namakanje izvajalo kot je prikazano v preglednici 1.

Preglednica 1: Dnevi z izvajanjem namakanja in trajanje namakanja na lokaciji poskusa v letu 2012

Datum	Čas namakanja (h)		Trajanje namakanja (h)
	Od	Do	
29. 8. 2012	12:30:00	14:30:00	2
31. 8. 2012	10:31:00	11:31:00	1
4. 9. 2012	11:00:00	13:00:00	2
5. 9. 2012	11:00:00	14:00:00	3

Horizont tal GoA, ki se pojavi na globini 50 - 80+ cm, ni bil vključen v nadaljnje analize, saj, kot navaja Knapič (2002), se za namakanje hmelja upošteva glavna masa korenin (do 40 cm globine). Analiza tal je pokazala, da imajo tla do 30 cm globine 3 % skeleta in spadajo v teksturni razred meljasto glinasta ilovica z 18,27 % peska, 46,77 % melja in 34,96 % gline. V vsakem izmed štirih talnih horizontov in v zbiti coni tal so bile določene naslednje fizikalne lastnosti tal: vodnozadrževalne lastnosti (z laboratorijsko evaporacijsko metodo Hyprop®), gostota tal in nasičena hidravlična prevodnost tal. Določena je bila tudi poljska kapaciteta tal za vodo po metodi Cassel in Nielsen (1986). Vsebnost vode pri nasičenju tal, določena s Hyprop metodo je enaka θ_s v preglednici 2, poljska kapaciteta tal za vodo se je za vse talne horizonte gibala okoli 0,33 cm^3/cm^3 (33 %), točka venenja pa okoli 0,20 cm^3/cm^3 (20 %).
Med poskusom namakanja je bila vsebnost vode v talnem profilu merjena z uporabo TDR (Time Domain Reflectometry) senzorjev (TDR system Trace 6050, Soilmoisture Equipment corp., California, USA).Teorija metode merjenja vsebnosti vode s TDR je podrobneje predstavljena v Ferre in Topp (2002). TDR sonde uporabljene v poskusu so bile dolžine 20 cm, rezultat njihovih meritev predstavlja povprečje meritev vzdolž celotne dolžine TDR sonde. V izkopan talni profil je bilo vstavljenih 22 TDR sond. Vstavljene so bile v horizontalni (sonde od 1 do 18) in vertikalni (sonde od 19 do 22) smeri. TDR sonde so tako spremljale volumsko vsebnost vode v tleh (θ %) v 30 min intervalih.
Predvidevali smo, da je vzorec omočenosti, ki se tvori pod kapljačem simetričen, zato so se TDR sonde vstavile samo na desni strani od središča vrsti rastlin. TDR sonde 1, 2, 3 in 4 (pod kapljačem oz. na sredini vrste rastlin oz. grebena) so bile vstavljene na 20 cm razdalje do globine 50 cm, sonde od 10 do 18 so bile vstavljene 10 cm narazen (vertikalno in horizontalno). Sonde od 19 do 22 so bile vstavljene v navpični smeri in so segale do globine 10 cm. Prva vertikalna sonda (sonda 19) je bila vstavljena 30 cm od vertikalne stene izkopanega talnega profila in se je nahajala tik pod površinskim kapljačem (Slika 1). Po namestitvi TDR sond in med izvajanjem namakalnega poskusa je ostal izkopan talni profil odprt. V nekaterih študijah (npr. Bufon in sod., 2011) je bil izkopan profil z vstavljenimi sondami zasut 4 mesece pred začetkom meritev oz. izvajanja poskusa. Zaradi slojevitosti tal, ki lahko ima vpliv na gibanje vode v tleh (različna stopnja infiltracije v posameznih slojih

lahko vpliva na obliko vzorca omočenosti) to v tej študiji ni bilo mogoče. Kalibracija TDR sond z uporabo gravimetrične metode je bila izvedena ob koncu poskusa.



Slika 1: Shematski prikaz talnega profila na lokaciji poskusa z vstavljenimi 22 TDR sondami. Sonde od 19 do 20 so bile vstavljene vertikalno vzdolž grebena.

2.2 NUMERIČNE SIMULACIJE Z MODELOM HYDRUS-2D/3D

Gibanje vode pod površinskim kapljačem v nasadu hmelja smo simulirali za obdobje 9 dni (od 28. avgusta do 5. septembra 2012) z uporabo Hydrus-2D/3D (v2.0) modela. Simulacije so bile izvedene v tridimenzionalnem prostoru. Vstopni podatki za model so vsebovali pretok kapljača, fizikalne lastnosti tal (preglednica 2), globino glavne mase korenin hmelja in ETc, in so bili enaki kot med poljskim poskusom.

Preglednica 2: Parametri van Genuchtnovega – Mualem modela (van Genuchten, 1980) za posamezne horizonte tal pridobljeni z metodo Hyprop na eksperimentalnem polju IHPS v Žalcu. θ predstavlja volumsko vsebnost vode v tleh.

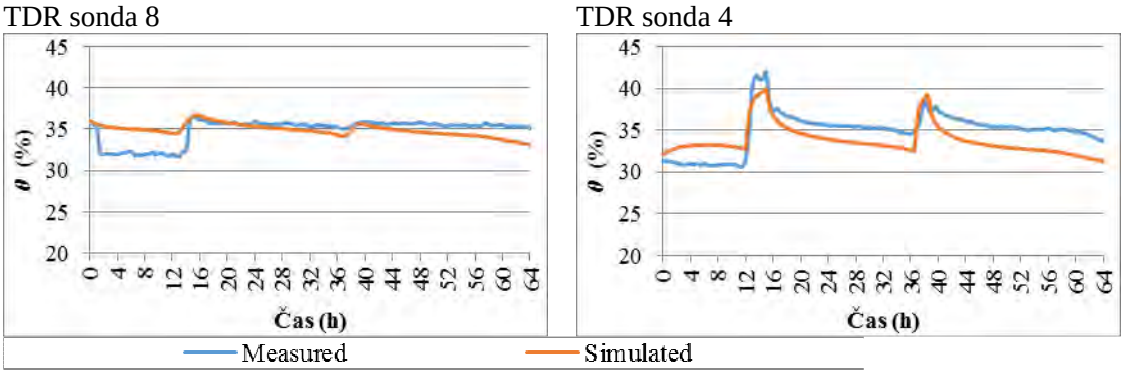
Horizont	Globina (cm)	Gostota tal (g/cm^3)	θ_s (cm^3/cm^3)	θ_r (cm^3/cm^3)	α (1/cm)	n	Nasičena hidravlična prevodnost (*Ks*)(cm/h)	l
P	20-0	1,30	0,437	0	0,0066	1,16	11,24	0,5
A_1	0-20	1,42	0,414	0	0,0028	1,17	1,74	0,5
A_2	20-35	1,49	0,440	0	0,0036	1,18	1,28	0,5
AG_o	35-50	1,49	0,418	0	0,0014	1,21	2,37	0,5
Zbita cona		1,63	0,410	0	0,0031	1,16	0	0,5

Simulacijska domena je bila široka 120 cm in globoka 100 cm pod grebenom in 80 cm na vsaki strani grebena. Greben je bil širok 70 cm in visok 20 cm. Na dnu domene so bili določeni robni pogoji proste drenaže, na straneh domene nepretočni robni pogoji in na prednji steni domene robni pogoji, ki so omogočali pronicanje vode. Upoštevana je bila glavna masa korenin hmelja v zgornjih 40 cm tal. Feddesovi parametri (Feddes in sod., 1978) za odvzem

vode skozi korenine rastlin so bili določeni v skladu z izmerjenimi fizikalnimi podatki tal na mestu poskusa. V simulacijah se je vsebnost vode v tleh spremljala na istih mestih (z uporabo opazovalnih točk), kot so bile v poljskem poskusu vstavljene TDR sonde. Za potrebe simulacij smo izločili dve najbolj oddaljeni TDR sondi, ki ju voda ni dosegla (1 in 18), saj lahko Hydrus-2D/3D prikaže le 20 točk za opazovanje.
Za statistično analizo ujemanja merjenih in modeliranih rezultatov je bila uporabljena celotna napaka (RMSE) (Wallach, 2006), ki jo je uporabil tudi Phogat in sod. (2011). RMSE se uporablja za primerjavo izmerjenih in simuliranih vrednosti vzorca in predstavlja povprečno razdaljo med izmerjenimi in simuliranimi vrednostmi. Nižje RMSE vrednosti predstavljajo boljše prileganje dejanskih in simuliranih vrednosti.

3 Rezultati z diskusijo

Med simulacijami so bile informacije o vsebnosti vode na vseh lokacijah beležene v enakih časovnih intervalih kot med meritvami s TDR sondami (na vsake 0,5 ure).
Statistična ocena primerjave med merjenimi in simuliranimi vrednostmi volumske vsebnosti vode v tleh (θ %) na 20 lokacijah v talnem profilu pod površinskim kapljačem ni bila mogoča za vseh 9 dni poskusa. Meritve TDR so bila namreč prekinjen 30. avgusta zaradi prenosa podatkov. Zato je bila statistična primerjava izvedena za obdobje treh dni (od 28. do 30. avgust 2012) oziroma natančneje za obdobje 64 ur (2 dni in 16 ur). Slika 2 prikazuje izmerjeno in simulirano θ (%) dinamiko za dve naključni TDR sondi za obdobje, za katere je bila narejena statistična primerjava.



Slika 2: Izmerjeni (measured) in simulirani (simulated) volumski deleži vode (θ %) v 64 urah (od 28. do 30. avgusta) izvajanja eksperimenta za TDR-sondi 8 in 4

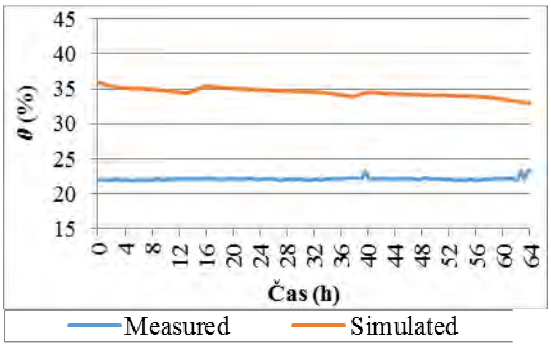
Rezultati so pokazali, da se simulirani volumski deleži vode v tleh večinoma dobro ujemajo z dejanskimi TDR izmerjenimi podatki na 20 lokacijah v profilu tal. Vrednosti RMSE vsebnosti vode v tleh za obdobje 64 ur, za vse preučene TDR sonde, so bile od 0,25 do 13,37 % (preglednica 3).
V primeru, da je bila za vsak sloj tal izbrana le ena reprezentativna TDR sonda, ki je najboljše delovala glede na simulirane vrednosti, bi vrednosti RMSE variirale od 0,25 do 3,64 %. Hydrus-2D/3D pa ni uspel pravilno simulirati začetnih vsebnosti vode v tleh za dve, vzdolž talnega grebena vertikalno vstavljeni TDR sondi 21 in 22, kjer sta RMSE vrednosti θ (%) znašali 13,37 in 12,35 %. Ob velikem številu dejavnikov, ki vplivajo na rezultat simulacij, je skoraj nemogoče natančno določiti vzrok za takšno napako, ki lahko nastane zaradi netočnih izmerjenih fizikalnih lastnosti tal, netočno opredeljene meje med dvema talnima horizontoma itd. Eden od vzrokov za slabši rezultat TDR sond 21 in 22 predstavlja tudi nezmožnost modela

za določitev začetnih θ (%) pogojev, ki bi bili enaki izmerjenim. Zaradi tega je že na začetku simulacij nastala večja razlika med izmerjenimi in simuliranimi podatki (slika 3).

Preglednica 3: Celotna napaka (RMSE) za izmerjene in simulirane volumske deleže vode (θ %) med 64 urami eksperimenta, za vse TDR sonde

TDR sonda	RMSE (θ %)	TDR sonda	RMSE (θ %)
2	4.39	12	5.13
3	3.53	13	2.24
4	2.12	14	3.18
5	0.65	15	1.7
6	3.67	16	2.3
7	1.24	17	0.25
8	1.58	19	3.64
9	1.31	20	4.56
10	3.08	21	13.37
11	2.75	22	12.35

TDR sonda 22



Slika 3: Izmerjeni (measured) in simulirani (simulated) volumski deleži vode (θ %) v 64 urah (od 28. do 30. avgusta) izvajanja eksperimenta za TDR-sondo 22

Druge študije, kot sta na primer Phogat in sod. (2011) in Buffon in sod. (2011), kjer so primerjali simulacije in dejanske podatke vsebnosti vode v tleh z upoštevanjem slojevitosti tal in odvzema vode skozi korenine rastlin, so pridobili podobne rezultate, z RMSE vrednostmi θ manjšimi od 5 %. O podobnih rezultatih je poročal Skaggs in sod. (2004) z RMSE vrednosti θ od 1 – 4 %, vendar brez simulacij odvzema vode skozi korenine in v homogenem talnem profilu.

4 Sklepi

Natančnost Hydrus-2D/3D simulacij infiltracije vode v tla in njene redistribucije v meljasto-glinasto-ilovnatih tleh pod nadzemnim točkovnim virom vode (kapljačem) in ob hkratnem upoštevanju odvzema vode skozi korenine rastlin je bila ocenjena na praktičnem primeru namakanja hmelja. Simulirani volumski deleži vode v tleh so se dobro ujemali z dejanskimi TDR izmerjenimi podatki na skoraj vseh 20 preučenih lokacijah. Vrednosti RMSE stanja vode v tleh za obdobje skoraj treh dni (64 ur), za vse preučene TDR sonde, so bile od 0,0025 do 0,1337 cm^3/cm^3 oziroma od 0,25 do 13,37 volumskih odstotkov vode. V primeru, da bi bila za vsak sloj tal izbrana le ena reprezentativna TDR sonda, katere delovanje se je najbolj ujemalo

s simuliranimi vrednostmi, bi bile vrednosti RMSE od 0,0025 do 0,0364 cm^3/cm^3 oz. od 0,25 do 3,64 %. Kakorkoli, Hydrus-2D/3D ni uspel pravilno simulirati začetnih vsebnosti vode v tleh za dve, vzdolž talnega grebena vertikalno vstavljeni TDR sondi, kjer sta vrednosti RMSE znašali 13,37 in 12,35 %. Na osnovi rezultatov pričujoče raziskave lahko predlagamo, da je numerični model Hydrus-2D/3D primeren za modeliranje pomikanja vode v tleh pod površinskimi kapljičnimi namakalnimi sistemi hmelja v danih tleh.

Zahvala

Operacijo je delno financirala Evropska unija, in sicer iz Evropskega sklada za regionalni razvoj/Evropskega socialnega sklada/Kohezijskega sklada.

5 Literatura

ARSO (Agencija Republike Slovenije za Okolje). 2013. http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/ (30.8.2013)

Assouline, S. 2002. The effects of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake. Soil Sci. Soc. Am. J., 66: 1630-1636

Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P. 2008. Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva: 210 str.

Bruinsma, J. 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. London, Earthscan: 444 str.

Bufon, V.B., Lascano, R.J., Bednarz, C., Booker, J.D., Gitz, D.C. 2011. Soil water content on drip irrigated cotton: comparison of measured and simulated values obtained with the Hydrus 2-D model. Irrigation Science, 30, 4: 259-273

Cassel, D.K., Nielsen, D.R. 1986. Field capacity and available water capacity. V: Methods of soil analysis. Part 1, Physical and mineralogical methods. Klute, A. (ur.). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI: 901-926

Dabach, S., Lazarovitch, N., Šimunek, J., Shani, U. 2011. Numerical investigation of irrigation scheduling based on soil water status. Irrig Sci. DOI: 10.1007/s00271-011-0289-x

Feddes, R.A., Kowalik, P.J., Zaradny, H. 1978. Simulation of Field Water Use and Crop Yield, John Wiley & Sons, New York, NY

Fernandez-Galvez, J., Simmonds, L.P. 2006. Monitoring and modelling the three-dimensional flow of water under drip irrigation. Agricultural Water Management, 83, 3: 197-208

Ferre, P.A., Topp, G.C. 2002. Time domain reflectometry. V: Methods of soil analysis, Part 4 - Physical methods. Dane J.H., Topp G.C. (ur.). Soil Science Society of America Book Series No. 5. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America: 434-446

Knapič, M. 2002. Namakanje hmeljskih nasadov. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D. (ur.). Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec: 169-179

Naglič, B., Kechavarzi, C., Pintar, M. 2012. Modelling of water distribution under drip irrigation systems. Hmeljarski bilten, 19: 100-114

Phogat, V., Mahadevan, M., Skewes, M., Cox, J.W. 2011. Modelling soil water and salt dynamics under pulsed and continuous surface drip irrigation of almond and implications of system design. Irrigation Science, 30, 4: 315-333

Prus, T. 2000. Klasifikacija tal. Študijsko gradivo za ciklus predavanj maj 2000: 22 str.

Šimunek, J., van Genuchten, M.Th, Šejna, M. 2006. The HYDRUS software package for simulating two- and three-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media: Technical manual. Version 1.0. PC-Progress, Prague, Czech Republic

Skaggs, T.H., Trout, T.J., Šimunek, J., Shouse, P.J. 2004. Comparison of Hydrus-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 130, 4: 304-310

van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, 44: 892-898

Wallach, D. 2006. Working with dynamic crop models - evaluation, analysis, parameterization and applications. Elsevier B.V: 462 str.

Ocena potencialne škode po suši in stroškov izgradnje namakalnih sistemov na območju občin Krško in Brežice

Matjaž GLAVAN[68], Rozalija CVEJIĆ[69], Marina PINTAR[70]

Izvleček
Ob izgradnji verige hidroelektrarn na Spodnji Savi (HE Krško, HE Brežice, HE Mokrice) se je postavilo vprašanje, kolikšne so potencialne možnosti izrabe vode za namakanje kmetijskih zemljišč. Območje spodnje Save je izredno privlačno za kmetijsko pridelavo. Ravninski relief, ugodne lastnosti tal in podnebja omogočajo tržno pridelavo z nizkimi stroški. Žal se v zadnjih dveh desetletjih v poletnem času vedno bolj pogosto pojavljajo sušne razmere, ki imajo za posledico izpad kmetijske pridelave. Namakalna infrastruktura na območju je še nerazvita, kar še dodatno ovira razvoj in pridelavo kmetijskih kultur (vrtnine, jagode) z višjo dodano vrednostjo. Zato so v okviru tega prispevka predstavili ekonomske posledice suš na kmetijsko pridelavo, ekonomske učinke izgradnje namakalnih sistemov, ter stroške izgradnje namakalne infrastrukture na pretežno ravninskem delu obeh občin.
Ključne besede: suša, namakanje, kmetijske površine, hidroelektrarne

Estimation of the potential damage by drought and construction costs of irrigation systems in the municipalities of Krško and Brežice

Abstract
During the construction of hydropower plants on the lower Sava River (HPP Krško, HPP Brežice, HPP Mokrice), the question was what are the potential utilization possibilities of water for irrigation of agricultural land. The Lower Sava River area is extremely attractive for the agricultural production. The pain relief, favourable properties of the soil and climate enable market production with low cost. Unfortunately, drought conditions in the summer are more and more frequent in the last two decades, which results in the loss of agricultural production. The irrigation infrastructure in the area is still undeveloped, which further hinders the development and production of agricultural crops (vegetables, fruit) with higher added value. Therefore, are in the context of this paper presented economic consequences of drought on agricultural production, the economic effects of the irrigation systems construction, and the cost of irrigation infrastructure construction in predominantly lowland part of both municipalities.
Key words: drought, irrigation, agricultural land, hydropower stations

1 Uvod

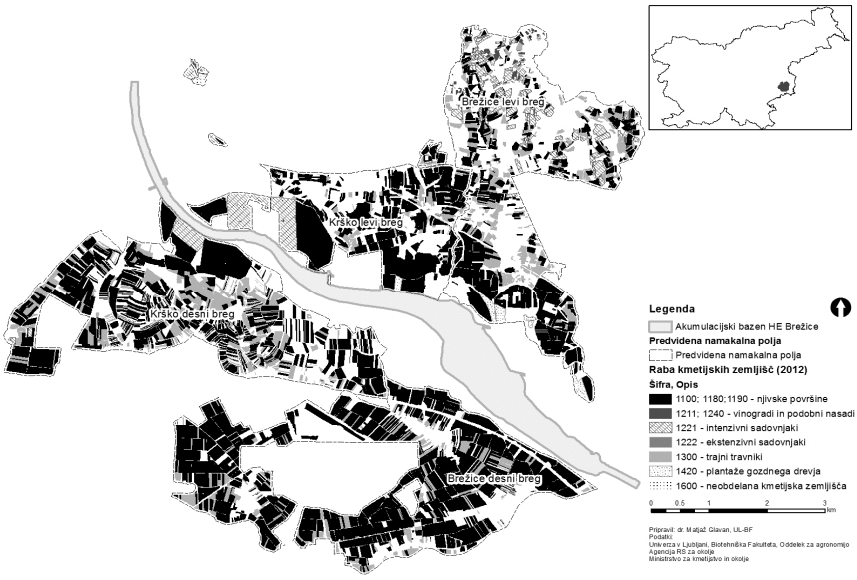
V zadnjih petnajstih letih smo imeli na ravni Slovenije vsaj šest večjih suš (zmanjšanje pridelave za več kot 30 %) (preglednica 1), ki so presegle lokalni nivo (2000: 70 %; 2001: 57 %; 2003: 83 %; 2006: 60 %; 2012: 46 % in 2013: 44 %). To pomeni, da se suše v povprečju pojavljajo vsaki dve do tri leta (Ugrinović, 2008; SURS, 2013; MKO, 2013; MKO, 2014). Najbolj občutljiva območja za sušo sta jugozahodna (Obala) in severovzhodna (Pomurje) Slovenija, sledita Posavje in Bela krajina. Na teh območjih je manj padavin in višje temperature. Suša se pogosto pojavlja tudi na aluvialnih ravnicah z neugodnimi vodnozadrževalnimi lastnostmi tal (plitva tla z velikim deležem grobega skeleta), kot so Dravsko polje, Savinjska dolina in Osrednja Slovenija z Mengeškim poljem. Problem škode

[68] Doc.dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si
[69] Asist. dr., prav tam, e-pošta: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si
[70] Prof. dr., prav tam, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

zaradi suše ni samo v izgubi pridelka, s katero se sooča pridelovalec temveč tudi slabši ekonomski status.
Z izgradnjo akumulacijskih bazenov za potrebe hidroelektrarn na Spodnji Savi, še posebno HE Brežice, se kot omilitveni ukrep za posege v kmetijski prostor pojavlja možnost izgradnje namakalnih sistemov v občinah Brežice in Krško z virom vode iz Save.

2 Material in metode dela

Obravnavano območje možnih lokacij namakalnih sistemov leži v jugovzhodni Sloveniji v občinah Krško in Brežice (slika 1). Celotno območje namakalnih polj obsega 4.109,32 ha od tega 2.328,74 ha (desni breg – 1.202,68 ha; levi breg – 1.126,05 ha) v občini Brežice in 1.780,58 ha (desni breg – 1.100,25 ha; levi breg – 680,33 ha) v občini Krško. Namakalna polja so bila določena na podlagi dveh nalog, ki sta obravnavali možnost koriščenja vode za potrebe namakanja kmetijskih zemljišč iz reke Save v občini Krško (Pintar in sod., 2009a, 2009b) in ekonomičnost uvedbe velikega namakalnega sistema v občini Brežice (Pintar in sod., 2008a, 2008b, 2008c). Območja predvidenega namakanja v občini Krško so bila določena in dogovorjena z Občino Krško, medtem ko so bila območja v občini Brežice določena na ravni idejne zasnove in smo jih za potrebe te študije nekoliko prilagodili.



Slika 7: Raba kmetijskih zemljišč na predvidenih namakalnih poljih v občinah Krško in Brežice v letu 2012

Na območju predvidenih namakalnih polj v občinah Brežice in Krško je 2.618,78 ha kmetijskih zemljišč (Slika 1). Od tega 1.439,90 ha (desni breg – 870,05 ha; levi breg – 569,85 ha) v občini Brežice in 1.178,88 ha (desni breg – 717,63 ha; levi breg – 461,26 ha) v občini Krško. Na površinah prevladujejo njive (73 %), sledijo trajni travniki (18 %) in intenzivni sadovnjaki (7 %) ter ostale rabe (trajne rastline na njivah, rastlinjaki, vinogradi, ekstenzivni sadovnjaki, plantaže gozdnega drevja, neobdelano), ki vsaka posamezno zavzema manj kot 1% površine. Najbolj razširjene njivske kmetijske kulture na območju so pšenica (26,54 %), koruza za zrnje (30,20 %), ječmen (11,67 %) in oljna ogrščica (8,99 %). Preostale kulture zasedajo manj kot 2 % površin.

Na podlagi več virov, kot so Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji za leto 2011/12 (Jerič in sod., 2011), Povprečni pridelki po upravnih enotah, Cenik kmetijskih pridelkov za leto 2012 (URSZR, 2013) ter tehnološkega elaborata za Vlogo za pridobitev vodnega dovoljenja za neposredno rabo vode za namakanje kmetijskih zemljišč ali drugih površin za namakalni sistem Kalce - Naklo (Pintar in sod., 2010) smo pripravili kalkulacije za oceno škode iz naslova suše in kalkulacijo vpliva postavitve namakalnih sistemov na obseg pridelave (preglednica 1). Podatke smo dopolnili tudi z mnenji in spoznanji kmetijskih svetovalcev na območju.

*Preglednica 1: Povprečna kalkulacija spremenljivih stroškov in pokritij za kulture na njivah (šifra rabe 1100) za namakalna območja v občinah Krško in Brežice za trenutno stanje in ob sušnih dogodkih – utežno glede na pridelovalne površine v letu 2012**

NJIVSKA RABA pšenica/koruza za zrnje/ ječmen/oljna ogrščica/ vrtnine/jagode	**Kalkulacija (€/ha) ob povprečnem pridelku**				
	z namakanjem	brez namakanja	suša - brez namakanja		
			-30%	-50%	-100%
Vrednost pridelka (€/ha)	1.942	1.413	989	707	0
Neposredno plačilo (€/ha)	332	332	332	332	332
Prihodek pri ceni (€/ha)	2.274	1.745	1.321	1.039	332
Spremenljivi stroški (€/ha)	1.335	1.115	1.115	1.115	1.115
Pokritje pri ceni (€/ha)	**939**	**630**	**206**	**-76**	**-783**

*pšenica (26,54 %), koruza za zrnje (30,20 %), jagode (0,30 %), vrtnine (2,37 %), ječmen (11,67 %), oljna ogrščica (8,99 %), ostalo - posamezne kulture (ki jih je 23) manj kot 2 % (19,93 %) – ti odstotki so v polovičnem deležu razdeljeni in prišteti k ječmenu (21,64 %) in oljni ogrščici (18,95 %).

Predstavljeni so primeri ocene možne ekonomske pridelave, prihodkov in stroškov za kmetijske kulture, ki na območju predvidenih namakalnih polj predstavljajo povprečen kolobar. Kalkulacija za vrtnine je sestavljena iz šestih vrtnin v enakomernem deležu (čebula, zelje belo zgodnje, zelje belo pozno, paradižnik, paprika, solata). Pripravili smo tudi generično kalkulacijo za njivsko rabo, kjer smo posamezne kalkulacije kmetijskih kultur utežili s površino posamezne kmetijske kulture in jih sešteli (preglednica 2). Ta kalkulacija velja za vse kulture, ki pokrivajo dejansko rabo s šiframi 1100 – njive, 1180 – trajne rastline na njivah ter 1190 – rastlinjaki, saj je te površine vedno mogoče povrniti v njivsko rabo (1100). Podatke za pripravo kalkulacije za leta brez suš a z namakanjem smo pridobili na podlagi opazovan pridelkov pred in po začetku obratovanja namakalnega sistema Kalce-Naklo v občini Krško (Pintar in sod., 2010), ki smo jih dopolnili s podatki iz Kataloga kalkulacij (Jerič in sod., 2011). V nadaljevanju smo v kalkulaciji za njivsko rabo delež vrtnin in jagod povečevali na račun poljščin (pšenica, koruza za zrnje, ječmen, oljna ogrščica) (preglednica 2). Ostalih rab (sadovnjak, vinograd, trajni travnik) površinsko nismo spreminjali in njihov delež ostaja nespremenjen. Redno namakanje je pri vseh kulturah in še posebno pri vrtinah ali jagodah ključno za uravnotežen, kakovosten in obilnejši pridelek. Podatki so oprti na delovanje namakalnega sistema Kalce-Naklo v občini Krško, kjer se je pridelek po izgradnji namakalnega sistema na hektar jagod povečal za 50 %, pri vrtinah za 117 % in pri poljščinah za 15 %. Namakanje uravnoteži preskrbljenost rastlin z vodo in s tem poveča pridelek tudi v letih, ki niso določena za sušna. Seveda vpliva tudi na vrednost pridelka in končno pokritje. Zaradi uporabe kolobarja in uporabe namakanja le pri koruzi za zrnje, vrtninah in jagodah, ki jih je trenutno na območju bolj malo, je pokritje brez namakanja za 33 % nižje od pokritja z namakanjem.

Preglednica 2: Kalkulacija vpliva postavitve namakalnih sistemov na obseg pridelave kultur na njivah (šifra rabe 1100) za namakalna območja v občinah Krško in Brežice za trenutno stanje brez namakalnih sistemov – utežno glede na pridelovalne površine v letu 2012

NJIVSKA RABA pšenica/koruza za zrnje/ječmen/oljna ogrščica/vrtnine/ jagode	**Kalkulacija (€/ha) ob povprečnem pridelku na njivah**					
	obstoječi deleži kultur[1]		večji delež vrtnin/jagod – namakano[2]			
	brez namakanja	z namakanjem[3]	30%/3%	50%/5%	80%/8%	100%/0%
Vrednost pridelka	1.413	1.942	11.305	18.124	28.352	26.345
Neposredno plačilo	332	332	332	332	332	332
Prihodek pri ceni	1.745	2.274	11.637	18.456	28.684	26.677
Spremenlj. stroški	1.115	1.335	6.057	9.497	14.657	13.175
Pokritje pri ceni	**630**	**939**	**5.580**	**8.959**	**14.027**	**13.502**

1 - pšenica (26,54 %), koruza za zrnje (30,20 %), jagode (0,30 %), vrtnine (2,37 %), ječmen (11,67 %), oljna ogrščica (8,99 %), ostalo - posamezne kulture (23) manj kot 2% (19,93 %) – ti odstotki so v polovičnem deležu razdeljeni in prišteti k ječmenu (21,64 %) in oljni ogrščici (18,95 %)
2 – deleži poljščin se sorazmerno zmanjšujejo glede na večanje deleža vrtnin in jagod
3 – namakanje omogoči večje pridelke in s tem večje prihodke in pokritja

Kot model za oceno investicije smo uporabili podatke iz Projekta za izvedbo (PZI) za VNS Kalce Naklo 2. faza v občini Krško in VNS Gorišnica-Moškanjci v občini Gorišnica (Vodnar, 2013; VGB Maribor, 2013; Pintar in sod., 2011). Predvideni stroški dovoda vode do parcele (brez DDV) znašajo približno 70 % investicije oz. 6.500-7.500 EUR/ha (brez DDV). Ureditev črpališča znaša približno 30 % investicije oz. 2.500-3.500 EUR/ha (brez DDV). Na levem bregu Save, kjer je teren bolj hribovit, je bila upoštevana možnost naprave zadrževalnika za cca. 127 ha, iz katerega bi se namakali intenzivni sadovnjaki.
Strošek lastnikov zemljišč – pridelovalcev je plačilo obratovalnih stroškov (elektrika po porabi, voda po porabi), vzdrževanje hidromelioracijskih sistemov (20 – 40 EUR/ha). Za uporabo VNS mora od hidranta naprej namestiti namakalno opremo za razvod vode po parceli, katere cena je odvisna od vrste namakane kulture. Za to lahko pridobi nepovratna finančna sredstva v okviru Programa razvoja podeželja (PRP). Navedeni primer stroškov za hidrantno glavo vključuje najboljšo opremo, namakanje je možno izvajati tudi s bolj skromno izvedbo.

3 Rezultati z diskusijo

Rezultati kažejo, da ima vsak sušni škodni dogodek na območjih, kjer ni namakanja, vpliv na količino pridelka in s tem na končna pokritja (preglednica 3). Pri 30 % škodi, bi bila ob sedanjih deležih kmetijskih kultur pokritja pozitivna le pri njivski rabi in ekstenzivnih sadovnjakih, pri 50 % škodi le še pri ekstenzivnih sadovnjakih. Očitno je, da večja kot je intenzivnost tehnologije pridelovanja, bolj negativen je rezultat pokritij ob suši. Obratno se kaže pri namakanju. Ne samo, da namakanje skoraj v celoti izniči učinek suše, ampak celo omogoči spremembo sort, ki omogočajo večje pridelke in enakomeren pridelek skozi leta, saj imajo rastline zadovoljene vse potrebe po vodi. Z namakanjem sedanjega stanja bi bila celotna pokritja večja za več kot 78 %. To nakazuje pozitivne učinke izgradnje namakalnih sistemov na pridelavo kmetijskih rastlin in ekonomski status kmetijskih gospodarstev.

Preglednica 3: Povprečna pokritja (EUR/ha) in celotna vrednost pokritij (EUR) v primeru škode po suši na območju identificiranih možnih namakalnih polj v občinah Krško in Brežice - izračun na podlagi podatkov o rabi zemljišč, kulturah in povprečnih cenah ter pridelkih iz leta 2012

				Povprečna pokritja (EUR/ha) (prihodki - spremenljivi stroški)				
Raba		Površina		NAMAKANJE		ŠKODA PO SUŠI brez namakanja		
UN*	Šifra	ha	%	Z	BREZ	-30	-50	-100
DA	1100	1.915,91	73,16	939	630	206	-76	-783
	1221	176,52	6,74	6.203	2.283	-293	-2.008	-3.299
Skupaj	**EUR/ha**	**2.092,42**	**79,90**	**1.383**	**769**	**164**	**-239**	**-995**
	EUR	**2.092,42**	**79,90**	**2.893.960**	**1.610.005**	**342.957**	**-500.052**	**-2.082.478**
NE	1211	13,64	0,52	151	151	-991	-1.753	-3.657
	1222	4,76	0,18	721	721	487	331	-59
	1300	479,81	18,32	38	38	-21	-181	-159
	1420	23,33	0,89	0	0	/	/	/
	1600	4,81	0,18	0	0	/	/	/
Skupaj	**EUR/ha**	**526,36**	**20,10**	**45**	**45**	**-40**	**-207**	**-240**
	EUR	**526,36**	**20,10**	**23.727**	**23.727**	**-21.275**	**-109.183**	**-126.458**
Vsota	**EUR/ha**	**2.618,78**	**100,00**	**1.114**	**624**	**123**	**-233**	**-843**
	EUR	**2.618,78**	**100,00**	**2.917.687**	**1.633.732**	**321.683**	**-609.235**	**-2.208.936**

*UN - Upravičenost namakanja; šifra rabe: 1100 – njive, 1221 – intenzivni sadovnjak, 1211 – vinograd, 1222 – ekstenzivni sadovnjak, 1300 – trajni travnik, 1420 – plantaža gozdnega drevja, 1600 - neobdelano

Preglednica 4: Povprečna pokritja (EUR/ha) in celotna vrednost pokritij (EUR) v primeru postavitve namakalnih sistemov na območju identificiranih možnih namakalnih polj v občinah Krško in Brežice - izračunan na podlagi podatkov o rabi zemljišč, kulturah in povprečnih cenah ter pridelkih iz leta 2012

Raba		Površina		Povprečna pokritja (EUR/ha)					
				Obstoječa raba		Večji delež (%) vrtnin/jagod znotraj 1100 - namakano			
UN*	Šifra	ha	%	NAMAKANJE		30/3	50/5	80/8	100/0
				BREZ	Z				
DA	1100	1.915,91	73,16	630	939	5.580	8.959	14.027	13.502
	1221	176,52	6,74	2.283	6.203	6.203	6.203	6.203	6.203
∑1	**EUR/ha**	**2.092,42**	**79,90**	**769**	**1.383**	**5.633**	**8.727**	**13.367**	**12.886**
	EUR	**2.092,42**	**79,90**	**1.610.005**	**2.893.960**	**11.785.676**	**18.259.521**	**27.969.329**	**26.963.478**
NE	1211	13,64	0,52	151	151	151	151	151	151
	1222	4,76	0,18	721	721	721	721	721	721
	1300	479,81	18,32	38	38	38	38	38	38
	1420	23,33	0,89	0	0	0	0	0	0
	1600	4,81	0,18	0	0	0	0	0	0
∑2	**EUR/ha**	**526,36**	**20,10**	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**
	EUR	**526,36**	**20,10**	**23.727**	**23.727**	**23.727**	**23.727**	**23.727**	**23.727**
∑1+2	**EUR/ha**	**2.618,78**	**100**	**624**	**1.114**	**4.510**	**6.982**	**10.689**	**10.305**
	(EUR)	**2.618,78**	**100**	**1.633.732**	**2.917.687**	**11.809.404**	**18.283.248**	**27.993.056**	**26.987.206**

*UN - Upravičenost namakanja; šifra rabe: 1100 – njive, 1221 – intenzivni sadovnjak, 1211 – vinograd, 1222 – ekstenzivni sadovnjak, 1300 – trajni travnik, 1420 – plantaža gozdnega drevja, 1600 - neobdelano

Namakanje omogoči, da se že ob nespremenjenih razmerjih med deleži posamezni kmetijskih kultur zgodi povečanje pokritij (preglednica 4). To je možno, ker rastline ne doživljajo

sušnega stresa, ki bi jih omejeval v rasti in ker se lahko spremeni sortna sestava, ki omogoča večje pridelke. Seveda možnost namakanja privede tudi do zamenjave obstoječih njivskih (1100) kmetijskih kultur z nizkimi pokritij (pšenica, ječmen, koruza za zrnje, oljna ogrščica) s kulturami, ki omogočajo večja pokritja (vrtnine, jagode).
Večanje deleža vrtnin in jagod pri tem odigra ključno vlogo. V tabeli smo pripravili štiri scenarije, od katerih je ob izgradnji namakalnih sistemov srednjeročno najbolj izvedljiv scenarij s 30 % vrtnin in 3 % jagod (scenarij 30/3) na njivskih površinah. Vsako nadaljnje večanje deleža vrtini in jagod je zagotovo predmet dolgoročne strategije države za obravnavano območje. Namakalni sistem sam še ne pomeni spremembo tehnologije, ampak je potrebno spremeniti tudi miselnost ljudi, jih dodatno izobraziti in strokovno spodbujati pri preusmeritvi.
Povprečen skupni ocenjeni strošek naprave velikih namakalnih sistemov (VNS) na celotnem območju predvidenih namakalnih polj v občini Brežice in Krško je v razponu od 26.397.296 do 31.679.138 EUR za 2.092,42 ha površin njiv in intenzivnih sadovnjakov. To velja ob predpostavki, da bo izgrajen primarni, sekundarni in terciarni vod, zadrževalnik za vodo v Arnovem selu na levem bregu Save za namakanje intenzivnih sadovnjakov, da bo imel vsak od pridelovalcev eno hidrantno glavo, da bodo s kapljičnim namakanjem opremljene vse površine (preglednica 5).

Preglednica 5: Celotna vrednost investicije (EUR) postavitve namakalnih sistemov na območju identificiranih možnih namakalnih polj v občinah Krško in Brežice - Strošek vlagatelja (investitor) povrnjen od države preko ukrepa PRP

Vrsta stroška			**Povp. ocena stroška**		**Površina (ha) 2.092,42**	
Strošek investitorja			***od***	***do***	***od***	***do***
1	DOVOD VODE DO PARCELE (EUR/ha)		6.500	7.500	13.600.735	15.693.155
2	ČRPALIŠČE (EUR/ha)		2.500	3.500	5.231.052	7.323.472
	SKUPAJ BREZ DDV (EUR/ha) 1 + 2 =		**9.000**	**11.000**	**18.831.786**	**23.016.628**
				od tega	**za 127 ha**	
					9,7 km cevovoda	
3	ZADRŽEVALNIK	- izgradnja (EUR/ha)	500	1.500	63.500	190.500
	(po potrebi)	- cevovod (EUR/km)	400.000	500.000	3.880.000	4.850.000
	SKUPAJ BREZ DDV (EUR) 1 + 2 + 3 =				**22.775.286**	**28.057.128**
Strošek pridelovalca						
4	Hidrantna glava (EUR/hidrantna glava); 516 pridelovalcev		1.915		**985.560**	
5	Namakalna oprema (EUR/ha); 2.092,41 ha		1.260		**2.636.450**	
	SKUPAJ BREZ DDV (EUR/ha) 1 + 2 + 3 + 4 + 5 =				**26.397.296**	**31.679.138**

4 Sklepi

Ob dejstvu, da je bilo za suši v letih 2012 in 2013 ocenjeno, da sta povzročili skoraj 50 % škodo na pridelku na obravnavanem območju predvidenih namakalnih polj v občinah Brežice in Krško, to pomeni škodo v višini 2.242.967 EUR. Glede na to, da je vlada za omilitev posledic škode po suši nameni 10 % ocenjene vrednosti, to pomeni 224.297 EUR, ki se zagotovijo iz državnega proračuna. Ta sredstva ne pokrijejo niti negativnih pokritij iz kalkulacije v razliki med prihodki in stroški, ki so -609.235 EUR. Postavitev namakalnih sistemov na obravnavanem območju bi v najslabšem primeru pomenila pokritja v vrednosti 1.633.732 EUR (brez sprememb v pridelkih in v deležu kultur), v boljšem primeru 2.917.687 (večji pridelki, brez sprememb v deležu kultur), in po optimističnem 11.809.404 EUR

(sprememba v pridelkih in deležu kultur – 30 % vrtnin in 3 % jagod na njivah). Vrednost investicije v namakalne sisteme je najmanj 10 suš s 50 % škode. Če vrednost investicije primerjamo z vrednostjo pridelave ob 30 % vrtnin in 3 % jagod je investicija vredna tri do štiri pridelovalna leta. Če bi bil odstotek vrtnin in jagod na območju 80 % in 8 %, je investicija vredna eno pridelovalno leto.

Zahvala
Prispevek je nastal v okviru priprave Študije vrednosti možnosti preprečitve škode iz naslova suše s postavitvijo namakalnih sistemov, katerega naročnik je bilo podjetje Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o (HESS).

5 Literatura

Jerič, D., Caf, A., Demšar-Benedečič, A., Leskovar, S., Oblak, O., Soršak, A., Sotlar, M., Trpin-Švikart, D., Velikonja, V, Vrtin, D, Zajc, M. 2011. Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Ljubljana: 266

MKO. 2013. Program odprave posledic škode v kmetijstvu zaradi suše leta 2012. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Ljubljana: 19

MKO. 2014. Program odprave posledic škode v kmetijstvu zaradi suše v letu 2013. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Ljubljana: 26

Pintar, M., Cvejić, R. 2009a. Tehnološki elaborat možnosti koriščenja vode za potrebe namakanja kmetijskih zemljišč reke Save - zajetja HE Brežice. Investitor Vodnar. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 35

Pintar, M., Cvejić, R. 2009b. Možnosti koriščenja vode za potrebe namakanja kmetijskih zemljišč iz reke Save- zajetja HE Krško. Investitor Vodnar. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 25

Pintar, M., Udovč, A., Cvejić, R., Brezigar, B., Plohl, B. 2008a. Ekonomičnost uvedbe velikega namakalnega sistema v občini Brežice. Investitor Občina Brežice. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 27

Pintar, M., Udovč, A., Cvejić, R., Miličić, V., Širca, A. 2008b. Posledice izgradnje HE Mokrice na ekonomičnost kmetijske proizvodnje ter preučitev možnosti za ohranitev kmetijskih proizvodnih kapacitet. Investitor Holding Slovenske elektrarne. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 32

Pintar, M., Udovč, A., Miličić, V., Mavsar, M., Jurečič, A., Širca, A. 2008c. Posledice izgradnje HE Brežice na ekonomičnost kmetijske proizvodnje ter preučitev možnosti za ohranitev kmetijskih proizvodnih kapacitet. Investitor Holding Slovenske elektrarne. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 27

Pintar, M., Udovč, A., Cvejić, R., Tratnik, M. 2010. Tehnološki elaborat za 2. fazo namakalnega sistema Kalce-Naklo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana: 31

Pintar, M., Udovč, A., Cvejić, R., Tratnik, M. 2011. Ocena stroškov za namakalno opremo za namakalni sistem Kalce-Naklo 2. Faza Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana

RSRS. 2007. Revizijsko poročilo o smotrnosti ravnanja Republike Slovenije pri preprečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu - Št. 1207-3/2006-22. Računsko sodišče RS, Ljubljana

SURS. 2013. Ocenjena škoda, ki so jo povzročile elementarne nesreče. Statistični urad RS: Ljubljana.

Ugrinović, K. in sod. 2008. Tehnološka priporočila za zmanjšanje občutljivosti kmetijske pridelave na sušo: poljedelstvo, travništvo, zelenjadarstvo in hmeljarstvo. MKGP, Ljubljana: 43

URSZR. 2013. Povprečni pridelki po upravnih enotah in cene kmetijskih pridelkov, leto 2012. Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Ljubljana

Vodnar. 2013. Popis del in predizmer s predračunom za velik namakalni sistem Kalce-Naklo 2. Faza: el. vir. Vodnar d.o.o.

VGB Maribor. 2013. Projekta za izvedbo, Popis del in predizmer s predračunom za velike namakalni sistem Gorišnica-Moškanjci. el. vir. Vodnogospodarski biro Maribor d.d.

Vodna bilanca tal v luči ekstremnih vremenskih pojavov – primer Ljubljanskega polja

Vesna ZUPANC[71], Barbara ČENČUR CURK[72], Branka BRAČIČ ŽELEZNIK[73], Marina PINTAR[74]

Izvleček
V zadnjem desetletju smo izpostavljeni ekstremnim vremenskim pojavom, ki zaznamujejo daljša obdobja v času vegetacije. V prispevku obravnavamo podrobno analizo vodne bilance tal z vidika oskrbe s pitno vodo, kot tudi kmetijske pridelave za sušno leto 2011. Obravnavani primer za izbrano obliko skeletnih tal Ljubljanskega polja pokaže, da lahko po daljših sušnih obdobjih le obsežne padavine (> 60 mm) napolnijo zalogo vode v tleh in tudi prispevajo k bogatenju podzemnih voda.
Ključne besede: vodna bilanca, Ljubljansko polje, ekstremni vremenski pojavi

Water balance and extreme weather events – case study of Ljubljansko polje

Abstract
In the past decade extreme weather conditions mark extended periods during vegetation time. Detailed water analysis for dry year 2011 has been done with the emphasis on competition between water supply and agricultural plant production. Case study of Ljubljansko polje, where the soils are gravelly, shows that only substantial precipitation events (>60 mm) replenish water storage sufficiently to induce deep percolation and groundwater recharge.
Key words: water balance, Ljubljansko polje, extreme weather events

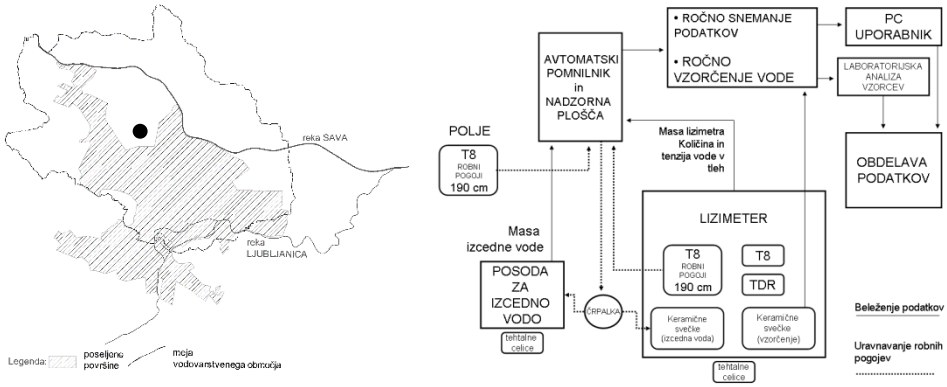
1 Uvod

Zagotavljanje oskrbe velikih mest s pitno vodo je zaradi naraščajočih potreb prebivalstva in potreb drugih sektorjev, kot sta industrija in kmetijstvo, vedno težje (Zupanc in sod., 2011). Ljubljanski vodonosnik omogoča oskrbo z naravno, hladno in primerno mineralizirano podzemno vodo (Breznik 1969), ki se napaja z infiltracijo reke Save ter padavinami (Bračič-Železnik in sod., 2007). V zadnjih desetletjih je struga reke Save doživela več hidrotehničnih ureditev in povečala se je poseljenost območja. Infiltracijska kapaciteta terena, to je sposobnost infiltracije padavinske vode, ni odvisna le od razporeditve padavin, temveč tudi od fizikalnih lastnosti terena, krajevnih, klimatskih in sezonskih značilnosti, od predhodne vlažnosti terena, rastlinskega pokrova. Poleg infiltracijske kapacitete terena je pomembna tudi retenzijska kapaciteta tal, to je zmožnost zadrževanja vode v profilu tal in je odvisna od fizikalnih lastnosti talnih slojev, horizontov (Zupanc in sod., 2012a). Na globino in hitrost prodiranja vodne fronte v tleh vplivajo intenziteta padavin, skupna količina padavin in lastnosti tal – na primer prisotnost makropor, omočljivost – preko katerih se vodna fronta giblje (Ramon in sod., 2011). Le tisti del padavin, ki pronica navpično preko profila tal in nenasičenega območja nad vodonosnikom, prispeva h bogatenju zaloge podzemne vode.

[71] Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si
[72] Doc. dr., Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Oddelek za geologijo, 1000 Ljubljana, e-pošta: barbara.cencur@fnt.lj-uni.si
[73] JP Vodovod-kanalizacija d.o.o, 1000 Ljubljana, e-pošta: branka.bracic.zeleznik@vo-ka.si
[74] Prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

2 Materiali in metode dela

Na črpališču v Klečah (308 m nadmorske višine, 46°5’11’’ N, 14°29’56’’ E) je bil v letu 2010 vgrajen tehtalni monolitni lizimeter (Bračič-Železnik in sod., 2011; slika 1). Jedro monolita je bilo izkopano na območju črpališča, tla so evtrična rjava tla, plitva (preglednica 1). Na lizimetru v Klečah se na treh globinah (50, 100 in 150 cm) izvajajo meritve količine vode v tleh, temperature tal in tenzije vode, delovanje je prikazano na sliki 1. Robni pogoji na dnu lizimetra se uravanavajo z dvema tenziometroma (lizimeter in zunaj zraven lizimetra, na globini 190 cm; slika 1).



Slika 1: Levo poseljene površine Ljubljanskega polja z rekama Savo in Ljubljanico ter mejo vodovarstvenega območja - s črno piko je označena lokacija lizimetrske postaje v Klečah; desno shema delovanja tehtalnega lizimetra (Zupanc in sod., 2012b)

Preglednica 1: Globina horizontov, odstotek gline, melja in peska, skeleta (>4 mm), gostota tal (g/cm^3) in poroznost (%) za lizimeter v Klečah, Ljubljana

Globina (cm)	% gline	% melja	% peska	Skelet > 4 mm	Gostota tal (g/cm^3)	Poroznost (%)
0-35	5,0	57,5	15,3	22,2	1,40	47,1
35-60	1,0	10,0	14,6	74,4	1,61	39,2
60-130	5,0	35,0	14,8	45,2	1,57	40,6
130-200	0,0	0,0	13,3	86,7	1,86	29,9

Rastlinski pokrov lizimetra je ekstenzivno gojena trava, katere višina je vzdrževana na 12 cm, površina lizimetra ni namakana. Meritve mase monolitnega lizimetra omogočajo izračun dejanske evapotranspiracije. Površina lizimetra je 1 m^2, kar omogoča neposredni preračun mase v mm vode.

Členi osnovne vodne balance lizimetra so padavine (P), iztok (I), evapotranspiracija (ET) ter sprememba zaloge vode v tleh (ΔS), kar lahko zapišemo kot:

$$P - ET - I - \Delta S = 0$$

Če je masa lizimetra beležena v nekem določenem časovnem razkoraku ter sta prav tako ločeno beleženi količina padavin in količina iztoka, lahko dejansko evapotraspiracijo ET_a določimo iz razlike v masi lizimetra (Young s sod., 1996, Zupanc in sod., 2012a). Pri izračunu vodne balance smo upoštevali dejansko evapotranspiracijo, za potencialno ET smo uporabili podatke, izračunane za Kleče (Agencija Republike Slovenije za Okolje).

Zaradi velike prostorske variabilnosti padavin se te prav tako merijo na lizimetrski postaji v Klečah, s standardni dežemerom, ki da vsoto padavin v 24 urah (od 7 h do 7 h). Količino padavin (P_{lys}) smo določili sicer tudi s pomočjo meritev mase lizimetra (Zupanc in sod., 2012a). Tako določena *P* ne more povsem nadomestiti neodvisnih meritev padavin, saj se v času padavin hkrati vršita procesa evaporacije in transpiracije. Predvsem v poletnem času lahko to znatno vpliva na rezultat, če je padavinski dogodek majhen ter površina lizimetra vroča.

3 Rezultati in razprava

Vegetacijska doba v letu 2011 se je začela zelo sušno, saj je aprila v Ljubljani na uradni meteorološki postaji za Bežigradom padlo 38 mm padavin, na lizimetrski postaji Kleče, ki je bolj reprezentativna za Ljubljanko polje, pa le 36,3 mm padavin. V primerjavi z mesečnimi padavinami za april referenčnega obdobja 1961–1990 je to več kot 70 mm padavin manj. Tudi meseca avgust in september sta bila izrazito pod tridesetletnim povprečjem (preglednica 2).

Preglednica 2: Mesečne vrednosti za padavine na meteorološki postaji v Ljubljani (P_{ARSO}), padavine na lizimetru Kleče (P_{liz}), povprečne padavine za obdobje 1961–1990 (P_{avg}), dejansko evapotranspiracijo (ET_a), potencialna evapotranspiracija (ET_0), iztok vode iz lizimetra (I), vodna bilanca (vse v mm) ter razmerje iztok /padavine (I/P)

	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September
P_{ARSO}	38	98	145	157	43	66
P_{liz}	36,3	107,9	170,5	252,7	36,0	63,2
P_{avg}	109	122	155	122	144	130
ET_0	92,6	129,8	124,1	137,1	136,3	87,7
ET_a	61,6	97,8	97,5	115,5	103,8	42,4
Iztok	9,4	-4,7	64,8	131,0	15,4	3,8
Vodna bilanca	-34,7	14,8	8,3	6,3	-83,2	17,0
I/P	0,26	-0,04	0,38	0,52	0,43	0,06
ET_a/ET_0	67 %	75 %	79 %	84 %	76 %	48 %

Dejanska evapotranpiracija ET_a je manjša od potencialne *ET*, saj ima rastlinski pokrov v sušnih razmerah manjšo porabo vode. Tako vidimo, da v nobenem izmed obravnavanih mesecev rastlinski pokrov ni imel optimalne preskrbe z vodo. V vegetacijskem obdobju je bilo najslabše meseca septembra, ko je bila ET_a le 48,3% ET_0 (preglednica 2). Navišja dejanska evapotranspiracija je bila v mesecu juliju (povprečna dnevna 3,7 mm, skupaj v mesecu 115,5 mm). V mesecu juliju je bila tudi navišja dnevna evapotranspiracija v obravnavanem obdobju (5,8 mm, 22. 7. 2011).

V času visoke porabe vode s strani rastlinskega pokrova k bogatitvi podtalnice prispevajo le večji, zaporedni padavinski dogodki (Zupanc in sod., 2012b), ki zapolnijo prostor v tleh in tako presežejo vodno zadrževalno sposobnost tal. To je bilo dobro vidno v letu 2011 v mesecu maju, v poletnih mesecih juniju in juliju ter septembra. V drugi dekadi maja je večji padavinski dogodek (16. 5. 2011, 44 mm, preglednica 3) zapolnil le zgornji sloj tal, saj se je količina vode po padavinah na 50 cm za malenkost povečala, in sicer z 29,6 % 15. 5. 2011, pred padavinskim dogodkom, na 30,3 % 20. 5. 2011, 4 dni po padavinah. Bolj so napolnile tla padavine dober teden dni kasneje, 28.–29. 5. 2011 (41,2 mm), ko se je količina vode na 50 cm povečala z 29,9 % 27. 5. 2011 na 32,8 % 29. 5. 2011 (slika 2). Vodna fronta tudi po tem

padavinskem dogodku ni prodrla do 100 cm globine, sprememb v količini vode (in tenzije, podatki niso prikazani) ni bilo (slika 2).

Preglednica 3: Dnevne vrednosti za padavine na lizimetru Kleče (P_{liz}) v Ljubljani, dejansko evapotranspiracijo (ET_a) in iztok vode iz lizimetra (dI) za mesece april, maj in junij 2011

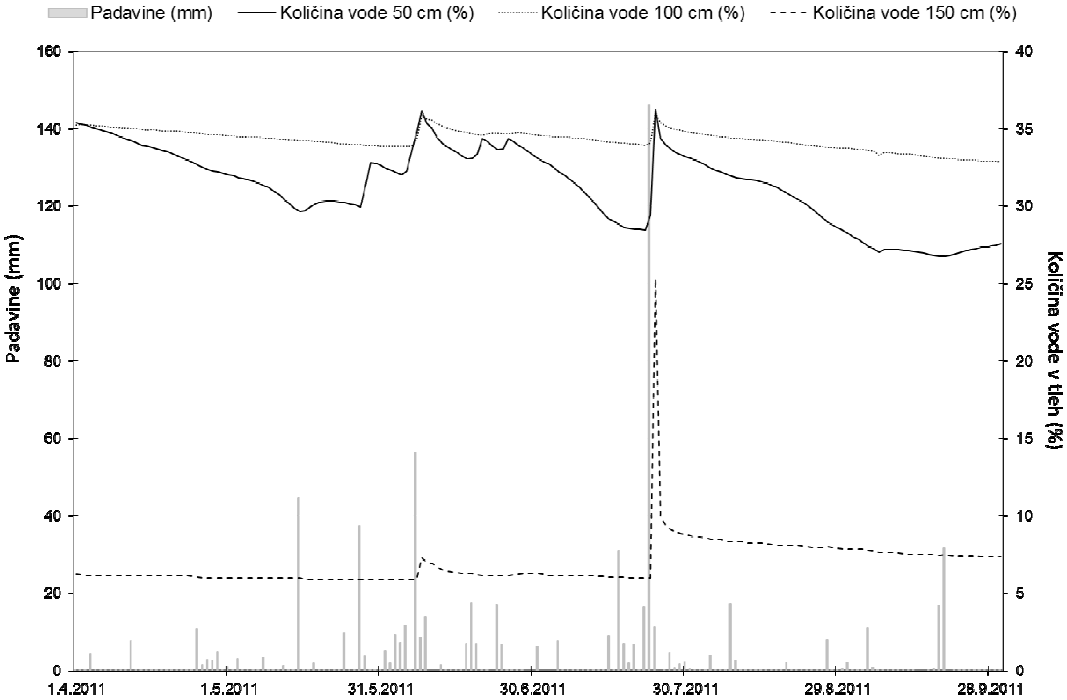
Datum	P_{lys} (mm)	ET_a (mm)	dI (mm)	Datum	P_{lys} (mm)	ET_a (mm)	dI (mm)	Datum	P_{lys} (mm)	ET_a (mm)	dI (mm)
1.4.2011		1,9	0,7	1.5.2011	0,2	1,9	0,2	1.6.2011		4,6	0,5
2.4.2011	0,2	1,2	0,6	2.5.2011	1,1	2,5	0,1	2.6.2011	5	2	0,1
3.4.2011		2,2	0,4	3.5.2011	0,2	2,3	0,2	3.6.2011	1,8	3,8	0,6
4.4.2011		2,3	0,3	4.5.2011	2,9	3,5	0,2	4.6.2011	9,1	2,6	-0,5
5.4.2011	4,3	1,9	0,2	5.5.2011		3,6	0,2	5.6.2011	7,2	2,2	-1
6.4.2011		2,2	0,2	6.5.2011		3,0	0,1	6.6.2011	11,8	1,5	2,6
7.4.2011		2,3	0,1	7.5.2011		2,8	0,2	7.6.2011	0,1	2	1,8
8.4.2011		3,0	0,4	8.5.2011		3,0	0,3	8.6.2011	56,3	1,1	1,8
9.4.2011		1,6	0,6	9.5.2011	3,4	2,2	0,4	9.6.2011	8,6	3,3	22,3
10.4.2011		3,0	0,5	10.5.2011		3,8	0,3	10.6.2011	13,8	1,2	7,6
11.4.2011		2,3	0,5	11.5.2011		3,4	0,3	11.6.2011		4,2	14,1
12.4.2011	0,1	2,1	0,5	12.5.2011	0,1	3,1	0,3	12.6.2011		4,1	5,4
13.4.2011	7,6	2,2	0,4	13.5.2011	1,3	3,3	0,3	13.6.2011	1,5	2,7	3
14.4.2011		2,7	0,4	14.5.2011		2,9	0,2	14.6.2011		3,1	2,3
15.4.2011		2,0	0,3	15.5.2011		3,0	0,2	15.6.2011		2,7	1,5
16.4.2011	0,1	1,4	0,5	16.5.2011	44,6	0,2	0,2	16.6.2011		4,6	1,3
17.4.2011		1,5	0,1	17.5.2011		3,2	0,2	17.6.2011		4,4	1,1
18.4.2011	0,2	1,8	0,4	18.5.2011		3,3	0,2	18.6.2011	7	1,7	0,8
19.4.2011		2,3	0,1	19.5.2011	2,0	1,8		19.6.2011	17,5	4,4	0,8
20.4.2011	0,1	2,4	0,1	20.5.2011		3,7		20.6.2011	7	0,5	0,6
21.4.2011	0,2	2,2	-0,1	21.5.2011		2,9		21.6.2011	0,1	3,9	0,5
22.4.2011		2,8	0,3	22.5.2011		3,7		22.6.2011		5	-0,7
23.4.2011		2,7	0,4	23.5.2011		4,3	-0,1	23.6.2011		5,1	-3,1
24.4.2011		2,4	0,3	24.5.2011		2,8	-0,1	24.6.2011	16,9	4,1	0,3
25.4.2011		2,4	0,2	25.5.2011	9,6	3,9	0,1	25.6.2011	6,7	0,2	1,1
26.4.2011	10,6	2,1	0,2	26.5.2011		4,2	0,1	26.6.2011		4,1	-0,4
27.4.2011	1,5	2,6	0,3	27.5.2011		5,0		27.6.2011		3,3	-3,4
28.4.2011	2,7	1,3	0,3	28.5.2011	37,4	4,7	0,2	28.6.2011		4,9	1,5
29.4.2011	2,6	1,0	0,2	29.5.2011	3,8	0,9	-1,5	29.6.2011		4,7	1,3
30.4.2011	4,7	0,2	0,1	30.5.2011		4,1	-4,7	30.6.2011		5,5	1,1
				31.5.2011		5,0	-2,9				

Preglednica 4: Dnevne vrednosti za padavine na lizimetru Kleče (P_{liz}) v Ljubljani, dejansko evapotranspiracijo (ET_a) in iztok vode iz lizimetra (dI) za mesece julij, avgust in september 2011

Datum	P_{lys} (mm)	ET_a (mm)	dI (mm)	Datum	P_{lys} (mm)	ET_a (mm)	dI (mm)	Datum	P_{lys} (mm)	ET_a (mm)	dI (mm)
1.7.2011		2,5	1,8	1.8.2011	0,4	3,9	1,1	1.9.2011	2,1	2,6	0,4
2.7.2011	6,2	3,2	1,6	2.8.2011		2,9	0,8	2.9.2011		2,2	0,4
3.7.2011		3,9	0,6	3.8.2011	0,1	4,3	0,9	3.9.2011		2,4	0,3
4.7.2011		4,4	1,5	4.8.2011		4,4	0,7	4.9.2011		2,4	0,4
5.7.2011		5,4	2,6	5.8.2011	4	3,9	0,5	5.9.2011	11,0	2,2	0,4
6.7.2011	7,7	3,1	1,2	6.8.2011		3,6	0,5	6.9.2011	0,8	1,4	0,3
7.7.2011		4,7	0,9	7.8.2011		3,1	0,4	7.9.2011		2,6	0,2
8.7.2011		5	0,8	8.8.2011		4,4	0,4	8.9.2011		1,8	0,2
9.7.2011		5,3	0,7	9.8.2011	17,2	2,3	0,6	9.9.2011		1,0	0,2
10.7.2011		5,3	0,7	10.8.2011	2,7	2,1	0,5	10.9.2011	0,1	1,5	0,3
11.7.2011		5,2	0,7	11.8.2011		3,1	0,4	11.9.2011		1,8	0,2
12.7.2011		4,8	0,5	12.8.2011		3,5	0,5	12.9.2011		1,7	0,1
13.7.2011		4,2	0,6	13.8.2011		3,5	0,4	13.9.2011	0,2	1,1	0,1
14.7.2011		4,5	0,3	14.8.2011		3,7	0,5	14.9.2011		1,3	0,1
15.7.2011		4,3	0,4	15.8.2011		3,6	0,4	15.9.2011		1,5	
16.7.2011	9	1,3	0,4	16.8.2011		3,1	0,4	16.9.2011		1,5	0,1
17.7.2011		4	0,4	17.8.2011		3,4	0,4	17.9.2011		1,1	
18.7.2011	31	3,7	0,2	18.8.2011		3,5	0,3	18.9.2011	0,5	1,1	
19.7.2011	6,9	2,6	0,3	19.8.2011		3,6	0,5	19.9.2011	16,7	0,6	
20.7.2011	1,8	3,5	0,3	20.8.2011	2,1	3,4	0,4	20.9.2011	31,7	0,2	
21.7.2011	6,7	2,2	0,2	21.8.2011		3,6	0,4	21.9.2011		1,2	
22.7.2011		5,8	0,3	22.8.2011		3,4	0,5	22.9.2011		1,2	-0,1
23.7.2011	16,3	3,7	0,3	23.8.2011		3,4	0,4	23.9.2011		0,9	
24.7.2011	146,2	1,2	3,8	24.8.2011		3,5	0,4	24.9.2011		1,2	
25.7.2011	11,4	3,9	64,1	25.8.2011		3,5	0,5	25.9.2011		1,0	
26.7.2011		3,3	32,4	26.8.2011		3,3	0,4	26.9.2011		1,0	
27.7.2011	0,2	4	5	27.8.2011		3,2	0,5	27.9.2011		0,9	
28.7.2011	4,5	4,2	3,1	28.8.2011	7,9	2,7	0,4	28.9.2011		1,0	0,2
29.7.2011	0,6	1,4	2,1	29.8.2011		2,5	0,4	29.9.2011		0,9	0,1
30.7.2011	1,7	2,7	1,4	30.8.2011		2,9	0,4	30.9.2011		0,9	
31.7.2011	2,3	1,8	1,4	31.8.2011	0,4	2,7	0,4				

Prva dekada junija je bila precej mokra (113,8 mm, 2.–10. 6. 2011), kar se je odrazilo v iztoku iz lizimetra (9.–16. 6. 2011). V tem obdobju je bil skupni iztok 57,5 mm, kar je polovica padavin, ki je prispela na površino lizimetra v prvi dekadi junija (preglednica 3). Padavine v

drugi (19.–20. 6. 2011, 24,5 mm) in tretji dekadi (24.–25. 6. 2011, 23,6 mm) h iztoku niso prispevale, niti se niso odrazile pri količini vode v tleh na 100 oziroma 150 cm (slika 2).
Kljub visokim temperaturam in sušnim razmeram so k znatni količini iztoka iz lizimetra prispevale padavine v tretji dekadi julija, in sicer 23.–24. 7. 2011. Te padavine, ko je v dvanajstih urah padlo 148,5 mm padavin, so povzročile močan tok vode v globino (preglednica 4, slika 2). Tu lahko vidimo, kako nizko sposobnost zadrževanja vode imajo prodnate plasti pod 130 cm, saj je količina vode po prehodu vodne fronte ustalila na 8 %, kar lahko privzamemo kot poljsko kapaciteto te plasti. Na podlagi opazovanj meritev vode po julijskih padavinah (23.–25. 7. 2011) smo ugotovili, da je okvirna vrednost poljske kapacitete zgornjih plasti (50 in 100 cm) 28 oziroma 34 %, spodnjih plasti (150 cm) pa 8 % vode (Zupanc in sod., 2012a). Med 23. in 25. 7. 2011 je padlo skupaj 173,9 mm padavin, iztok iz lizimetra se je pojavil 8 ur po začetku padavin (24. 7. 2011, Zupanc s sod., 2012a). Povečan iztok vode je trajal vse do 1. 8. 2011 (114,5 mm) (preglednica 4). Po padavinah konec druge dekade septembra 19.–20. 9. 2011 (48,4 mm) iztoka ni bilo, količina vode na 50 cm pa se je minimalno povečala (z 26,8 % 19. 9. 2011 na 27,6 % 22. 9. 2011, dva dni po padavinskem dogodku (slika 2), kar kaže na blago pronicanje vode iz vrhnih plasti v lizimetru.



Slika 2: Količina vode (%) na 50, 100 in 150 cm in padavine v obravnavanem obdobju za lizimeter Kleče, Ljubljana

V mesecih april, maj, avgust in september je bil iztok iz lizimetra neznaten (preglednice 2, 3 in 4). Razmerje med količino padavin in iztokom je bilo najnižje v mesecu maju, in v mesecu septembru (preglednici 2 in 3), ko se je zaradi suše pojavil negativen iztok – vtok vode v lizimeter. Vtok vode v lizimeter pomeni črpanje vode iz posode za izcedno vodo nazaj v lizimeter, kar sproži avtomatski pomnilnik, ko je tenzija v okolici lizimetra nižja kot v lizimetru (uravnavanje robnih pogojev med okolico lizimetra in v lizimetru na globini 190 cm, Zupanc in sod., 2012b). Nižja tenzija v okolici lizimetra kot v lizimetru kaže na kapilarni dvig

vode iz globjih plasti sedimentov, kar je mogoče tudi prodih in peščenih sedimentih, le v manjšem obsegu kot v finih mineralnih tleh.

4 Sklepi

V času vegetacije in visokih potreb po vodi s strani rastlin tudi večji padavinski dogodki (> 20 mm, tudi > 40 mm) ne napolnijo zaloge vode v zgornji plasti tal do te mere, da bi voda pronicala globlje v talni profil. Zaradi pomanjkanja vode pride do premika vode iz globine tal preko kapilarnega dviga v višje plasti kljub prodnati in peščeni sestavi globljih plasti. V času suše obilne padavine (> 100 mm) povzročijo globinsko pronicanje vode preko makropor in preferenčnih poti.

5 Literatura

Bračič Železnik, B., Jamnik, B., Čenčur Curk, B. 2007. What can transport modelling predict without validation in the field? In: Groundwater and Ecosystems: XXXV IAH Congress, 17–21 September 2007: Proceedings: 7 str.

Bračič Železnik, B., Zupanc, V., Pintar, M. 2011. Naravno ozadje nitratov - meritve na lizimetru Kleče na Ljubljanskem polju. V: 22. Mišičev vodarski dan 2011, Maribor, 06. december. Zbornik referatov. Breznik, M. 1969. Ground water of the Ljubljana polje and possibilities of increasing its exploitation. Geologija, 12: 165-184

Rimon, Y., Dahan, O., Nativ, R., Geyer, S. 2007. Water percolation through the deep vadose zone and groundwater recharge: Preliminary results based on a new vadose zone monitoring system. Water Resources Research, 43: 1–12 DOI: 10.1029/2006WR004855

Rimon, Y., Nativ, R., Dahan, O. 2011. Vadose Zone Water Pressure Variation during Infiltration Events. Vadose Zone Journal. 10: 322–331, doi:10.2136/vzj2009.0113

Zupanc, V., Nolz, R., Cepuder, P., Bračič-Železnik, B., Pintar, M. 2012a. Determination of water balance components with high precision weighing lysimeter Kleče. Acta agriculturae Slovenica 99: 165-173 DOI: 10.2478/v10014-012-0016-1

Zupanc, V., Šturm, M., Lojen, S., Maršić-Kacjan, N., Adu-Gyamfi, J., Bračič-Železnik, B., Urbanc, J., Pintar, M. 2011. Nitrate leaching under vegetable field above a shallow aquifer in Slovenia. Agriculture, Ecosystems & Environment, 144: 167-174

Zupanc, V., Bračič-Železnik, B., Pintar, M. 2012b. Določitev vodne bilance z natančnim tehtalnim lizimetrom v Klečah. V: 23. Mišičev vodarski dan 2012, Maribor, 05. december. Zbornik referatov.

Analiza temperature tal za izbrane lokacije v Sloveniji v obdobju 1980–2010

Mateja ZALAR[75], Zalika ČREPINŠEK[76], Vesna ZUPANC[77], Lučka KAJFEŽ - BOGATAJ[78]

Izvleček
Povišanje temperature zraka zaradi prenosa toplote v tla pomeni dvig temperature tal. Le ta vpliva na več fizikalnih, bioloških in mikrobioloških procesov v tleh (npr. kalitev semen, vznik, kroženje vode) ter na samo kakovost tal. V naši raziskavi smo analizirali spremembo temperature tal za Ljubljano, Mursko Soboto in Novo mesto v obdobju 1980–2010. V obravnavanem obdobju so bila tla nabolj topla v Novem mestu na vseh globinah (2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm in 50 cm), vendar razlike med kraji niso zelo velike. Najbolj se segrevajo tla v Murski Soboti v poletnem delu leta, in sicer na globinah 20, 30 in 50 cm.
Ključne besede: temperatura tal, klimatske spremembe

Analysis of soil temperature for chosen locations in Slovenia for 1980–2010

Abstract
The increase in air temperature due to heat transfer in the ground means the rise in temperature of the soil. Temperature rise affects physical, biological and microbiological processes in the soil (e.g. germination of seeds, emerging, water circulation) and the quality of the soil. In our study, we analyzed soil temperature changes for Ljubljana, Murska Sobota and Novo mesto in the period 1980–2010. The highest soil temperature had Novo mesto, but the differences between locations were not substantial. Soil temperature in Murska Sobota is increasing in the summer part of the year on 20, 30 and 50cm depth.
Key words: soil temperature, climate change

1 Uvod

Tla so neobnovljiv, omejen naravni vir, ki je v ravnovesju z obstoječim okoljem ter tako močno podvržen spremembam v njem, omogočajo pa življenje, saj nudijo rastlinam mehansko oporo in jim zagotavljajo oskrbo s hranili in vodo. Hkrati podnevi predstavljajo prostor za skladiščenje toplote oziroma delujejo kot ponor energije, ponoči pa so vir energije iz globljih plasti proti površini. Poznavanje temperature tal in njene časovne ter prostorske spremenljivosti je še posebej pomembno v kmetijski pridelavi, saj temperatura tal odločilno vpliva na številne fizikalne, biološke in mikrobiološke procese v tleh. Med najpomembnejšimi so kalitev semen in vznik, nadaljna rast in razvoj rastlin, gibanje vode v tleh (med drugim preko viskoznosti in površinske napetosti fluida), razgradnja organskih snovi, preživetje talnih patogenov ter številne kemijske reakcije in pedogenetski procesi (Bai in sod., 2014; Jinling in sod., 2013). Za kalitev semen se optimalna temperatura tal za različne rastline zelo razlikuje. Za zgodnji krompir pri nas tako svetujejo, da ga začnemo saditi, ko so tla ogreta na 6 °C, poznega pa, ko se temperatura tal ustali vsaj na 8 °C (Poženel, 2014), oljne buče pri 10–12 °C (Kocjan Ačko, 1999), koruzo pri temperaturah tal nad 10 °C. Če temperature tal ne omogočajo kalitve posejanega semena, obstaja večja verjetnost poškodb semen zaradi

[75] Dodiplomska študentka, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: zalar.mateja91@gmail.com
[76] Doc. dr., prav tam, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si
[77] Doc. dr., prav tam, e-pošta: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si
[78] Prof. dr., prav tam, e-pošta: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

škodljivcev ali patogenov, kar pomeni slabši vznik in gostoto posevka, kar posledično zmanjšakončno velikost prideleka. Temperatura tal direktno vpliva tudi na proces denitrifikacije. Hitrost denitrifikacije strmo narašča od 2 °C do 35 °C, optimalna temperatura tal za ta proces je med 25 °C in 35 °C (Dar, 2010). Optimalen sprejem vode v rastlino vode je pri temperaturi tal med 10 in 30 °C, nad tem se odvzem vode zmanjša (Kuo in Boersma, 1971). Fizikalne lastnosti tal, kot npr. toplotna prevodnost, difuzivnost, specifična toplota ali gostota toplotnega toka, se spreminjajo s temperaturo tal in posredno preko energijske bilance tal vplivajo tudi na stabilnost pobočij in brežin ter erozijo tal (Imeson in Lavee, 1998). Zmrzal tal lahko v zimskem času zaščiti pred erozivnim delovanjem vetra, a igra odločilno vlogo pri razgrajevanju strukturnih agregatov (Wang in sod., 2014), kar lahko podvrženost tal eroziji pospeši.

Kljub temu da so temperature tal zelo pomembne pri številnih procesih v tleh, pa so v dosedanjih raziskavah precej redko uporabljane kot indikator podnebnih sprememb. V zadnjem poročilu Medvladnega panela za podnebne spremembe (IPCC) so zapisali, da je bilo obdobje 1983–2012 najtoplejše tridesetletno obdobje v zadnjih 1400 letih; trend globalne temperature za severno hemisfero pa kaže segrevanje reda velikosti 0,85 [od 0,65 do 1,06] °C za obdobje 1880–2012 (IPCC, 2013). Ker so talne temperature tesno korelirane s temperaturami zraka (Gams, 1989; Qian in sod., 2011), klimatski modeli napovedujejo, da se bodo tla še naprej segrevala (Houle in sod., 2012). Raziskave v zadnjih letih so pokazale, da se temperature tal zvišujejo na številnih območjih, npr. v Kanadi (Qian in sod., 2011), ZDA (Bai in sod., 2014), Rusiji (Zhang in sod., 2001), Kitajski (Du in sod., 2007), Evropi (Garcia-Suarez in Butler, 2006). Talne temperature se spreminjajo tudi zaradi sprememb v trajanju in debelini snežne odeje, kar je povezano z albedom in izolativnimi lastnostmi snega (Quian in sod., 2011). Slednje je še posebej pomembno v kmetijstvu, saj snežna odeja deluje kot toplotni izolator, tla pod njo so toplejša in s tem rastline bolj zaščitene pred nizkimi zimskimi temperaturami. Groffman in sod. (2001) so v svoji raziskavi potrdili, da so se na določenih predelih ZDA temperature tal znižale zaradi višjih temperatur zraka, zaradi katerih so bila tla dlje časa brez snežne odeje, posledice so se odražale na povečanem propadanju drobnih korenin, večji smrtnosti talnih mikroorganizmov ter s povečanim izpiranjem dušika in fosforja. Tudi za Slovenijo je analiza dolgoletnih podatkov pokazala, da je trend višine novozapadlega snega in števila dni s snežno odejo za obdobje 1950–2009 negativen (Bertalanič, 2010). Krajše obdobje, ko so tla pokrita s snežno odejo, pa je povezano s spremembami talnih temperaturnih hodov.

Zaradi vsega zgoraj naštetega je pomembno, da poznamo dejavnike, ki vplivajo na temperaturo tal in njihovo prostorsko ter časovno spremenljivost. Namen naše raziskave je ugotoviti prostorsko ter časovno spremenljivost temperature tal v obdobju 1980–2010 za tri izbrane lokacije v Sloveniji, in sicer za Ljubljano, Mursko Soboto in Novo mesto.

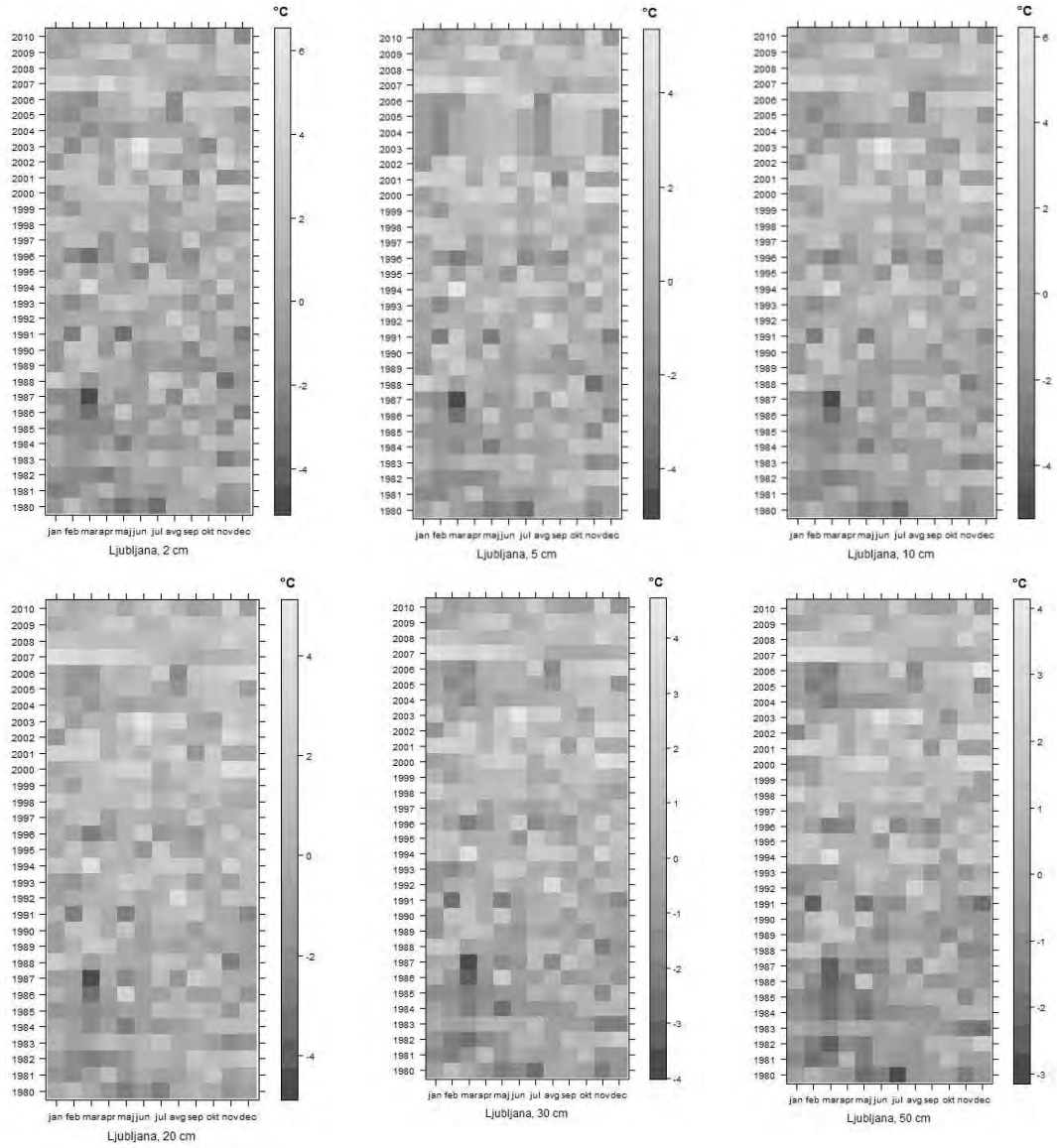
2 Materiali in metode dela

Za izbrana merilna mesta (Ljubljana Bežigrad, Murska Sobota in Novo mesto) smo iz arhiva Agencije Republike Slovenije za Okolje (ARSO, 2014) pridobili podatke o dnevnih temperaturah tal za globine 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm in 50 cm za obdobje 1980–2010. Dnevna temperatura tal je povprečje izmerjene temperature tal na določeni globini (npr. na 2 cm) ob 07:00 UTC, 14:00 UTC in 21:00 UTC. Prav tako smo iz arhiva ARSO pridobili podatke za povprečne mesečne temperature tal za izbrana merilna mesta za obdobje 1971–2000, kar je predstavljalo naše referenčno obdobje.

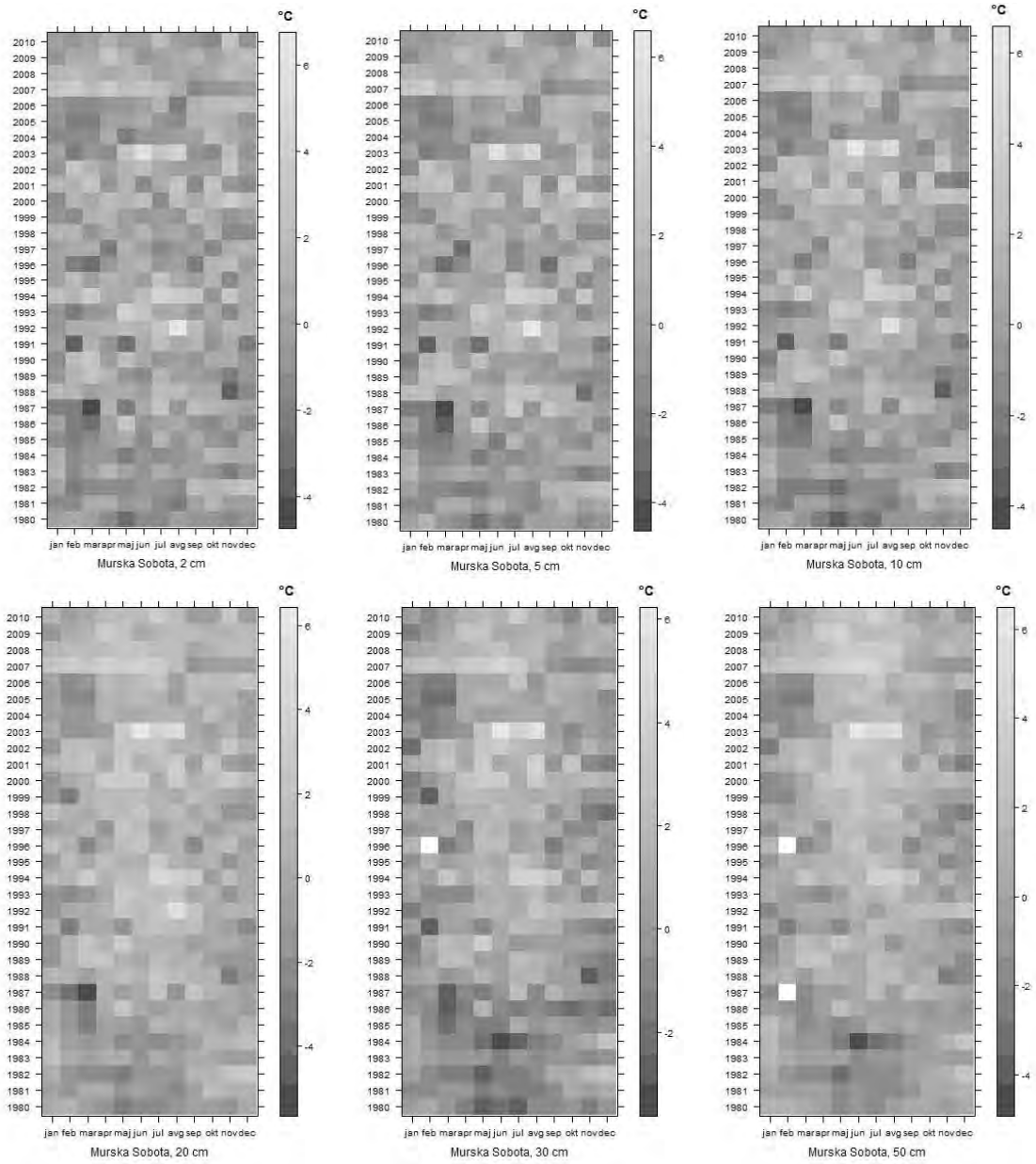
Pri pregledu podatkov in izbiri merilnih mest (objavljeni so podatki za deset izbranih lokacij) ter obdobja (arhiv meritev za nekatere postaje sega v leto 1961) smo ugotovili, da za vsa merilna mesta obstajajo obdobja (od enega dneva do nekaj mesecev), ko se meritev iz različnih razlogov ni izvajalo, ponekod pa so meritve začeli izvajati veliko kasneje kot na ostalih merilnih mestih (primer: v Šmartnem pri Slovenj Gradcu so začeli z meritvami šele leta 1982). Izbrana merilna mesta in obdobje meritev vsebujeta najmanj manjkajočih podatkov. Izbira primernih merilnih mest je poleg izbire obdobja predstavljala velik izziv, saj so se merilna mesta tekom časa selila, spreminjala se je njihova okolica (npr. povečana urbanizacija, izgradnja kanalizacije, sprememba rabe zemljišč v okolici).
Podatke smo nato obdelali v programu Excel 2010: poračunali smo mesečna povprečja za posamezna leta v izbranem obdobju. Naredili smo primerjalno analizo med kraji. Izračunali smo odstopanja od povprečnih mesečnih temperatur v obdobju 1971–2000. Končne grafe (t. i. »heat map-e« – toplotne karte) smo izrisali v programskem jeziku R (2014).

3 Rezultati in razprava

Temperatura tal se povečuje zaradi segrevanja ozračja in prenašanja toplote preko sevanja. Na slikah 1–3 smo prikazali odstopanja v obdobju 1980–2010 glede na povprečne temperature za obdobje 1971–2000 po globinah (2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm in 50 cm). Temnejši kvadrati pomenijo, da je bila povprečna mesečna temperatura v obdobju 1980–2010 nižja od povprečja za obdobje 1971–2000, svetlejši, da so bila tla na obravnavani globini toplejša od primerjalnega obdobja.
Izmed obravnavanih lokacij so bila tla v obdobju 1980–2010 po vseh globinah najtoplješa v Novem mestu (od 11,8 °C na 2 cm do 12,1 °C na 50 cm), najnižjo povprečno temperaturo so imela tla v Ljubljani (od 11,4 °C na 2 cm do 11,8 °C na 50 cm). Na vseh treh obravnavanih lokacijah so bila tla najtoplejša na globini 50 cm, kar je lahko posledica različnih tipov tal in/ali vsebnosti vlage v tleh, kar vodi do različnih koeficientov toplotne kapacitete (Roxy in sod., 2014).
Na vseh slikah opazimo, da se je povprečna mesečna temperatura tal v vseh obravanih krajih in globinah povečala glede na referenčno obdobje. Posebej izstopa nekaj dogodkov, ki jih lahko zelo dobro povežemo z dogajanji v atmosferi. Zanimivo je tudi, da po globini primerjava povprečij ni pokazala časovnih zamikov.
Na vseh postajah so bila v 80. letih prejšnjega stoletja v primerjavi s povprečno temperaturo tal referenčnega obdobja 1971–2000 izrazito hladna poletja in zime. Posebej izstopa izredno hladen marec leta 1987 (slike 1, 2 in 3), ko je temperatura od povprečja odstopala za več kot 6 °C. V zadnjih desetih letih je bilo nekaj hladnih zim. Posebej izstopajo zime 2003/2004, 2004/2005 in 2005/2006, posebej marec 2006. Temu je sledila izrazito topla zima 2006/2007. Ta toplota se je prenesla naprej v pomlad in začetek poletja 2007. Po tem obdobju se tla v Murski Soboti in Novem mestu (sliki 2 in 3) niso več izrazito ohladila.
Za vse obravnavane lokacije izstopa zelo toplo poletje 2003, kar je na slikah razvidno na vseh globinah kot tri zaporedne svetle točke, predvsem mesec junij 2003. Sicer je najbolj opazno sezonsko nihanje temperatur na lokaciji Murska Sobota, na globinah 20, 30 in 50 cm (slika 2), še posebej je to izrazito po hladnem poletju leta 1984. Najvišje povprečne vrednosti dosegajo do 26 °C, posamezne dnevne pa tudi 30 °C. To že pomeni zmanjšan odvzem vode s strani rastlin, tudi v primeru, če je razpoložljive vode dovolj (Kuo in Boersma, 1971).



Slika 1: Odstopanja povprečne mesečne temperature tal v Ljubljani za različne globine (2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm in 50 cm); temnejši kvadrati za posamezno leto pomenijo nižjo temperaturo od povprečja 1971–2000, svetlejši pa višjo temperaturo.

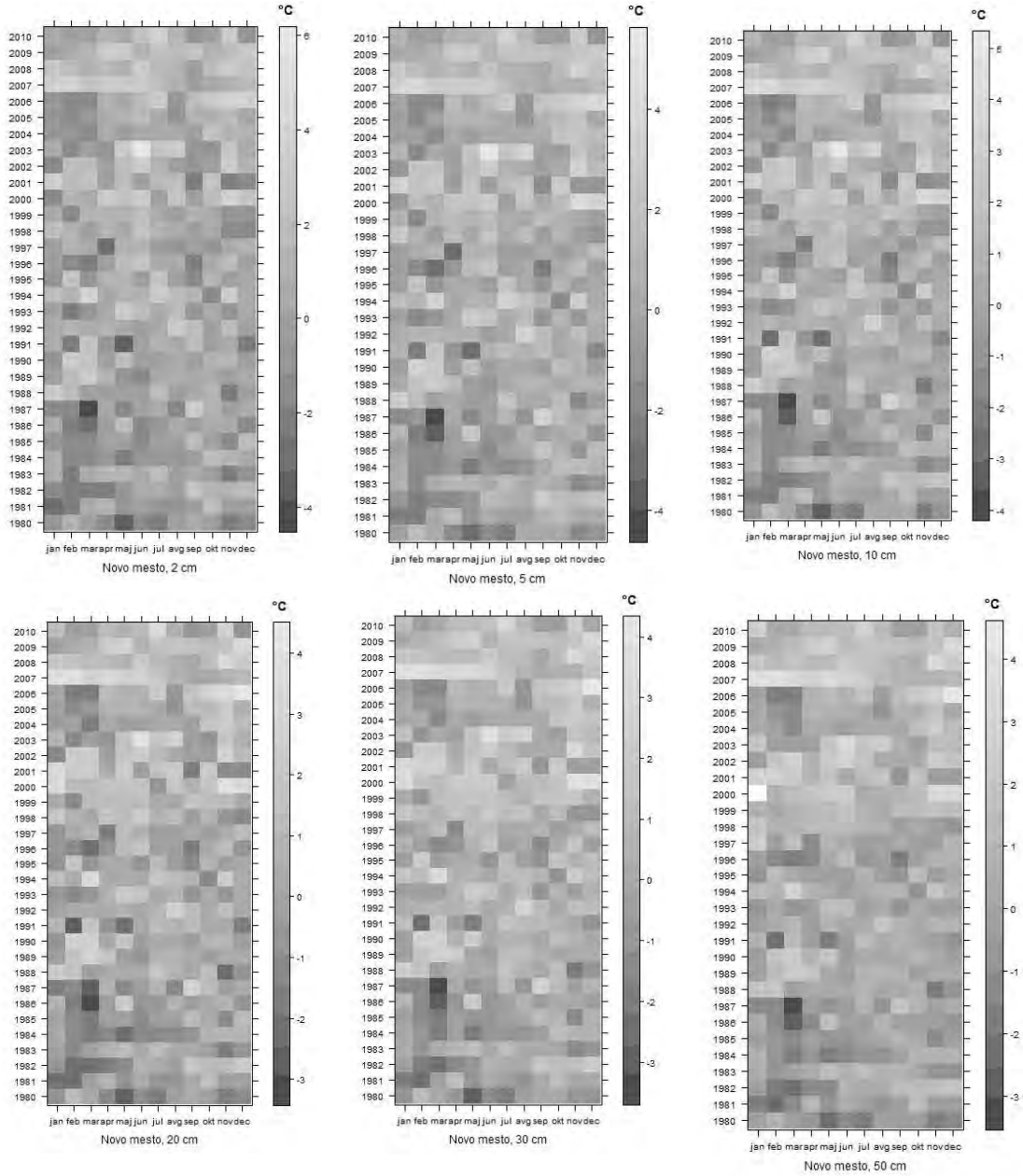


Slika 2: Odstopanja povprečne mesečne temperature tal v Murski Soboti za različne globine (2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm in 50 cm), temnejši kvadrati za posamezno leto pomenijo nižjo temperaturo od povprečja 1971–2000, svetlejši pa višjo temperaturo.

4 Sklepi

V obravnavanem obdobju so bila tla najbolj topla v Novem mestu na vseh globinah, vendar razlike med tremi kraji niso zelo velike. Najbolj se segrevajo tla v Murski Soboti v poletnem delu leta, in sicer na globinah 20, 30 in 50 cm. To je posebej izrazito po hladnem poletju leta 1984. Temperatura tal pa se po zimi 2006/2007 v nobenem izmed treh krajev ni več spustila pod povprečje. Te spremembe nakazujejo, da se povišane temperature zraka že poznajo na

spremenjenih temperaturah tal, kar lahko vpliva na kakovost tal in s tem tudi na spremenjene, lahko tudi slabše pogoje za kmetijsko pridelavo.



Slika 3: Odstopanja povprečne mesečne temperature tal za Novo mesto za različne globine (2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm in 50 cm); temnejši kvadrati za posamezno leto pomenijo nižjo temperaturo od povprečja 1971–2000, svetlejši pa višjo temperaturo.

5 Literatura

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2014. http://www.arso.gov.si/

Bai, Y., Scott, T.A., Min, Q. 2014. Climate change implications of soil temperatures in the Mojave Desert, USA. Frontiers of Earth Science, 8(2): 302-308

Bertalanič, R. 2010. Spremenljivost podnebja v Sloveniji. Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Ljubljana: 11 str.

Dar, G.H. 2010. Soil microbiology and biochemistry. New India publishing Agency, New Delhi: 512 str.

Du, J., Li, C., Liao, J. 2007. Soil temperature change at shallow layer in lhasa from 1961 to 2005. Arid Land Geography, 30, 6: 826-831

Gams, I. 1989. Zemeljske tempereature v Sloveniji in njihovo odstopanje od zračnih. Acta geographica Slovenica: 5-36

García-Suárez, A.M., Butler, C.J. 2006. Soil temperatures at Armagh Observatory, Northern Ireland, from 1904 to 2002. International Journal of Climatology, 26: 1075–1089

Groffman, P., Driscoll, C., Fahey, T.J., Hardy, J.P., Fitzhugh, R.D.,Tierney, G.L. 2001. Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. Biogeochemistry, 56: 135-150

Houle, D., Bouffard, A., Duchesne, L., Logan, T., Harvey, R. 2012. Projections of future soil temperatures and water content for three southern Quebec forest sites. Journal of Climatology, 25: 7690-7701

Imeson, A.C., Lavee, H. 1998. Soil erosion and climate change: the transect approach and the influence of scale. Geomorphology, 23(2–4): 219–227

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 1535 str.

Jinling, L., Fuzhong, W., Wanqin, Y., Peili, S., Ao, W., Yulian, Y., Zhichao, W. 2013. Effect of seasonal freeze-thaw cycle on net nitrogen mineralization of soil organic layer in the subalpine/alpine forest of western Sichuan, China. Acta Ecologica Sinica, 33: 32-37

Kocjan Ačko, D. 1999. Buče. V: Pozabljene poljščine. Ljubljana, Kmečki glas: 167-178

Kuo, T., Boersma, L. 1971. Soil water suction and root temperature effects on nitrogen fixation in soybeans. Agronomy Journal, 63(6): 901-904

Poženel, A. 2014. Pridelovanje krompirja. KGZ Nova Gorica, Kmetijska svetovalna služba: 2 str. http://www.kmetijskizavod-ng.si/priponke/Nasveti/Poljscine/2014-krompir.pdf

Programski jezik R. 2014. http://www.r-project.org/

Qian, B., Gregorich, E.G., Gameda, S., Hopkins, D.W., Wang, X.L. 2011. Observed soil temperature trends associated with climate change in Canada. Journal of Geophysical Research, 116, D02106: 1-16

Roxy, M.S., Sumithranand, V.B., Renuka, G. 2014. Estimation of soil moisture and its effect on soil thermal characteristics at Astronomical Observatory, Thiruvananthapuram, south Kerala. Journal of Earth System Science, 123, 8, 1793-1807

Wang, L., Shi, Z.H., Wu, G.L., Fang, N.F. 2014. Freeze/thaw and soil moisture effects on wind erosion. Geomorphology 207: 141-148

Zhang, T., Barry, R.G., Gilichinsky, D., Bykhovets, S.S., Sorokovikov, V.A., Jingping, Y. 2001. An amplified signal of climatic change in soil temperatures during the last century at Irkutsk, Russia. Climatic Change, 49(1-2): 41-76

Zhang, Y., Chen, W., Smith, S.L., Riseborough, D.W., Cihlar, J. 2005. Soil temperature in Canada during the 20th century: Complex responses to atmospheric climate change. Journal of Geophysical Research (Atmospheres), 110, D03112

Strategije zatiranja plevelov v koruzi v Sloveniji in njihov vpliv na okolje

Andrej SIMONČIČ[79]

Izvleček
Koruza predstavlja v Sloveniji že dolgo vrsto let najbolj razširjeno poljščino. Zadnjih 10 let jo pridelujemo v povprečju na 40 % njiv, kar nas uvršča na prvo mesto v Evropi. S pridelavo koruze pa so povezani tudi njeni vplivi na okolje. Predvsem pleveli so tisti, ki predstavljajo največjo grožnjo pridelavi koruze tako s stališča ekonomike kot tudi vplivov na okolje. V prispevku so prikazane tehnologije pridelovanja koruze v preteklosti in njihov vpliv na obremenjevanje okolja, predvsem podzemne vode. V nadaljevanju je predstavljen pristop integriranega varstva rastlin, ki od koncepta zatiranja plevela prehaja na koncept uravnavanja plevelne vegetacije v okviru integrirane kmetijske pridelave.
Ključne besede: pridelovanje koruze, zatiranje plevela, fitofarmacevtska sredstva, integrirano varstvo rastlin, varstvo okolja

Evaluation of weed control strategies in maize in Slovenia and their impact on the environment

Abstract
Maize represents in Slovenia for many years the most widespread field crop. For the last 10 years it has been grown on average, on 40 % of arable land, which ranks us first in Europe. The maize production is also known for its impacts on the environment. Above all, weeds are those that represent the greatest threat to maize production both in terms of economics as well as environmental impacts. This paper presents the technology of maize production in the past and its impacts on the environment, particularly groundwater. Additionally the approach of integrated plant protection, which has been developing from the concept of weed eradication to the weed management within integrated crop production, is described.
Key words: maize production, weed control, plant protection products, integrated plant protection, environmental protection

1 Uvod

Koruza predstavlja v srednji in južni Evropi že vrsto let eno najpomembnejših poljščin. Zgolj v okviru EU zavzemajo površine, na katerih pridelujemo koruzo, približno 15 mio ha, kar predstavlja površino več kot sedem Slovenij. Še pomembnejšo vlogo v kmetijstvu ima koruza v Sloveniji, kjer je že dolgo vrsto let najbolj razširjena poljščina. Zadnjih 10 let jo pridelujemo v povprečju na 40 % njiv, kar nas uvršča na prvo mesto v Evropi pred Belgijo (30 %), Nizozemsko (24 %) in Nemčijo (11 %) (Čergan, 2008). Po zadnjih podatkih je v letu 2013 koruza v Sloveniji zavzemala skupaj 71.868 ha, kar predstavlja 39,4 % vseh njivskih površin (Poročilo o stanju kmetijstva …, 2014). V osemdesetih in devetdesetih letih pa je bil ta delež že tudi blizu 50 %. Vzrok za tolikšno pridelavo koruze gre iskati v prvi vrsti v njeni relativno enostavni in poceni pridelavi ob veliki količini pridelane energije, ki jo potrebujemo kot vir krme za živinorejo, katera predstavlja v Sloveniji že vrsto let najpomembnejšo kmetijsko panogo.
S pridelavo koruze pa so povezani tudi njeni vplivi na okolje. V svetu se že dobrih 40 let srečujemo z vprašanjem vplivov kmetijstva na okolje, pri čemer je še posebej izpostavljena

[79] Izr. prof. dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e- pošta: andrej.simoncic@kis.si

uporaba fitofarmacevtskih sredstev (FFS) ter njihov vpliv na onesnaževanje podzemnih in površinskih voda. Pri varstvu koruze predstavljajo tveganje za pridelavo poleg plevelov še talni škodljivci, prosena vešča, koruzni hrošč, listne uši ter nekatere glive. Kljub temu so pleveli tisti, ki predstavljajo največjo grožnjo pridelavi koruze tako s stališča ekonomike kot tudi vplivov na okolje.
Posebno težavo slovenskega kmetijstva pri tem predstavlja dejstvo, da približno četrtina vseh njiv leži na območju okoljsko občutljivih peščeno prodnatih nasutin večjih rek z vodnimi telesi podzemne vode, ki so večinoma namenjene preskrbi s pitno vodo. Po podatkih iz leta 2007 znaša površina njiv s koruzo na območjih vodnih teles podzemne vode skupaj kar 32.352 ha, skupna površina njiv na produ in pesku znotraj teh območij pa znaša slabo polovico oziroma 14.939 ha (Knapič in Simončič, 2007). Zato ne preseneča, da si že vse od samostojne Slovenije naprej kot tudi v prejšnji državi Jugoslaviji prizadevamo, da bi bili vplivi kmetijstva na kakovost podzemnih vod, kot tudi okolja v celoti, čim manjši.

2 Strategije zatiranja plevelov v koruzi v Sloveniji in njihov vpliv na okolje

Razvoj hibridnega semena, razvoj in uporaba mineralnih gnojil ter drugih tehnoloških izboljšav in mehanizacije v pridelavi so ob hkratnem razvoju herbicidov v največji meri pripomogli k hitremu širjenju pridelave koruze, tako po svetu kot tudi pri nas. Vse od začetka 60. let, ko smo tudi pri nas pričeli uporabljati prve herbicide iz skupine triazinov, se je uporaba herbicidov, še posebej atrazina, izjemno hitro povečevala ter sčasoma postala najpomembnejši in večinoma tudi edini ukrep za preprečevanje zapleveljenosti v koruzi. Vsi ostali ukrepi so bili zaradi učinkovitosti in cenenosti herbicidov čedalje bolj zanemarjeni (Simončič, 1998). Obdobja pridelovanja koruze po letu 1950 lahko glede na pristop k preprečevanju zapleveljenosti razdelimo na *obdobje pred uporabo herbicidov, še posebej talnih herbicidov*, temu je sledilo *obdobje intenzivne uporabe talnih herbicidov do prepovedi uporabe večine triazinskih pripravkov*. Konec 80. in v začetku 90. let pa se je pričel *prehod od koncepta zatiranja plevela h konceptu uravnavanja plevelne vegetacije*. V nadaljevanju se bomo posvetili predvsem zadnjima dvema obdobjema.

3 Obdobje intenzivne uporabe talnih herbicidov do prepovedi uporabe večine triazinskih pripravkov

Večanje obsega pridelave koruze je v 70. in 80. letih spremljalo tudi povečevanje števila pripravkov za zatiranje plevela v koruzi in sicer vse do leta 1995, ko smo imeli v Sloveniji na voljo kar 63 različnih pripravkov za zatiranje plevelov, med katerimi jih je več kot 30 % vsebovalo atrazin, 50 % pripravkov pa je vsebovalo enega izmed triazinskih pripravkov. Še pomembnejši je podatek, da se je s temi pripravki poškropilo cca. 80 % vseh površin posejanih s koruzo (Simončič, 1998). Pridelovalci so bili v tistem času prepričani, da so postale težave s pleveli zgolj še zgodovina. Celo nekateri znanstveniki tistega časa so napovedovali prihodnost kmetijstva brez plevelov (Roberts, 1963), česar pa seveda nismo dočakali, prav nasprotno. Plevelna flora se je pričela spreminjati in določene, do tedaj redke ali celo neznane vrste so se pričele intenzivno širiti skupaj s koruzo. Vsi smo se že navadili na ozkolistne plevele, kot so navadna kostreba, navadna srakonja, muhviči, prstasti pesjak in plazeča pirnica, čeprav so bile še pred pol stoletja to pri nas dokaj redke plevelne vrste. Tudi divji sirek se je pričel pri nas širiti šele pred 25 leti. V zadnjih letih pa med drugim ugotavljamo tudi uspešno širjenje golega prosa in fabrovega muhviča (Lešnik, 1995).

Še več je širokolistnih plevelnih vrst, katerim godijo pridelovalne razmere skupaj z velikim deležem koruze v kolobarju. Če smo v preteklosti govorili o **težavah s pleveli** na splošno, pa danes vedno bolj pogosto govorimo o čedalje številnejših **težavnih plevelih**. Poleg vsem znanih metlikah, ščirih in dresnih, da ne omenjamo posebej večletnih plevelov, kot so njivski slak, osat, preslica in kislica, so se v zadnjih desetletjih k nam iz toplejših krajev razširile številne vrste, kot so baržunasti oslez, pelinolistna ambrozija, bodičevolistna oblorožka, navadni kristavec, pasje zelišče in navadni bodič. Opažamo pa tudi že vrste, kot so npr. trikrpa ambrozija ali visoki ščir, ki predstavljata zaradi svoje velikosti in agresivnosti precejšnjo grožnjo kmetijski pridelavi tudi pri nas (Leskovšek in sod., 2014; Lešnik, 2012a; Lešnik, 2012b; Lešnik, 2012 c).

Na podlagi dosedanjega spremljanja plevelne vegetacije lahko ugotovimo, da so na tolikšne spremembe plevelne vegetacije pri nas vplivali predvsem naslednji štirje dejavniki: a) *povečevanje deleža pomladanskih in pozno pomladanskih posevkov, predvsem koruze, v setveni strukturi na račun ozimin in zgodnje pomladanskih posevkov,* b) *velik delež talnih herbicidov, ki preprečujejo vznik in konkurenco zgodnje pomladanskih in pomladanskih plevelov z nižjimi temperaturnimi zahtevami ter posledično omogočajo razvoj poznokalečih toploljubnih plevelnih vrst,* c) *ozki kolobarji in nepravilno sestavljeni kolobarni členi* in d) *podnebne spremembe, ki omogočajo širjenje in razvoj rastlinskim vrstam iz toplejših območij*.

Po svetu so se v zadnjih 30 letih srečali s še eno veliko težavo in sicer pojavom odpornosti plevelov na herbicide. Trenutni podatki kažejo, da so do danes različni pleveli razvili odpornost na 22 od 25 znanih skupin glede načinov delovanja herbicidov in na kar 155 različnih herbicidov. Trenutno poročajo o odpornosti plevelov v 84 različnih gojenih rastlinah v 66 državah (International Survey of Herbicide Resistant Weeds, 2015). Pri nas za razliko od tujine ugotavljamo, da tako danes kot tudi v preteklosti večjih težav s pojavom odpornosti plevelov na herbicide nismo imeli. V preteklosti smo namreč tudi pri nas zaradi številnih zapleveljenih njiv opravili raziskave glede odpornosti najpomembnejših enoletnih širokolistnih plevelnih vrst pri pridelovanju koruze, to je bele metlike in srhkodlakavega ščira na atrazin. Pri tem smo sicer tudi pri nas ugotovili posamezne primere odpornih biotipov teh dveh najpomembnejših širokolistnih plevelnih vrst, vendar pa je bilo to v zanemarljivem obsegu (Simončič, 1997; Simončič, 2001).

In kako se je vse to odrazilo na okolje, predvsem podzemne vode?

V 50. in 60. letih prejšnjega stoletja večina strokovnjakov negativnim vplivom FFS na tla in podzemno vodo ni pripisovala večjega pomena. Bili so mnenja, da bodo le-ti pod vplivi naravnega okolja ali povsem izginili ali pa jih bodo tla s svojo zgradbo ter procesi v njih do globine podzemnih voda v celoti razgradila. Vendar pa je več kot 20-letna intenzivna uporaba triazinskih pripravkov, predvsem atrazina, tako v svetu kot pri nas povzročila precejšnje kopičenje le-teh v tleh in v podzemni vodi. To je bil tudi povod, da so v nekaterih državah že v začetku 90. let (npr. Italija, Nemčija, Avstrija) uporabo atrazinskih pripravkov povsem prepovedali, v nekaterih pa so njegovo uporabo omejili. Med državami, ki je med prvimi omejila uporabo atrazinskih pripravkov, je bila že pred tem tudi Jugoslavija in z njo Slovenija, saj smo bili med redkimi državami, ki smo omejili uporabo čistega atrazina na največ 1 kg (vzhodni, sušni del Jugoslavije) do 1,5 kg (predeli z več padavinami, vključno z večjim delom Slovenije) aktivne snovi na hektar. Vendar pa tudi ta omejitev ni zadostovala, da bi preprečili obremenjevanje podzemne in pitne vode pri nas, čeprav v okviru takrat dopustnih toleranc.

Posledica množične uporabe triazinov v Evropi je bila, da so leta 1980 v takratni EU sprejeli novo zakonodajo. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) je pred tem določila najvišje dovoljene vrednosti v pitni vodi za a. s., katere so bile v večini primerov bistveno višje, kot tiste, določene v novi direktivi EU, za atrazin npr. 2 µg/l, za simazin pa je bila ta vrednost kar

17 µg/l. Po letu 1980 pa so toleranco za posamezne a. s. znižali na 0,1 µg/l oziroma 0,5 µg/l za ostanke vseh FFS skupaj. S spremembo teh toleranc smo se v Sloveniji naenkrat srečali s težavo, saj je sredi 90. let skoraj polovica vseh odvzetih vzorcev podzemne vode presegala te mejne vrednosti. To je bil tudi dovolj tehten razlog za predlog in sprejetje prepovedi uporabe enokomponentnih atrazinskih pripravkov v Sloveniji v letu 1997. Prepoved je povzročila, da se je delež njiv tretiranih z atrazinskimi pripravki v naslednjih treh letih prepolovil iz približno 80 % vseh njiv s koruzo na približno 40 %. Trend zmanjševanja uporabe atrazinskih pripravkov pa se je nato nadaljeval vse do leta 2002 s prepovedjo tudi kombiniranih pripravkov, ki so vsebovali atrazin (Simončič, 2002).
Ne glede na prepoved pa se je v 80. in 90. letih v Evropi kot tudi pri nas pričel počasi spreminjati koncept zatiranja plevela kot težnja po njegovi kompletni eradikaciji. K temu so veliko doprinesle že omenjene težave z ostanki FFS v okolju, pojav odpornih plevelov na herbicide in pa širjenje novih plevelnih vrst iz toplejših pridelovalnih območij. Na srečo je prišlo v tem času tudi do razvoja novih listnih sistemičnih in kontaktnih herbicidov kot tudi talnih herbicidov z bistveno boljšim ekološkim profilom, ki so počasi nadomeščali okolju manj primerne herbicide. Leta 1990 so bili npr. registrirani prvi sulfonil sečninski pripravki za zatiranje plevelov v koruzi, v Sloveniji pa se je to zgodilo zgolj 3 leta pozneje, leta 1993. Ta skupina pripravkov ob nekaterih novejših še danes predstavlja eno najpomembnejših skupin herbicidov za uravnavanje plevelne vegetacije v koruzi v okviru integriranega varstva pred pleveli, čeprav so tudi na te herbicide pleveli že razvili odpornost.

4 Prehod od koncepta zatiranja plevela k pristopu uravnavanju plevelne vegetacije v okviru integrirane kmetijske pridelave

Spoznanje, da je popolno eradikacijo plevelov ob uporabi izključno herbicidov, brez negativnih vplivov na okolje, nemogoče doseči, je pripeljalo do intenzivnega raziskovanja različnih drugih možnosti preprečevanja zapleveljenosti. V okviru nacionalnih kot tudi mednarodnih projektov se raziskovalci širom sveta zadnjih 30 let intenzivno posvečajo različnim področjem raziskav z namenom uravnavanja plevelne vegetacije. Če izpostavim le nekatere najpomembnejše, od preučevanja biologije in ekologije plevelnih vrst, osnovne in predsetvene obdelave tal, časa setve, oskrbe posevkov, mehanskih, fizikalnih in bioloških ukrepov zatiranja plevelov, vplivov FFS na okolje, v ospredje pa je ponovno prišlo tudi preučevanje pragov škodljivosti. Tudi v Sloveniji se v okviru različnih aplikativnih projektov, CRP projektov ter strokovnih nalog s področja kmetijstva in okolja glede na naše finančne in kadrovske možnosti vključujemo v raziskovanje učinkovitih tehnologij in orodij za zatiranje plevela v koruzi (Urek in sod., 2012; Urek in sod., 2013; Leskovšek in sod., 2013).
Tovrstne raziskave oziroma njihovi rezultati predstavljajo osnovne gradnike t. i. integriranega varstva rastlin (IVR), ki ga razvijamo tako pri nas kot po vsem svetu. Prilagojen je posameznim gojenim rastlinam, različnim kolobarnim sistemom kot tudi posameznim pridelovalnim območjem glede na njihove specifične pridelovalne ali okoljske razmere in omejitve. Za pridelovanje koruze v Sloveniji v zadnjih letih lahko rečemo, da sledimo priporočenim smernicam integriranega varstva kot tudi integrirane pridelave v celoti, kar se ne nazadnje pozitivno odraža tudi na okolju.
Prav gotovo pa obstaja tudi danes še vedno osnovna dilema, za koliko lahko s posameznimi ukrepi še dodatno zmanjšamo uporabo FFS v koruzi oziroma v drugih gojenih rastlinah? Nekatere izmed teh napovedi so zelo optimistične in predvidevajo možnosti zmanjšanja uporabe herbicidov v koruzi v prihodnje tudi do 90 % (ENDURE, Long term prospects to cut pesticide use in maize, 2011). Pri tem pa poudarjajo, da bo te visoke cilje mogoče doseči le ob

celovitem pristopu k varstvu rastlin v okviru širšega koncepta integrirane pridelave posameznih gojenih rastlin oziroma pridelovalnih sistemov na posameznih območjih z značilnimi kolobarnimi členi. To je tudi osnovni namen EU projekta ENDURE, ki predstavlja mrežo odličnosti raziskovalnih, izobraževalnih in svetovalnih institucij na področju varstva rastlin, ki ga je med leti 2007 in 2010 financirala EU. V njej je sodelovalo 18 različnih partnerjev iz 10-ih evropskih držav, ki so se združili z namenom povezovanja znanja na področju IVR s poudarkom na pripravah in implementaciji posameznih nacionalnih akcijskih planov (NAP) v okviru nove evropske zakonodaje na tem področju (Direktiva 2009/128/ES, 2009). Mreža odličnosti od leta 2010 dalje še vedno deluje, čeprav brez EU financiranja. Vanjo se vključujejo tudi nove države z lastnim financiranjem, ki preko svojih institucij sodelujejo pri razvoju in širjenju inovativnih orodij, namenjenih zmanjšanju uporabe FFS. V okviru teh mrež se pripravljajo tudi predlogi za nadaljnje raziskave in projekte, ki naj bi jih v prihodnje financirala tudi EU. Slovenija na žalost zaenkrat še ni vključena v to mrežo.

S podobno problematiko kot pri projektu ENDURE se raziskovalci ob številnih nacionalnih projektih ukvarjajo tudi v okviru nekaterih drugih obsežnih mednarodnih projektov, kot so npr. FP7 projekt OSCAR - a collaborative EU research project to develop more sustainable systems of conservation agriculture and increase the diversity of cover crops and living mulches, FP7 ERA-Net projekt CORE Organic II - Reduced tillage and green manures for sustainable organic cropping systems –TILMAN-ORG in FP7 projekt PURE - Innovative crop protection for sustainable agriculture, katerega član konzorcija je tudi KIS. Vsem omenjenim projektom je skupno, da se med drugim ukvarjajo tudi s problematiko zatiranja plevela v pridelovalnih sistemih, ki vključujejo pridelavo koruze s ciljem zmanjšanja odvisnosti kmetijske pridelave od uporabe FFS.

Poudarek pri vseh teh projektih je na inovativnem varstvu rastlin, ki vključuje in povezuje precej različna področja raziskav, med drugim kolobar, ki še vedno predstavlja enega najmočnejših nekemičnih načinov za preprečevanje širjenja bolezni, škodljivcev in plevelov, način obdelave tal (klasična in različne oblike minimalne obdelave tal), vpliv pokritosti tal in preučevanje različnih pokrovnih rastlin (Teasdale in sod., 2007; Anderson-Wilk, 2008; Scholberg in sod., 2010), preučevanja biologije in ekologije plevelnih vrst ter modelov širjenja novih, invazivnih vrst, čas setve, oskrba posevkov ter inovativni mehanski, fizikalni in biološki ukrepi zatiranja plevelov, ki temeljijo na uporabi precizne tehnike podprte tudi z GIS sistemi (Melander in sod., 2013). Zelo pomembno pa je tudi področje napovedovanja pojavljanja škodljivih organizmov, vključno s pleveli ter preučevanje pragov škodljivosti, čeprav je pri plevelih za razliko od drugih škodljivih organizmov zelo težko govoriti o gospodarskem pragu škodljivosti. Ali je res opravičljivo upoštevati prag škodljivosti, ki ga sicer vključuje IVR, v primeru prvih pojavov novih invazivnih vrst, kot je npr. baržunasti oslez, pelinolistna ambrozija, bodičevolistna oblorožka, navadni bodič, trikrpa ambrozija ali visoki ščir in jim dopustiti, da semenijo (Sattin in sod., 1992; Blossey, 1999). Dobro si namreč velja zapomniti znani rek, ki pravi, da pomeni eno leto sejanja (semenitev plevela) sedem let pletve.

V zadnjih letih smo v okviru raziskovalnega, pedagoškega in svetovalnega dela na področju uravnavanja plevelne vegetacije v Sloveniji kljub precej omejenim finančnim sredstvom poskušali v kar največji meri slediti razvoju znanosti in stroke na tem področju ter izsledke primerne za Slovenijo prenašati v prakso. Pri tem lahko ugotovimo, da brez večjih zamud sledimo dognanjem po svetu in se poskušamo čim hitreje odzvati na ravni najbolj razvitih.

Tako pridelovalci kot tudi strokovnjaki, ki se ukvarjamo s pleveli ter varstvom rastlin, smo lahko zadovoljni tudi glede vplivov na okolje, kajti rezultati stanja okolja kot posledica uporabe FFS nazorno kažejo, da je stanje dobro in se zadnjih 30 let več ali manj izboljšuje.

Čeprav je bila prav uporaba herbicidov v povezavi s pridelavo koruze v preteklosti pri nas eden najpomembnejših dejavnikov obremenjevanja tal in podzemne vode, rezultati spremljanja FFS v podzemni vodi, ki jih v okviru rednega monitoringa izvaja ARSO, kažejo na dokaj dobro stanje in da njihova pravilna uporaba ne predstavlja večjega tveganja za kakovost podzemne vode (Mihorko in Gacin, 2014). Seveda pa to ne pomeni, da ne moremo stanja še dodatno izboljšati.

5 Sklepi

Okolje je v Sloveniji že tradicionalno deležno posebne pozornosti najširše javnosti. Tukaj niso težave z okoljem v povezavi s kmetijstvom nikakršna izjema. Zato smo še toliko bolj veseli, ker rezultati stanja okolja kot posledica uporabe FFS nazorno kažejo, da je stanje dobro in se zadnjih 30 let več ali manj izboljšuje. Čeprav je bila uporaba FFS v povezavi s pridelavo koruze v preteklosti pri nas eden najpomembnejših dejavnikov obremenjevanja tal in podzemne vode, se je stanje precej izboljšalo. Kljub velikemu deležu koruze v kolobarju lahko rečemo, da to samo po sebi ne vpliva negativno na okolje. Seveda pa to ne pomeni, da ne moremo stanja še dodatno izboljšati. IVR je pri tem pomemben člen in podlaga za integrirano pridelavo, ki pa mora ob IVR vključevati tudi druge dejavnike kmetijske pridelave, pri čemer je še posebej pomemben kolobar in načini obdelave ter oskrbe tal. Ker je njivski kolobar tisti člen, ki ga je v praksi predvsem zaradi ekonomskih vzrokov pogosto težko spreminjati, je potrebno posledično še več pozornosti posvečati ostalim dejavnikom, kot so načini obdelave tal ter novi pristopi in tehnologije zatiranja plevela. Pri tem ugotavljamo, da brez večjih zamud sledimo dognanjem v svetu in se poskušamo čim hitreje odzvati na ravni najbolj razvitih. Težavo pa že dlje časa predstavlja pomanjkanje sredstev, kar nam po eni strani onemogoča intenzivnejše in sistematično preučevanje tega področja, po drugi strani pa se zaradi tega tudi težje vključujemo v različne evropske in druge mednarodne povezave, ki so izredno pomembne za nadaljnji razvoj okolju prijaznih tehnologij uravnavanja plevelne vegetacije tako pri pridelovanju koruze kot tudi drugih gojenih rastlin.

6 Literatura

Anderson-Wilk, M. 2008. The gap between cover crop knowledge and practice. Journal of Soil and Water Conservation, 63: 96

Blossey, B. 1999. Before, during and after: the need for long-term monitoring in invasive plant species management. Biological Invasions, 1: 301-311

CORE Organic II. FP7 ERA-Net project –TILMAN-ORG; Reduced tillage and green manures for sustainable organic cropping systems. http://www.tilman-org.net/tilman-org-home-news.html (20 dec. 2014)

Čergan, Z., Jejčič, V., Knapič, M., Modic, Š., Moljk, B., Poje, T., Simončič, A., Sušin, J., Urek, G., Verbič, J., Vrščaj, B., Žerjav, M. 2008. Koruza. Čergan, Z. (ur.), Ljubljana, Kmečki glas

DIREKTIVA 2009/128/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 21. oktobra 2009 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti za doseganje trajnostne rabe pesticidov. 2009. Ur. L. EU, l. 309/71, 24.11.2009

ENDURE - a Network of Excellence funded by the European Commission from 2007 to 2010. http://www.endure-network.eu/endure (10. nov. 2014)

International Survey of Herbicide Resistant Weeds. http://www.weedscience.org/summary/home.aspx (8. jan. 2015)

Knapič, M., Simončič, A. 2007. Primerjava ocen izpiranja izbranih fitofarmacevtskih sredstev s FOCUS modeloma PELMO in PEARL na srednje globokih evtričnih rjavih tleh v Savinjski dolini. Hmeljarski bilten, 14: 55-61

Leskovšek, R., Simončič, A., Jejčič, V., Meglič, V., Čergan, Z., Knapič, M., Velikonja Bolta, Š., Baša Česnik, H., Žnidaršič Pongrac, V., Razinger, J., Žerjav, M., Schroers, H.J., Gjergek, T., Mechora, M., Sušin, J., Trček, F., Per, B., Širca, S. 2014. Preučevanje okolju prijaznih tehnologij pridelovanja koruze in zatiranja plevela : [končno poročilo ciljno raziskovalnega projekta], Ljubljana: KIS, 2014: 69 str.

Leskovšek, R., Simončič, A. 2013. Potencial različnih strniščnih dosevkov za zatiranje plevela. V: Trdan, S, Maček, J (ur.). Zbornik predavanj in referatov 11. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo Bled, 5.-6. marec 2013 Ljubljana: DVRS: 2013: 178-183

Lešnik, M. 1995. *Panicum dichotomiflorum* Michx. (golo proso) nova vrsta plevela v severovzhodni Sloveniji. V: Maček, J (ur.). Zbornik predavanj in referatov 2. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin v Radencih od 21. do 22. feb. 1995. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 401-408

Lešnik, M. 2012 a. Nove vrste plevelov iz družine razhudnikovk. Kmetovalec, 80, 6: 5-7

Lešnik, M. 2012 b. Travni pleveli. Kmetovalec, 80, 7: 6-9

Lešnik, M. 2012 c. Nove vrste ščirov v Sloveniji. Kmetovalec, 80, 9: 6-8

Melander, B., Munier-Jolain, N., Charles, R., Wirth, J., Schwarz, J., van der Weide, R., Bonin, L., Jensen, P.K., Kudsk, P. 2013 European Perspectives on the Adoption of Nonchemical Weed Management in Reduced-Tillage systems for Arable Crops. Weed Technology, 27(1): 231-240

Mihorko, P., Gacin, M. 2014. Pesticidi v podzemni vodi. Kazalci okolja v Sloveniji Agencija RS za okolje. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=633 (12 dec. 2014)

OSCAR: a collaborative European research project to develop more sustainable systems of conservation agriculture and increase the diversity of cover crops and living mulches. http://web3.wzw.tum.de/oscar/wiki/index.php/The_OSCAR_Project (10. nov. 2014).

Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva v letu 2013. 2014. Kmetijski inštitut Slovenije in Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. Volk, T. (ur.), Ljubljana, 30. junij 2014: 228 str.

PURE: Innovative crop protection for sustainable agriculture. http://www.pure-ipm.eu/project (10. dec. 2014)

Roberts, H.A. 1963. The problem of weed seeds in the soil. Crop production in weed-free environment? Blackwell Scientific publications Ltd.: 73-82

Sattin, M., Zanin, G., Berti, A. 1992. Case history for weed competition/population ecology: Velevetleaf (*Abutilon theophrasti*) in corn (*Zea mays*). Weed technology, 6: 213-219

Scholberg, J.M.S., Dogliotti, S., Leoni, C., Cherr, C.M., Zotarelli, L., Rossing, W.A.H. 2010. Cover Crops for Sustainable Agrosystems in the Americas. Sustainable Agriculture Reviews, 4: 23-58

Simončič, A. 1997. Pojav in pomen odpornosti bele metlike na atrazin v Sloveniji. V: Maček, J (ur.). Zbornik predavanj in referatov s 3. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin v portorožu od 4. do 5. marca 1997. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 363-368

Simončič, A. 1988. Varstvo koruze pred pleveli. Kmetovalec, 66, 5: 8-13

Simončič, A. 2001. Odpornost srhkodlakavega ščira na atrazin v Sloveniji. V: Maček, J. (ur.). Zbornik predavanj in referatov 5. slovenskega posvetovanja o Varstvu rastlin v Čatežu ob Savi od 6. do 8. marca 2001. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 403

Simončič, A. 2002. Varstvo koruze pred pleveli v letu 2002. Obvestila poljedelcem, ISSN 1408-4783, 11, 3: 9-12

Teasdale, J.R., Brandsæter, L.O., Calegari, A., Skora Neto, F. 2007. Cover crops and weed management (chapter 4. In: CAB International book 'Non-chemical weed management', (Upadhyaya, MK and Blackshaw, RE, eds), CAB International: 239 str.

Urek, G., Bolčič Tavčar, M., Fras, R., Jejčič, V., Per, M., Persolja, J., Šarc, L., Urbančič Zemljič, M., Žerjav, M. 2013. Temeljna načela dobre kmetijske prakse varstva rastlin in varne rabe fitofarmacevtskih sredstev. Urek, G (ur.), Persolja, J (ur.). Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana: 265 str.

Urek, G., Knapič, M., Urbančič Zemljič, M., Škerlavaj, V., Simončič, A., Persolja, J., Rak Cizej, M., Radišek, S., Lešnik, M. 2012. Raba fitofarmacevtskih sredstev in preučitev možnosti za njihovo racionalnejšo uporabo v Sloveniji. Urek, G. (ur.), Knapič, M. (ur.). Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana: 163 str.

Daljinsko zaznavanje obolelosti vinske trte z zlato trsno rumenico

Uroš ŽIBRAT[80], Matej KNAPIČ[81]

Izvleček
Razvili smo metodo uporabe 8-spektralnih visoko ločljivih satelitskih posnetkov za daljinsko detekcijo mest okužbe vinske trte z zlato trsno rumenico, FDp. Analiza in razvoj ustrezne metode obdelave daljinskih podob omogočata identifikacijo okuženih rastlin ob zelo zmanjšanem številu vizualnih terenskih pregledov, ki se bodo lahko opravljali bolj tarčno – za preverjanje suma na okužbo s FDp. Zgodnja identifikacija žarišč okužb s FDp v vinorodnem okolišu s pomočjo daljinskega zaznavanja lahko pripomore k učinkovitem obvladovanju in preprečevanju širjenja zlate trsne rumenice.
Ključne besede: zaznavanje na daljavo, trsna rumenica, WorldView-2, zgodnje zaznavanje okužb

Remote sensing of grapevine yellows

Abstract
We developed a method where we use multispectral satellite images for detecting foci of grapevine yellows phytoplasma. This method enables the identification of infected plants with strongly reduced number of field visual inspections, thus allowing the latter to be more targeted. Early detection of grapevine yellows foci in wine growing regions using remote sensing could contribute to management and limiting the spread of grapevine yellows.
Ključne besede: remote sensing, grapevine yellows, WorldView-2, early detection

1 Uvod

Analize satelitskih posnetkov za potrebe kmetijstva potekajo že od 70. let prejšnega stoletja, ko so podatki satelita Landsat postali dostopni javnosti. Danes so visokokvalitetni satelitski podatki, kot na primer satelita WorldView-2, dostopni za celoten svet (Dixon in McCann, 1997). Z multispektralnimi posnetki vidnega in bližnje infrardečega spektra svetlobe z razmeroma visoko prostorsko ločljivostjo lahko natančno analiziramo površje zemlje. Skupaj z geografskimi informacijskimi sistemi in strojnim učenjem lahko razvijemo metode za določanje zdravstvenega, stresnega in prehranskega stanja rastlin.
Učinkovit nadzor in preprečevanje širjenja sta mogoča samo z rednim nadzorom celotnega prizadetega območja. Ustrezno izobraženi strokovnjaki lahko na terenu izvedejo identifikacijo obolelih rastlin, pri sumljivih rastlinah je tudi potrebno laboratorijsko testiranje. Število strokovnjakov je omejeno in ne utegnejo nadzorovati celotnega območja. Nadzor dodatno otežujejo razdrobljenost, velikost in neredko težavnost dostopa prizadetih območij (Mehle in sod., 2011).
Z daljinskim zaznavanjem bi lahko zajeli več km^2 veliko območje in tako povečali učinkovitost nadzora. Raziskali smo potencial uporabe multispektralnih posnetkov satelita WorldView-2 za določanje s trsno rumenico obolelih rastlin.

[80] Dr., Laboratorij za hiperspektralno slikanje, Oddelek za varstvo rastlin, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: uros.zibrat@kis.si
[81] Mag., prav tam, e-pošta; matej.knapic@kis.si

2 Material in metode dela

2.1 ZAJEM TERENSKIH PODATKOV

Osredotočili smo se na žarišče Viližan, kjer je bilo v naprej ugotovljeno ugodno razmerje med obolelimi in zdravimi rastlinami. Satelit WorldView-2 je 11. 8. 2011 posnel širše območje Primorske. Za posnetke tega satelita je značilno, da imajo največjo spektralno, radiometrično in prostorsko ločljivost od vseh komercialno dostopnih satelitskih posnetkov. Senzor tega satelita zajame spektralni podpis v osmih spektralnih pasovih v vidnem delu svetlobnega spektra. To pomeni, da vsaka posamezna rastrska celica nosi informacijo z vseh osmih pasov (preglednica1).

Preglednica 1: Spektralni pasovi satelita WorldView-2

Pas	Centralna valovna dolžina [nm]	Spodnja meja pasu [nm]	Zgornja meja pasu [nm]
Coastal	427	401	453
Blue	478	447	508
Green	546	511	581
Yellow	608	588	627
Red	659	629	689
Rededge	724	704	744
NIR1	831	772	890
NIR2	908	862	954

V istem tednu kot je potekalo snemanje, smo opravili terensko mapiranje štirih vinogradov. Vsaki trti posameznega vinograda smo pripisali prisotnost oziroma odsotnost vidnih bolezenskih znamenj zlate trsne rumenice. Znake prisotnosti fitoplazme smo razvrstili v 4 razrede: N (ni vidnih znamenj obolelosti), M (malo izražena znamenja), S (srednje izražena znamenja) in V (visoko izraženaznamenja). Posebej smo označevali propadle rastline oziroma prazna mesta.

2.2 OBDELAVA POSNETKOV

Dobljene posnetke smo georeferencirali (določili položaj v GK koordinatnem sistemu) in ortorektificirali (odpravili napake v natančnosti določitve položaja zaradi razgibanosti reliefa). Posnetki satelita WorldView-2 imajo prostorsko resolucijo 2 m, zato smo izvedli ostrenje multispektralnih podob s pankromatsko podobo, ki ima boljšo prostorsko ločljivost. Tako smo dosegli ločljivost 0,5 m. Zaradi nevarnosti preveč spremenjenih radiometričnih vrednosti smo delali samo z osnovno atmosfersko korekcijo posnetkov.

Posamezne trte smo na posnetkih določili tako, da smo izmerili razdaljo med obema koncema vsake vrste in dobljeno število delili s številom trsov v tej vrsti. Dobljena številka je predstavljala povprečno razdaljo med trtami. Mešanje sprektralnih podpisov in robni učinek smo zmanjšali z odstranjevanjem mejnih celic iz nabora podatkov za analize. Vsako rastrsko celico smo nato uvrstili k določeni trti, vrsti in vinogradu, ter jo uvrstili v enega izmed petih razredov zdravstvenega stanja (N,M,S,V in odmrle rastline).

Iz osmih kanalov satelita WorldView-2 smo izračunali 27 spektralnih indeksov (preglednica 2). Podatke smo normalizirali na enotno povprečje in varianco. Analize smo razdelili v dva sklopa, ločevanje vrstnega in medvrstnega prostora ter določanje obolelih rastlin. Vsak sklop smo analizirali ločeno za bele in rdeče sorte vinske trte.

Preglednica 2: Indeksi, uporabljeni v procesu treniranja algoritmov, R: valovna dolžina reflektance

Št.	**Indeks**	**Enačba**	**Referenca**
1	RRI	$(R_{724}-R_{659})/(R_{724}+R_{659})$	po Thenkabail in sod., 2000
2	GY	$(R_{546}-R_{608})/R_{546}$	Uporabljeno v tej raziskavi
3	EqCoastal	$((R_{427}-282)/R_{724})*100$	Uporabljeno v tej raziskavi
4	EqRed	$((R_{659}-125)/R_{724})*100$	Uporabljeno v tej raziskavi
5	EqGreen	$(R_{546}-R_{659})/R_{659}$	po Rodríguez-Pérez in sod., 2007
6	NIR1diffRededge	$R_{831}-R_{724}$	Uporabljeno v tej raziskavi
7	Rededge/Green	R_{724}/R_{546}	po Gamon in Surfus, 1999
8	Yellow/Rededge	R_{608}/R_{724}	po Jordan, 1969, Pearson in Miller, 1972
9	yREDVI	$(R_{724}-R_{608})/(R_{724}+R_{831})$	po Thenkabailin sod., 2000
10	Coastal/Rededge	R_{427}/R_{724}	po Jordan, 1969, Pearson in Miller, 1972
11	Red/Blue	R_{659}/R_{478}	po Rodríguez-Pérez in sod., 2007
12	Rededge/Blue	R_{724}/R_{478}	po Jordan, 1969, Pearson in Miller, 1972
13	NDVI	$(R_{831}-R_{659})/(R_{831}+R_{659})$	po Rouse in sod,. 1974
14	NDVIRededge	$(R_{831}-R_{724})/(R_{831}+R_{724})$	po Rouse in sod., 1974,Gitelson in sod., 2003
15	NIR2RededgeNDVI	$(R_{908}-R_{724})/(R_{908}+R_{724})$	po Rouse in sod., 1974
16	NIR2RedNDVI	$(R_{908}-R_{659})/(R_{908}+R_{659})$	po Rouse in sod., 1974
17	PSRI	$(R_{659}-R_{478})/R_{724}$	po Lee in sod., 2008
18	Klorofil	$R_{831}/R_{546}-1$	po Gitelson in sod., 2003, 2005
19	Savi	$1,5*(R_{831}-R_{659})/(R_{831}+R_{659}+0,5)$	Huete, 1988
20	FoliarIndex	$(2*R_{831}-R_{908})/(2*R_{831}+R_{908})$	Uporabljeno v tej raziskavi
21	GNDVI	$(R_{831}-R_{546})/(R_{831}+R_{546})$	po Gitelson in sod., 2003
22	YNDVI	$(R_{831}-R_{608})/(R_{831}+R_{608})$	po Gitelson in sod., 2003
23	TCARI/OSAVI	$(3*(R_{724}-R_{659})-0,2*(R_{724}-R_{546})*(R_{724}/R_{659}))/((1+0,16)*((R_{831}-R_{659})/(R_{831}+R_{659}+0,16)))$	Malenovsky in sod., 2006
24	GY/RRI	$((R_{546}-R_{608})/R_{546})/((R_{724}-R_{659})/(R_{724}+R_{659}))$	Uporabljeno v tej raziskavi
25	GY/REG	$((R_{546}-R_{608})/R_{546})/(R_{724}/R_{546})$	Uporabljeno v tej raziskavi
26	Red Index	$R_{831}/R_{659}-1$	Tripathi in sod.,2013
27	NDWI	$(R_{831}-R_{908})/(R_{831}+R_{908})$	po Gao, 1995

2.3 STROJNO UČENJE

Podatke iz vseh obravnavanih vinogradov smo združili, premešali in razdelili v dve skupini: 70 % podatkov smo uporabili za treniranje algoritmov, preostalih 30 % za testiranje in validacijo dobljenih modelov. Iz podatkov za treniranje algoritmov smo nato naredili podvzorce, da smo dosegli enako število podatkov v vseh razredih. Začetni rezultati so pokazali tudi potrebo po združevanju razredov. Zato smo združili razreda V in S (nov razred VS), ter razreda M in N (nov razred MN).

Pri strojnem učenju smo opravili izbor indeksov z metodo Relief (Robnik-Sikonjain Kononenko, 1997) v kombinaciji z vrednotenjem spremenljivk Ranker. Za vsak korak modeliranja smo naredili nove podvzorce z enakomerno porazdelitvijo števila podatkov v razredih. Uporabili smo štiri klasifikacijske algoritme: RandomForest (RF) (Breiman, 2001), FunctionalTrees (FT) (Gamma, 2004), KStar (ClearlyinTrigg, 1995) in IBk (Aha inKeibler, 1991). Vse algoritme smo trenirali v skupinah (angl. assemblylearning). Postopke strojnega učenja smo opravljali v programskem okolju Weka (Waikato Environment for Knowledge Acquisition; Hall in sod., 2009) in R (R Core team, 2014). V okolju R smo uporabili pakete RWeka, randomForest, gstat, automap, plyr, ggplot2 in reshape2.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 LOČEVANJE VRSTNEGA IN MEDVRSTNEGA PROSTORA

Pri ločevanju vrstnega in medvrstnega prostora so vsi štirje algoritmi dosegli več kot 96 % pravilnih klasifikacij (preglednica 3). Pri rdečih sortah vinske trte je bil najuspešnejši algoritem RandomForest, pri belih sortah KStar. Oba algoritma sta imela najmanjšo varianco v napakah (RMSE-MAE), kot tudi najboljšo napovedno sposobnost (RRSE).

Preglednica 3: Uspeh algoritmov pri ločevanju vrstnega in medvrstnega prostora. CCI: odstotek pravilno uvrščenih celic; Kappa: kappa statistika; MAE: povprečna absolutna napaka: RMSE: koren kvadrata povprečne napake; RRSE: koren kvadrata relativne napake

Sorta	Algoritem	CCI	Kappa	MAE	RMSE	RRSE	RMSE-MAE
Bele	KStar	97,19	0,94	0,046	0,151	30,31	0,105
	IBk	96,3	0,92	0,04	0,168	33,84	0,13
	RF	96,76	0,93	0,046	0,152	30,96	0,11
	FT	96,61	0,93	0,037	0,153	30,82	0,12
Rdeče	KStar	98,88	0,97	0,016	0,093	18,65	0,077
	IBk	98,79	0,97	0,013	0,098	19,52	0,085
	RF	99,12	0,98	0,014	0,083	16,71	0,069
	FT	99,09	0,98	0,011	0,085	17,01	0,074

3.2 DOLOČANJE OBOLELIH RASTLIN

Pri ločevanju obolelih (VS) in sumljivih (MN) rdečih trt je bil najuspešnejši algoritem RandomForest (preglednica 4), s 85,4 % pravilnih klasifikacij. Ločevanje sumljivih (M) in zdravih (N) rastlin je bilo manj zanesljivo, naboljši rezultat sta dosegla IBk in Kstar, z 67,6 % pravilnih uvrstitev (preglednica 5). Zanesljivost pravilnih uvrstitev je bila višja pri sumljivih (TP = 0,84), kot pri zdravih (TP = 0,4). Vendar pa je bila tudi verjetnost lažnih pozitivnih visoka (FP = 0,6) (preglednica 6). Med tem, ko je ločevanje obolelih in sumljivih razmeroma zanesljivo, je ločevanje sumljivih in zdravih nezanesljivo.

Preglednica 4: Uspešnost algoritmov pri ločevanju sumljivih in obolelih rastlin rdečih sort vinske trte

Algoritem	CCI	Kappa	MAE	RMSE	RRSE	RMSE-MAE
KStar	83,99	0,68	0,146	0,297	72,89	0,15
IBk	83,47	0,67	0,14	0,304	74,44	0,16
RF	85,36	0,71	0,196	0,28	69,4	0,087
FT	78,7	0,57	0,22	0,318	78,12	0,098

Preglednica 5: Uspešnost algoritmov pri ločevanju sumljivih in zdravih rastlin rdečih sort vinske trte

Algoritem	CCI	Kappa	MAE	RMSE	RRSE	RMSE-MAE
KStar	67,59	0,32	0,144	0,305	98,09	0,16
IBk	67,59	0,32	0,144	0,31	102,04	0,17
RF	66,32	0,26	0,17	0,29	94,29	0,12
FT	63,37	0,19	0,17	0,3	96,89	0,13

Preglednica 6: Rezultati evalvacije modelov algoritma KStar. TP: dejanski pozitivni; FP: lažni pozitivni; NatančnostROC: površina pod krivuljo ROC

Razred	TP	FP	ROC
M	0,842	0,596	0,69
N	0,404	0,158	0,69

Pri belih sortah vinske trte je bil najuspešnejši algoritem KStar. Sicer je imel algoritem IBk največ pravilno uvrščenih primerov, je imel tudi razmeroma visoko varianco v napakah, in slabše ocene napak, kot Kstar (preglednica 7). Pri ločevanju sumljivih in zdravih trt pa je bil uspešnejši IBk (preglednica 8). Sicer je bilo pri klasifikaciji sumljivih več lažnih pozitivnih, kot pri zdravih, vendar površina pod krivuljo ROC nakazuje zanesljivo klasifikacijo obeh razredov (preglednica 9).

Preglednica 7: Uspešnost algoritmov pri ločevanju sumljivih in obolelih rastlin belih sort vinske trte

Algoritem	CCI	Kappa	MAE	RMSE	RRSE	RMSE-MAE
KStar	77,1	0,514	0,14	0,2	83,99	0,06
IBk	80,24	0,588	0,117	0,281	81,25	0,16
RF	75,18	0,421	0,178	0,29	85,19	0,11
FT	74,4	0,411	0,16	0,34	86,15	0,18

Preglednica 8: Uspešnost algoritmov pri ločevanju sumljivih in zdravih rastlin belih sort vinske trte

Algoritem	CCI	Kappa	MAE	RMSE	RRSE	RMSE-MAE
KStar	80,76	0,582	0,087	0,227	74,6	0,14
IBk	83,66	0,645	0,082	0,224	73,83	0,14
RF	76,95	0,468	0,139	0,252	82,88	0,11
FT	75,2	0,424	0,141	0,36	85,15	0,22

Preglednica 9: Rezultati evalvacije modelov algoritma IBk

Razred	TP	FP	ROC
M	0,878	0,236	0,882
N	0,764	0,122	0,883

Naklon in usmerjenost vinograda glede na satelit neposredno vplivata na uspešnost in zanesljivost napovedi. Oba neposredno vplivata na kot med vinogradom in satelitom. Najboljše rezultate dosežemo pri vinogradih, kjer je kot med podlago in satelitom čim večji (čim bliže 90°) in ob poldnevu, ko je tudi kot med soncem in vinogradom največji. Slednji skupaj z usmerjenostjo vinograda vpliva na osenčenost vinograda in s tem čistost spektralnih podpisov. V vinogradih z redkejšimi listi lahko pride do presevanja skozi vrste, torej mešanja spektralnih podpisov trt. Klasifikacija je ponovno otežena, v najboljšem primeru je obolela rastlina uvrščena v napačno vrsto. To utrjuje potrebo po ciljnem terenskem nadzoru, koordiniranem na osnovi rezultatov teh modelov.
Boljša prostorska resolucija (trenutna znaša 0,5 m, po pankromatskem ostrenju) je premajhna in prinaša izrazit robni učinek ter mešanje spektralnih podpisov. Prostorska resolucija okrog 20 do 30 cm bi v veliki meri izboljšala to stanje. Podobno je s spektralno resolucijo oziroma številom kanalov. Večje število kanalov (torej boljša spektralna resolucija) bi omogočila boljšo determinacijo obolelih rastlin. Poleg tega bi omogočila tudi večanje prostorske resolucije z manjšanjem velikosti rastrskih celic pod strojno pogojeno velikost, s t.i. 'subpixel' modeliranjem. Obe izboljšavi sta enostavno dosegljivi z uporabo hiperspektralnega snemanja, kjer so kamere lahko nameščene na letalu.

4 Sklepi

Analiza multispektralnih posnetkov omogoča določanje s trsno rumenico obolelih rastlin vinske trte. Slednje lahko privede do bolj usmerjenega terenskega nadzora potencialnih žarišč. Hkrati smo identificirali parametre, ki vplivajo na zanesljivost modelne napovedi. Modelna napoved prisotnosti trsnih rumenic v vinogradih temelji na metodah in modelih podatkovnega rudarjenja.
Modelno napoved sestavlja več stopenj. Najprej je potrebno na satelitskih posnetkih ločiti vrstni in medvrstni prostor, temu sledi ločevanje obolelih in sumljivih rastlin, nazadnje ločimo sumljive in zdrave trte. Velik vpliv na zanesljivost modela imata podatka o naklonu in ekspoziciji vinograda.
Pri preverjanju pravilnosti posameznih stopenj modelne napovedi se je potrdilo, da so ključni modeli za določanje rastlin z zunanjimi znamenji trsnih rumenic zanesljivi do te mere, da jih lahko vključimo v praktično uporabo. Za še boljšo modelno napoved moramo v modele vključiti metapodatke reliefa. Ta del je zaradi velike obilice podatkov v fazi preverjanja in izgradnje. Čeprav so bili uporabljeni najboljši komercialno dostopni satelitski posnetki, se je pri delu izpostavilo, da sta glavni oviri uporabljenih modelov spektralna in prostorska resolucija posnetkov.

Zahvala
Raziskava je potekala v okviru projekta V4-1103 "Trsne rumenice: metode zgodnjega odkrivanja in obvladovanja," v sklopu CRP "Zagotovimo.si hrano za jutri," in bila sofinancirana s strani projekta CropSustaIn.

5 Literatura

Aha, D., Kibler, D. 1991. Instance-based learning algorithms. Machine Learning, 6: 37–66

Breiman, L. 2001. RandomForests. Machine Learning, 45(1): 5–32

Cleary, J.G., Trigg, L.E. 1995. K*: An Instance-based Learner Using an Entropic Distance Measure. 12th International Conference on Machine Learning: 108–114

Dixon, J., McCann, M. (ur.). 1997. Precision Agriculture in the 21st Century. First edition, Washington: National Academy Press: 168 str.

Gama, J. 2004. Functional Trees. Machine learning, 55(3): 219–250

Gamon, J.A., Surfus, J.S. 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. New Phytologist, 143: 105–117

Gao, B.C. 1995. NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 58: 257–266

Gitelson, A.A., Viña, A., Arkebauer, T.J., Rundquist, D.C., Keydan, G., Leavitt, B. 2003. Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies, Geophys. Res. Lett., 30 (5): 1248

Gitelson, A.A., Viña, A., Ciganda, V., Rundquist, D.C., Arkebauer, T.J. 2005. Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. Geophysical research letters, 32(8): L08403.1 – L08403.4

Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., Witten, I.H. 2009. The WEKA Data Mining Software: An Update. SIGKDD Explorations, 11(1): 10–18

Huete, A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote sensing of the environment, 25: 295–309

Jordan, C.F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. Ecology, 50: 663–666

Lee, K-S., Cohen, W.B., Kennedy, R.E., Maiersperger, T.K., Gower, S.T. 2004. Hyperspectral versus multispectral data for estimating leaf area index in four different biomes. Remote sensing of environment, 91: 508–520

Malenovskỳ, Z., Ufer, C., Lhotáková, Z., Clevers, J.G.P.W., Schaepman, M.E., Albrechtová, J., Cudlín, P. 2006. A new hyperspectral index for chlorophyll estimation of a forest canopy: Area under curve normalised to maximal band depth between 650-725 nm. EARSeLeProceedings, 5(2): 161–172

Mehle, N., Ravnikar, M., Seljak, G., Knapič, V., Dermastia, M. 2011. The most widespread phytoplasmas, vectors and measures for disease control in Slovenia. Phytopathogenic mollicutes, 1(2): 65–76

Pearson, R.L., Miller, L.D. 1972. Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the short-grass Prairie, Pawnee National Grassland, Colorado: 8th international symposium on remote sensing of environment: 1357–1381

R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. http://www.R-project.org/

Rodríguez-Pérez, J.R., Riaño, D., Carlisle, E., Ustin, S., Smart, D.R. 2007. Evaluation of hyperspectral reflectance indexes to detect grapevine water status in vineyards. American Journal of Enology and Viticulture, 58: 302–317

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., Harlan, J.C. 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation, Greenbelt, MD, NASA/GSFC,type III, finalreport: 371 str.

Robnik-Sikonja, M., Kononenko, I. 1997. An adaptation of Relief for attribute estimation in regression. In: Fourteenth International Conference on Machine Learning: 296–304

Thenkabail, P.S., Smith, R.B., De Pauw, E. 2000. Hyperspectral vegetation indices for determining agricultural crop characteristics. Remote Sensing of Environment, 71: 158–182

Tripathi, R., Sahoo, R.N., Gupta, V.K., Sehgal, V.K., Sahoo, P.M. 2013. Developing vegetation health index from biophysical variables derived using MODIS satelite data in the Trans-Gangetic plains of India. Emir. J. Food. Agric., 25(5): 376–384

Spremljanje koruznega hrošča (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) na Celjskem območju od leta 2004 do 2014

Magda RAK CIZEJ[82], Iris ŠKERBOT[83]

Izvleček
Koruzni hrošč (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) je polifag in je v Sloveniji pomemben škodljivec koruze. Do leta 2014 je bil na listi karantenskih škodljivih organizmov, kar pomeni, da smo z obveznimi ukrepi stremeli k njegovi eradikaciji, kar pa nam ni uspelo. Koruznega hrošča smo na celjskem območju na feromonskih vabah prvič našli leta 2006 in sicer na območju Šentjurja pri Celju. V naslednjih letih se je razširil tudi na območje Savinjske doline, na Koroškem pa smo ga našli leta 2009. Populacija koruznega hrošča se, kljub doslednemu izvajanju kolobarja, povečuje. Tedenski ulov koruznega hrošča je bil v letu 2014 od 16 do 387 odraslih hroščev na feromonskih vabah. Ulovi koruznega hrošča na rumenih lepljivih ploščah v letu 2014 niso presegli praga gospodarske škode, kljub temu da smo v letu 2014 na območju Slovenskih Konjic že zaznali prve vizualne poškodbe na koruzi.
Ključne besede: koruzni hrošč, *Diabrotica virgifera virgifera*, feromonske vabe, rumene lepljive plošče

Monitoring of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) on the area of the Celje region from 2004 to 2014

Abstract
Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, is a polyphagous pest; in Slovenia is especially important on maize. Until 2014 it was on the list of quarantine pests, which means that we had mandatory requirements stared to its eradication, which we did not succeed. In Celje region Western Corn Rootworm was found first time on pheromone traps in the year 2006, exactly in Šentjur by Celje. In the next years it has been expanded to the area of the Savinja Valley, in the province of Carinthia it was first time found in the year 2009. The population of Western Corn Rootworm is increasing rapidly, despite the consistent implementation of crop rotation. Weekly catches of Western Corn Rootworm on pheromone traps were from 16 to 387 adults per trap in 2014. Population of Western Corn Rootworm on yellow sticky traps did not reach economic damage threshold in 2014, despite the first visual damages on maize were detected in the area of Slovenske Konjice in 2014.
Key words: Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*, pheromone traps, yellow sticky traps

1 Uvod

Koruzni hrošč (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) izvira Severne Amerike. Je najpomembnejši škodljivec koruze, saj njegove ličinke močno poškodujejo korenine koruze, kar povzroči veliko gospodarsko škodo, z zmanjšanjem količine in kakovosti pridelka koruze. Zato je bil do leta 2014 na območju Evropske unije uvrščen na karantensko listo v skladu z Direktivo sveta 2000/29/ES. Na območju Evrope je bil prvič najden leta 1992 v Srbiji, natančneje v kraju Surčin, blizu mednarodnega letališča v Beogradu (https://www.eppo.int). Od tam se je hitro širil na ostale države EU. Trenutno je prisoten v večini evropskih držav, kjer pridelujejo koruzo. Koruznega hrošča smo v Sloveniji prvič potrdili leta 2003 v Pomurju

[82] Dr. Magda Rak Cizej, univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Oddelek za varstvo rastlin, C. Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: magda.rak-cizej@ihps.si
[83] Iris Škerbot, univ. dipl. inž. agr., KGZS-Zavod Celje, Trnoveljska cesta 1, 3000 Celje, e-pošta: iris.skerbot@ce.kgzs.si

in Podravju, vzdolž meje z Madžarsko in Hrvaško ter na zahodu na Goriškem, v bližini meje z Italijo (Modic in sod., 2009). Iz severovzhodnega dela države, kjer sta gostota koruznih polj in populacijski pritisk hrošča največja, se je škodljivec širil predvsem ob glavnih prometnih poteh proti notranjosti države. Od leta 2006, ko smo ga prvič zasledili na območju Celjske regije, se je hrošč nezadržno širil proti osrednji Sloveniji. Od leta 2009 je prisoten na celotnem območju Slovenije. Za upočasnitev njegovega širjenja smo sprejeli različne varstvene in zadrževalne ukrepe, predvsem obvezno izvajanje kolobarja, da ličinke koruznega hrošča, za katere so korenine koruze glavna hrana, naravno propadejo (FURS, 2009). Koruzni hrošč ima eno generacijo letno. V Sloveniji se ličinke začnejo izlegati v obdobju od druge dekade maja do konca junija, lahko tudi dlje. Iz bub se izležejo hrošči, ki se kmalu po izleganju začnejo pariti in sicer pri nas najintenzivneje v juliju in avgustu, zato je takrat tudi čas za zatiranje odraslih hroščev (Modic in sod., 2009).

Koruzni hrošč povzroča škodo na gojenih rastlinah v različnih razvojnih stadijih. Odrasli hrošči so polifagi, saj se prehranjujejo s koruzo ter z nekaterimi vrstami rastlin iz družine trav (Poaceae), ščirovk (Amaranthaceae), metlikovk (Chenopodiaceae), nebinovk (Asteraceae), bučevk (Cucurbitaceae), metuljnic (Fabaceae), slezenovk (Malvaceae), črnobinovk (Schropulariaceae) in razhudnikovk (Solanaceae). Odrasli hrošči se najprej hranijo s cvetnim prahom in svilo, potem pa z zrnjem in s koruznimi listi. S tem povzročajo zmanjšanje asimilacijske površine in gluhost storžev. Pozneje se hrošči selijo na druge cvetoče rastline, plevele ter druge samonikle rastline (Čergan in sod., 2008; Škerbot in Jesenko, 2011).

Najpomembnejši in najagresivnejši stadij razvoja koruznega hrošča je ličinka, ki živi v tleh in si hrano išče v premeru enega metra. Izlegle ličinke se prehranjujejo s koreninami različnih gostiteljskih rastlin, najpomembnejša gostiteljica je koruza. Prehranjujejo se s koreninami rastlin, ki so najbližje mestom njihovega izleganja, kar jim omogoča, da do določene razvojne stopnje preživijo na koreninah različnih gojenih in samoniklih rastlin iz družine trav (npr. pšenice, kostrebe, pasje trave, ovsa, prstastega pesjaka, bilnic, latovk, ljuljk, sirka idr.). Smrtnost ličink, ki se hranijo s koreninami navedenih rastlin je zelo velika, kar se odraža v zmanjšani populaciji koruznega hrošča. Posledica napada ličink koruznega hrošča je močno poškodovan koreninski sistem rastlin, kar povzroči slabšo prehranjenost in poleganje rastlin (Čergan in sod., 2008; Škerbot in Jesenko, 2011). Škoda, ki jo povzročajo ličinke koruznega hrošča, je od 10 do tudi več kot 30 % (Sivčev in sod., 1995).

Za ugotavljanje zastopanosti in številčnosti populacije koruznega hrošča je zelo učinkovita feromonska vaba Csalomon® PAL (Modic, 2009), v praksi pa se uporablja tudi spolno-prehranska vaba Csalomon KLP flor.

2 Material in metode dela

2.1 SPREMLJANJE KORUZNEGA HROŠČA S FEROMONSKIMI VABAMI

Od leta 2004 do 2014 smo na širšem celjskem območju, vključno s Koroško, spremljali koruznega hrošča s pomočjo PAL feromonskih vab, proizvajalca Csalomon iz Madžarske. Spremljanja smo izvajali na različnih opazovanih lokacijah in sicer na njivah posejanih s koruzo, ki so bile večina na istih mestih ali v bližini lokacij spremljanja kot v predhodnih letih (lokacije spremljanja so bile oddaljene le nekaj 100 metrov), da lahko rezultate lažje primerjamo med sabo. Število opazovanih lokacij je bilo različno in sicer smo v letih 2004 in 2005 koruznega hrošča spremljali na 10 njivah na območju Savinjske doline, v letu 2006 smo spremljanja razširili na 31 lokacij in zajeli širše celjsko območje. V letu 2007 smo mrežo opazovanj razširili na 45 opazovanih lokacij, v letu 2008 je bilo spremljanih 36 lokacij, v letu

2009 pa 21. Od leta 2010 do 2014 smo koruznega hrošča spremljali na 12 do 15 lokacijah (preglednica 1).

Preglednica 1: Število opazovanih lokacij spremljanja koruznega hrošča (*Diabrotica virgifera virgifera*) *s feromonskimi vabami od leta 2004 do 2014*

Leto	**Št. opazovanih lokacij (njiv s koruzo)**
2004	10
2005	10
2006	31
2007	45
2008	36
2009	21
2010	12
2011	14
2012	15
2013	14
2014	12

V začetku julija smo na vsaki opazovani lokaciji, na njivi s koruzo, v deseti vrsti z roba, na 10 rastlino koruze namestili feromonsko vabo in sicer v višini koruznega storža. Feromonsko vabo smo menjali enkrat na mesec. Na opazovanih lokacijah smo tedensko preštevali ulovljene hrošče. Koruznega hrošča smo spremljali do sredine septembra (na posameznih lokacijah smo zaradi suše in predčasnega spravila koruze končali s spremljanjem že v avgustu). Izjema je bilo leto 2014, ko smo na večini lokacij spremljali koruznega hrošča do konca meseca septembra.

2.2 SPREMLJANJE KORUZNEGA HROŠČA Z RUMENIMI LEPLJIVIMI PLOŠČAMI

V letu 2014 smo na 9 opazovanih lokacijah, kjer smo spremljali koruznega hrošča s feromonskimi vabami, postavili v 10 vrsto z roba njive tudi eno rumeno lepljivo ploščo proizvajalca UNICHEM d.o.o., Vrhnika. Rumeno lepljivo ploščo smo izobesili na koruzo na višino koruznega storža in 50 m oddaljeno od feromonske vabe. Na rumenih lepljivih ploščah smo image koruznega hrošča preštevali vsak teden. Plošče smo menjali 1-krat na mesec.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 POPULACIJA KORUZNEGA HROŠČA NA FEROMONSKIH VABAH

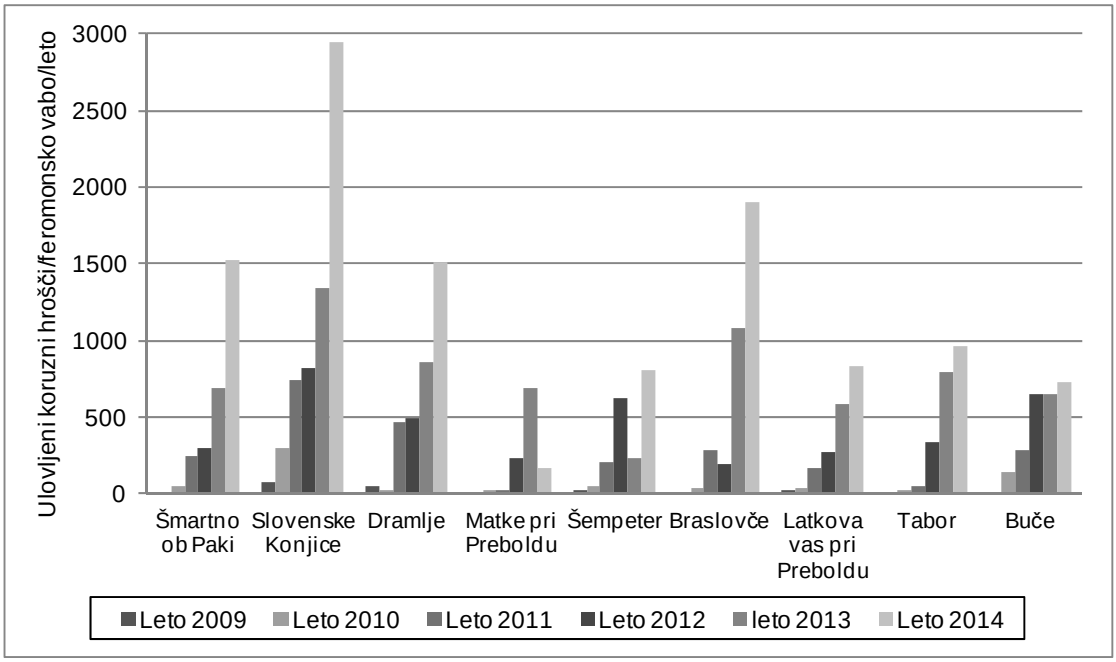
V letu 2004 in 2005 na nobeni od opazovanih lokacij na feromonskih vabah na območju Savinjske doline nismo našli koruznega hrošča. Prvič smo ga zasledili v letu 2006 in sicer v Šentjurju pri Celju, od koder se je v naslednjih letih razširil na območje Savinjske doline. Njegova populacija se je na vseh opazovanih lokacijah nezadržno povečevala, kljub temu da so na vseh opazovanih lokacijah dosledno izvajali kolobar, in sicer običajno 2 ali 3 letni. Od leta 2009 je koruzni hrošč prisoten na širšem celjskem območju, vključno s Koroško. Od leta 2009 do 2014 smo koruznega hrošča s pomočjo PAL feromonskih vab spremljali na 12 do 15 opazovanih lokacijah (preglednica 1). Koruznega hrošča smo v vseh letih opazovanj pričeli spremljati v začetku julija in v večini spremljanjih letih do sredine septembra. Na opazovanih

lokacijah smo na feromonske vabe tedensko preštevali ulovljene samčke, saj se na feromonske vabe lovijo le samčki, samičke se na vabe ulovijo zgolj slučajno.
Populacija koruznega hrošča se je od prve najdbe na celjskem območju vsako leto nezadržno povečevala. V letu 2006 je bilo na 31 opazovanih lokacijah skupno zabeleženih le 35 hroščev, na 45 opazovanih lokacijah v letu 2007 smo skupno na feromonske vabe ulovili 152 hroščev, 277 hroščev pa smo ulovili na 36 opazovanih lokacijah v letu 2008. Od leta 2009 do vključno leta 2014 se je populacija koruznega hrošča strmo povečevala (slika 1). V preglednici 2 so navedeni ulovi koruznega hrošča na feromonskih vabah na 13 lokacijah in sicer od leta 2009 do 2014. Vsako leto je bila populacija koruznega hrošča v primerjavi s predhodnim letom večja za 1,7 do 2,0-krat. Ekstremno veliko povečanje je bilo v letu 2011, v primerjavi z letom 2010, ko se je populacija koruznega hrošča povečala za 3,9-krat. Potrebno je poudariti, da se je na vseh opazovanih lokacijah izvajal kolobar in na nobeni spremljani lokaciji koruze niso pridelovali v monokulturi. Povprečni tedenski ulov koruznega hrošča v letu 2014 je bil 160 hroščev, sicer pa je bil od 16 do maksimalno 387 hroščev na teden na lokacijo (preglednica 2). Na vseh 12 opazovanih lokacijah smo v letu 2014 skupno ulovili 18.426 hroščev, v primerjavi z letom 2009, ko smo jih prav tako na 12 lokacijah ulovili le 412. Tako je faktor povečanja populacije koruznega hrošča v letu 2014, v primerjavi z letom 2009, 44,7-krat oziroma se je populacija hroščev povečala za 4472 % (preglednica 2).

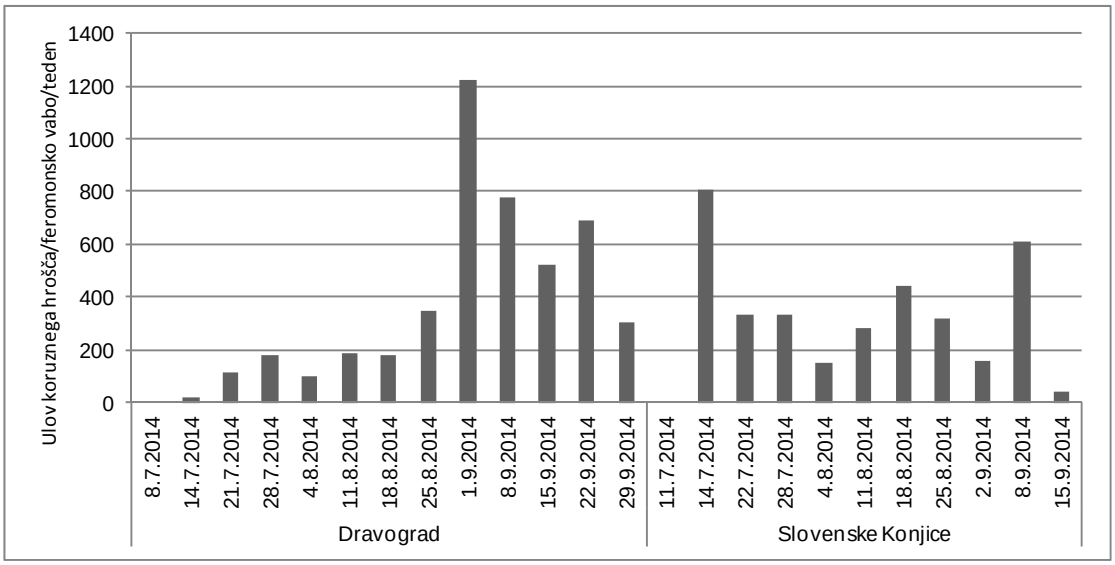
Preglednica 2: Število ulovljenih imagov koruznega hrošča (*Diabrotica virgifera virgifera*) *v letu 2014, v primerjavi z ulovi v letih od 2009 do2013*

Lokacija	**Število imagov koruznega hrošča na feromonskih vabah v letih 2009-2014**						**Povp. št. hroščev/feromonsko vabo/teden v letu 2014**
	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**2013***	**2014**	
Šmartno ob Paki	15	44	249	302	687	1.527	148
Slovenske Konjice	81	303	740	818	1.344	2.949	347
Dramlje	51	25	462	492	856	1.513	178
Matke pri Preboldu	5	20	27	229	683	161	16
Šempeter	23	56	209	623	231	810	84
Braslovče	12	35	288	191	1.081	1.903	185
Griže	11	/	215	329	159	/	/
Latkova vas pri Preboldu	19	31	161	275	583	830	84
Tabor	6	21	55	336	788	959	92
Buče	3	147	286	656	654	727	64
Šoštanj	/	/	/	129	279	1.494	138
Dravograd	1	5	/	/	1.388	4.642	387
Podplat pri Rogaški Slatini	185	/	/	760	350	911	74
Skupaj	**412**	**687**	**2.677**	**5.140**	**9.083**	**18.426**	**160**
Faktor povečanja populacije koruznega hrošča od predhodnega leta		**1,7-krat**	**3,9-krat**	**1,9-krat**	**1,8-krat**	**2,0-krat**	

*Čas spremljanja koruznega hrošča na posameznih lokacijah je bila različno dolg, saj se je spravilo koruze zaradi daljšega sušnega obdobja poleti predčasno pričelo že v avgustu.



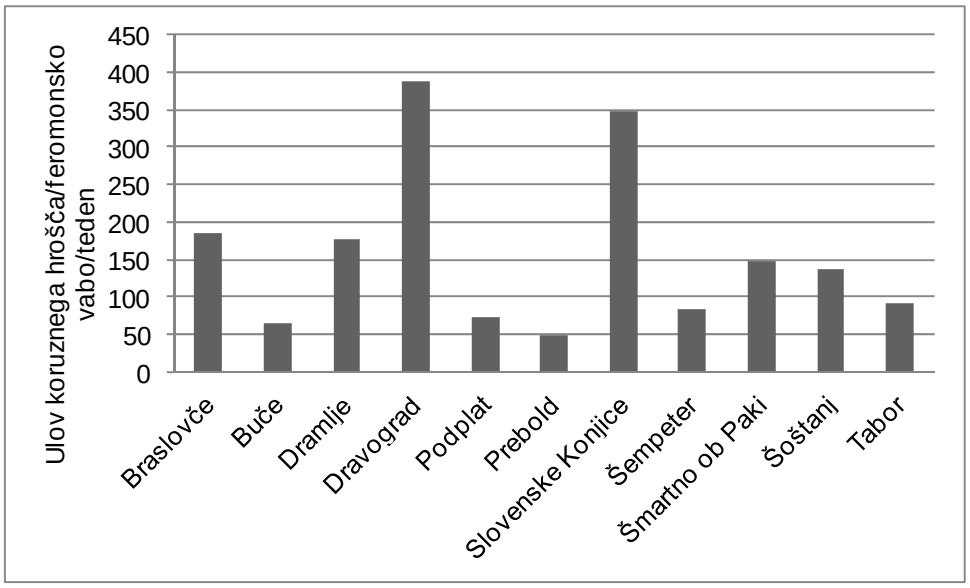
Slika 8: Skupno število ulovljenih hroščev koruznega hrošča (Diabrotica virgifera virgifera) na feromonsko vabo na različnih lokacijah na širšem celjskem območju od leta 2009 do 2014



Slika 2: Dinamika ulova koruznega hrošča (Diabrotica virgifera virgifera) na feromonskih vabah na lokaciji Dravograd in Slovenske Konjice v letu 2014

Dinamika leta koruznega hrošča je vsako leto podobna na vseh opazovanih lokacijah. Če izpostavimo leto 2014, je bila dinamika na večini lokacijah podobna kot v Slovenskih Konjicah in sicer je bil intenziven nalet hroščev konec juliju do druge dekade avgusta, na Koroškem pa je bila populaciji izredno visoka v začetku septembra, ko smo zabeležili preko

1200 ulovljenih hroščev/feromonsko vabo/teden (slika 2). Zanimivo je tudi, da je let koruznega hrošča trajal vse do oktobra. Prav na območju Koroške so zaradi velike populacije koruznega hrošča nekateri kmetje v letu 2014 foliarno škropili 100-dnevno koruzo, posejano kot strniščni posevek, z insekticidom Decis 2,5 EC (a. s. deltametrin) in sicer tudi 2-krat.
V letu 2014 je bilo zelo malo opazovanih lokacij, kjer je bilo v povprečju na feromonsko vabo ulovljenih manj kot 50 hroščev/teden (slika 3). Od 11 opazovanih lokacij je bilo le 5 lokacij, kjer je bil povprečen tedenski ulov koruznega hrošča na feromonsko vabo pod 100 hroščev/feromonsko vabo/teden, na 4 lokacijah se je ulov približeval 150-200 hroščev/feromonsko vabo/teden, 2 lokaciji in sicer Dravograd in Slovenske Konjice pa sta izstopali z ulovi preko 350 hroščev/feromonsko vabo/teden (slika 3).



Slika 3: Povprečno število ulovljenih hroščev koruznega hrošča (*Diabrotica virgifera virgifera*) *na feromonsko vabo na teden na različnih lokacijah na širšem celjskem območju in na Koroškem v letu 2014*

Glede na rezultate spremljanj velja še naprej opozarjati pridelovalce koruze, da je setev koruze v monokulturi odsvetovana, kljub temu da je v maju letu 2014 prenehal veljati Pravilnik o fitosanitarnih ukrepih za preprečevanje širjenja koruznega hrošča, kjer je bil kolobar naveden kot obvezen ukrep.

3.2 POPULACIJA KORUZNEGA HROŠČA NA RUMENIH LEPLJIVIH PLOŠČAH

V letu 2014 smo na 9 opazovanih lokacijah poleg feromonske vabe postavili tudi eno rumeno lepljivo ploščo (RLP). RPL smo pregledovali vsak teden, njihova menjava je bila 1-krat na mesec. Ulov na plošče ni bil v premem sorazmerju z ulovi na feromonskih vabah, na primer ulov na feromonskih vabah je bil velik, pa ničen na rumenih lepljivih ploščah in obratno. Gospodarski prag, ki je 5 ulovljenih koruznih hroščev/RLP/dan, ni bil presežen na nobeni opazovani lokaciji. Pri tem velja opozoriti, da bi bilo potrebno za natančnejše ugotavljanje praga škodljivosti na eno njivo izobesiti najmanj 10 RPL. Na podlagi spremljanja koruznega hrošča v praksi, predvsem pogovorov s pridelovalci, ki so s spremljanji koruznega hrošča že pričeli s pomočjo 10 RLP na njivo koruze ter naših pregledov RLP za potrebe svetovanja

pridelovalcem, lahko zaključimo, da so rezultati praktično identični našim ugotovitvam. Kljub temu, da koruznega hrošča na rastlinah med rastno dobo zasledimo in opazimo tudi poleglo koruzo, na terenu na RLP praktično ne zasledimo preseženega praga škode. V letu 2014 smo že opazili škodo na koruzi v obliki poleganja rastlin na območju Slovenskih Konjic, na delu Koroške pa so imeli pridelovalci močno poškodovano t.i. stodnevno koruzo, sejano kot strniščno setev.

Preglednica 3: Število ulovljenih imagov koruznega hrošča (Diabrotica virgifera virgifera) na rumeni lepljivi plošči (RPL) v letu 2014

Lokacija	**Število koruznih hroščev ulovljenih na RPL**	**Povprečno št. hroščev/teden/RLP**
Buče	0	0,0
Dramlje	39	4,3
Dravograd	0	0,0
Podplat	18	1,7
Prebold	0	0,0
Slovenske Konjice	4	0,4
Šmartno ob Paki	0	0,0
Šoštanj	5	0,5
Tabor	0	0,0
Skupaj:	**66**	**0,8**

4 Sklepi

V letu 2014 je bila populacija koruznega hrošča na širšem celjskem območju, vključno s Koroško, zelo velika. Na nekaterih lokacijah smo na feromonsko vabo tedensko ulovili tudi preko 1200 hroščev. Kljub temu da na rumenih lepljivih ploščah v večini primerov ni bil presežen prag gospodarske škode, smo na določenih lokacijah na celjskem območju v letu 2014 že opazili poškodbe (poleganje koruze), ki jo povzročijo ličinke koruznega hrošča z objedanjem korenin. Sklepamo, da bomo verjetno priča še več podobnim poleganjem koruze, saj je kmetijska zemlja v Sloveniji precej razdrobljena in je robni vpliv zaporednih posevkov koruze, ki se dotikajo, velik. Glede na veliko število koruznih hroščev in posledično množično odlaganje jajčec, lahko v prihodnjih letih pričakujemo škodo v posevkih koruze zlasti tam, kjer pridelovalci gojijo koruzo leto za letom na isti površini, kar je običajna praksa na živinorejskih območjih. Ker je koruzni hrošč razširjen v EU, njegovega nadaljnjega širjenja pa ni mogoče preprečiti, so v februarju 2014 prenehali veljati nujni ukrepi za preprečevanje vnosa in širjenja koruznega hrošča, tako da sedaj koruzni hrošč ni več na listi karantenskih škodljivcev. Kljub temu pa je potrebno stremeti k zmanjševanju gospodarske škode, ki jo povzročajo odrasli hrošči in njihove ličinke. Pri tem je potrebno poudariti, da je kolobar osnova, katerega bo potrebno združevati z ostalimi ukrepi, kot so uporaba insekticidov in sicer za zatiranje ličink in odraslih hroščev. V Sloveniji je prepovedana uporaba z insekticidi tretiranega semena koruze, dovoljena je le uporaba talnega granulata v času setve koruze. Foliarna uporaba insekticidov za zatiranje oziroma zmanjševaje populacije odraslih hroščev je zelo uspešna, vendar okolsko omejena in dodatno otežena zaradi pomanjkanja ustrezne opreme za aplikacijo insekticida. V pridelavo bo potrebno čim prej vpeljati alternativne

ukrepe za zatiranje ličink koruznega hrošča, kot je biotično zatiranje ličink z entomopatogenimi ogorčicami. Za to bi bili primerni vrsti *Heterorhabditis bacteriophora* in *Heterorhabditis megidis*. Tudi za slovenske pridelovalce bi bila dobrodošla možnost uporabe feromonov za zbeganje samcev koruznega hrošča, ki jih bodo v letu 2015 že lahko uporabljali pridelovalci koruze v nekaterih državah, kot sta Avstrija in Nemčija.

5 Literatura

Čergan, Z., Jejčič, V., Knapič, M., Modic, Š., Moljk, B., Poje, T., Simončič, A., Sušin, J., Urek, G., Verbič, J., Vrščaj, B., Žerjav, M. 2008. Koruza. Ljubljana, Kmečki glas: 314 str.

Diabrotica virgifera virgifera, EPPO. https://www.eppo.int/QUARANTINE/special_topics/Diabrotica_virgifera/diabrotica_virgifera.htm (23. 12. 2014)

Modic, Š., Urek, G., Milevoj, L., Barbarič, M., Verbič, J., Poje, T., Knapič, M., Knapič, V., Orešek, E. 2009. Varstvo koruze pred koruznim hroščem ((*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava Republike Slovenije, Ljubljana: 59 str.

Sivčev, I., Manojlović, B., Bača, F., Krnjajić, S. 1995. Biljke hraniteljke, ishrana i štetnost. V: Kukuruzna zlatica *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte. Čamprag D. (ur.). Beograd, Društvo za zaštitu bilja Srbije: 45-53

Škerbot, I., Jesenko, T. 2011. Talni škodljivci v pridelavi poljščin (november 2011) http://www.kgzs.si/gv/kmetijstvo/tehnoloska-navodila-in-kalkulacije.aspx (23. 12. 2014)

Zadrževalni program koruznega hrošča (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) 2007–2008. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava Republike Slovenije (FURS), Ljubljana, 2006: 18 str.

Nova spoznanja glede glivičnih bolezni na žitih v letu 2014

Karmen RODIČ[84]

Izvleček
Pri pridelavi žit predstavljajo glivične bolezni poglavitni vzrok za zmanjšanje kvalitete in količine pridelka. Zaradi vremenskih razmer v letu 2014 se je njihova pojavnost in pestrost na posevkih močno povečala. Na pšenici in ječmenu se najpogosteje srečujemo s približno 15 povzročitelji glivičnih bolezni. Za uspešno napovedovanje njihovega pojava in kasneje ukrepov za zatiranje je zelo pomembno pravilno prepoznavanje povzročiteljev in poznavanje njihove biologije. V članku so predstavljene najpogostejše glivične bolezni iz rodov *Septoria*, *Puccinia*, *Pyrenophora* in *Fusarium*, ki smo jih ugotovili v okviru izvajanja opazovalno napovedovalne dejavnosti za varstvo rastlin na Kmetijsko gozdarskem zavodu Novo mesto na posevkih pravih žit v letu 2014.
Ključne besede: glivične bolezni, žita, opazovalno napovedovalna dejavnost

New findings about fungal diseases on cereals in 2014

Abstract
Fungal diseases in cereal crops represent a major cause for crop losses, both in quantity and quality. Due to the weather conditions in 2014, their occurrence and variety of crops increased significantly. On wheat and barley we mostly encountered with about 15 pathogenic fungal diseases. To successfully predicting their occurrence and later eradication measures, it is very important to properly identify the agents and their knowledge of the bionomics. The paper will present the fungal diseases of the genus *Septoria*, *Puccinia*, *Pyrenophora* and *Fusarium*, which were most frequently observed in the framework of observation and forecasting service at plant protection service in Agriculture and Forestry Institute Novo mesto on cereal crops in year 2014.
Key words: fungal diseases, cereals, observation and forecasting service

1 Uvod

Klimatske spremembe zadnjih let znatno vplivajo na količino in kakovost kmetijskih pridelkov. Nobena izjema niso niti žita, ki so zelo dovzetna na okoljske vplive, kot so obdobja z dolgotrajnimi sušami, do obdobij s presežkom padavin. Posebno problematiko pri pridelavi žit predstavljajo glivična obolenja. Prenos glivičnih bolezni pri žitih je najpogostejši preko žetvenih ostankov oziroma semenskega materiala. Vzrok za njihovo pogosto pojavnost je tudi v ozkem kolobarju. Težave s fuzariozami so namreč večje tam, kjer se v kolobarju pogosto izmenjujejo prava žita in koruza, ponavadi v dvopolju.

2 Pregled najbolj pogostih glivičnih bolezni na pšenici in ječmenu

Na pšenici in ječmenu se najpogosteje srečujemo z okoli 15 povzročitelji glivičnih bolezni. Za uspešno napovedovanje njihovega pojava in kasneje ukrepov za zatiranje je zelo pomembno pravilno prepoznavanje povzročiteljev in poznavanje njihove biologije. Pregled najbolj pogostih bolezni na žitih v Sloveniji je v letih 1996-98 opravil Celar (1999). Raziskava je pokazala, da je najpogostejša glivična bolezen na pšenici žitna pepelovka (*Blumeria graminis* Speer.), sledijo ji fuzarioze korenin, stebla in klasa pšenice (*Fusarium* spp.), listna pegavost

[84] Univ. dipl. inž. agr., Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto, Šmihelska cesta 14, 8000 Novo mesto, e-pošta: karmen.rodic@gov.si

pšenice (*Septoria tritici* Desm.) ter okuženost z rjami (*Puccinia* spp.). Pri ječmenu prevladuje ječmenova mrežasta pegavost (*Pyrenophora teres* Drechsler), žitna pepelasta plesen (*Blumeria graminis* Speer.), fuzarioze korenin, stebla in klasa pšenice (*Fusarium* spp.) in ječmenov listni ožig (*Rhynchosporium secalis* (Oudem.) Davis). Na podlagi teh ugotovitev in lastnih opazovanj posevkov žit v letu 2014 v nadaljevanju predstavljamo najpogostejše glivične bolezni na pšenici in drugih žitih, s katerimi smo se srečali pri izvajanju opazovalno napovedovalne dejavnosti na KGZS Zavodu Novo mesto.

2.1 ŽITNA PEPELOVKA (*Blumeria graminis* Speer.)

2.1.1 Bolezenska znamenja in biologija

Pri tej glivi je močno izražena fiziološka specializacija, kar pomeni, da lahko okužuje le določeno vrsto žita. Na pšenici bolezenska znamenja povzroča gliva *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (pšenična pepelovka), na ječmenu pa gliva *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* (ječmenova pepelovka). V povprečju lahko vsako leto zmanjša pridelek za 10 %. Bolezenska znamenja se lahko pojavijo že na bazalnih delih listov ali steblu, ko so ti še neposredno v stiku s tlemi. Posebno je to izrazito pri gostih posevkih. Na površju zelenih delov se najprej razvije nežna bela sivkasta prevleka micelija (Maček, 1991). S starostjo micelija se začnejo tvoriti spolna trosišča (kleistoteciji), ki so temne barve (Celar, 12. 12. 2014). Gliva okužuje vse zelene organe žita. Okužba se širi od spodaj navzgor in ob ugodnih razmerah okuži tudi plevice. Zaradi okužb klasov ne pride do polnjenja zrn. Močneje okužene rastline, še posebej na bolj vlažnih njivah, rumenijo, običajno v obliki gnezd. Optimalna zračna vlaga za razvoj trosov znaša 95 %, optimalna temperatura zraka pa med 15 °C in 25 °C (Celar, 12. 12. 2014).

2.1.2 Napovedovanje in zatiranje

Pojav žitne pepelovke napovedujemo že na podlagi jesenskih pregledov posevkov (Maček, 1991). V primeru zgodnjih okužb k zatiranju pristopimo, ko na pšenici najdemo plesnive prevleke na zgornjih treh listih (BBCH 35-40) pri 30 % pregledanih rastlin. Zatiranje žitne pepelovke na ječmenu opravimo pri nekoliko nižji stopnji okužbe kot na pšenici. Če glivo najdemo na zastavičarju pri več kot 20 % rastlin, izvedemo drugo škropljenje v času cvetenja žit (BBCH 61-69) (Tehnološka navodila, 2014). Priporočljivo je tudi primerno izvajanje kolobarja, zaoravanje žetvenih ostankov, setev odpornih sort in zmerna uporaba dušičnih gnojil (Celar, 12. 12. 2014).

2.2 FUZARIOZE KORENIN, STEBLA IN KLASA PŠENICE (*Fusarium* spp.)

2.2.1 Bolezenska znamenja in biologija

Fuzarioze korenin in stebla povzročajo glive *F. culmorum*, *F. graminearum* in druge vrste tega rodu, fuzarioze klasa pa le imenovani glivi (Maček, 1991). Fuzarioze korenin in stebla na območju Jugovzhodne Slovenije niso pogoste, zato se bomo bolj osredotočili na fuzarioze klasa. Glivi se večinoma prenašata s semenom. Prezimujejo na odmrlih rastlinskih ostankih v tleh v obliki micelija, hlamidospor ali peritecijev. Najpogosteje se pojavljajo med cvetenjem (BBCH 61-69) in v mlečni zrelosti (BBCH 73-77). Posamezni klasi ali ves klas odmrejo in dobijo slamnato rumeno barvo. V vlažnem vremenu nastane na klasnem vretenu in ob dnu klaskov pomarančasto rumena prevleka iz micelija in trosov glive. V okuženih klasih se oblikujejo različno polna zrna, od normalnih do povsem gluhih (Maček, 1991). V mokrih letih lahko gliva preraste tudi do 30 % klasa in povzroči značilno zmanjšanje absolutne mase zrn ali delno gluhost zrn (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2014).

2.2.2 Napovedovanje in zatiranje

V času cvetenja se lahko poslužujemo fitofarmacevtskih sredstev, registriranih za zatiranje fuzarioz. Kot prag škodljivosti jemljemo 3-5 % okuženih klasov ali več kot 2 do 3 klasov, kjer je okuženo 10 % površine klasa (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2014).

2.3 LISTNA PEGAVOST PŠENICE (*Septoria tritici* Desm.)

2.3.1 Bolezenska znamenja in biologija

Ozimno žito lahko gliva *Septoria tritici* okuži že v jeseni, zato prva bolezenska znamenja opazimo zelo zgodaj. Najbolj so prizadeti spodnji listi, na katerih se pojavijo podolgovate sive pege z izrazito pepelnato sredino, s številnimi črnimi drobnimi točkami, nespolnimi trosišči (piknidiji). Piknospore kalijo pri sorazmerno nizkih temperaturah (od 2 – 3°C). To je razlog, da je okužba mogoča tudi v hladnejših razmerah. Gliva prezimuje kot micelij v obliki piknidijev na ostankih slame ali kot spore na semenu (Maček, 1991). Jeseni ali spomladi začnejo iz piknidijev bruhati konidiji (piknospore). Optimum za sporulacijo je 100 % zračna vlaga. Z dežnimi kapljicami se piknospore postopoma prenesejo na zgornje zdrave liste rastlin (Shaner, 2010). Za okužbo je potrebno, da so listi vsaj 6 ur vlažni (Celar, 12. 12. 2014).

2.3.2 Napovedovanje in zatiranje

Pri tej bolezni je pomembno predvsem to, da sejemo zdravo in razkuženo seme oziroma odporne sorte (Celar, 12. 12. 2014). Uporaba fungicidov mora temeljiti na preventivnem pristopu. Listno pegavost je potrebno začeti zatirati, ko najdemo pege na zgornjih treh listih pri več kot 10 % rastlin. Rastline so takrat v razvojni fazi kolenčenja (BBCH 33-37) (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2014).

2.4 RJE (*Puccinia* spp.)

2.4.1 Bolezenska znamenja in biologija

Rje poleg sneti prizadenejo največ škode krušnim žitom (Maček, 1991). Pridelek se zaradi okužbz rjami lahko v povprečju zmanjša med 10 %. Okužujejo predvsem listje in steblo. Zaradi slabše asimilacije, povečane transpiracije in zaradi izgube hranilnih snovi, je klas slabše oskrbljen z asimilati in vodo ter se zato zrna slabše polnijo s škrobom. Pomembna lastnost rij je, da so zelo epifitotične oz. množične. Okužijo lahko ogromno število rastlin hkrati ter se širijo na velike razdalje (Maček, 1991). Rod *Puccinia* ima veliko vrst, najpogostejše so: *P. graminis*, *P. tritici*, *P. hordei* in *P. striiformis* (The encyclopaedia of cereal diseases, 12. 12. 2014), znotraj katerih je več specializiranih form, ki se med seboj razlikujejo po tem, da okužujejo le določeno rastlinsko vrsto (Celar, 18. 12. 2014). V osnovi imajo vse vrste gliv iz rodu *Puccinia* zelo podobne razvojne kroge in osnovne lastnosti širjenja. Najpogostejša gliva *P. graminis*, ki lahko okužuje vsa žita, ima naslednji razvojni krog. Razvije se pretežno na bili in listni nožnici napada pa tudi listno ploskev, plevice in rese. Na vseh opisanih organih se pojavljajo temnorjave prašnate proge - ležišča letnih trosov, uredosorusov. V njih so enocelične ovalne uredospore, ki jih veter raznaša na zelene dele žit, kjer nato v kapljici vode kalijo. Uredospore širijo okužbo dokler je žito zeleno. Ko začne žito zoreti, pa se začnejo oblikovati črne proge, ležišča zimskih trosov – televtosorusi s televtosporami (Maček, 1991). Za rje je značilno tudi to, da so dvodomne in za svoj razvoj vedno potrebujejo haplontskega gostitelja. Pri glivi *P. graminis* je to običajno češmin (Celar, 18. 12. 2014). Gliva ima več rodov letno, pri čemer je vsaka naslednja številčnejša (Maček, 1991). Prezimi v obliki televtospor na ostankih slame. Le-te dozorijo že spomladi, kaliti pa začnejo ob obilnejšem dežju in temperaturah nad 2°C (Celar, 18. 12. 2014). Temperaturni

optimum za razvoj rij se giblje med 15 do 25°C. Za kalitev pa je potrebna tudi zelo visoka zračna vlaga (99 %) (The encyclopaedia of cereal diseases, 12. 12. 2014).

2.4.2 Napovedovanje in zatiranje

Najustreznejša ukrepa preprečevanja širjenja bolezni je pridelava odpornih sort. Rje zatiramo v času klasenja (BBCH 38-42). Takrat kot prag za zatiranje upoštevamo naslednje vrednosti: za rumeno rjo (*Puccinia striiformis*) in progasto rjo (*Puccinia graminis*) – rja vidna na treh najvišje ležečih listih pri 5-10% rastlin; pšenična rja (*Puccinia tritici*) in ječmenova rja (*Puccinia hordei*) – rja je vidna na treh najvišjih listih pri 10-20 % rastlin. Pregledati moramo vsaj 200 rastlin diagonalno po njivi (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2014).

2.5 JEČMENOVA MREŽASTA PEGAVOST (*Pyrenophora teres* Drechsler)

2.5.1 Bolezenska znamenja in biologija

Gliva v naravi okužuje samo rastline iz rodu *Hordeum*. Na podlagi bolezenskih znamenj glivo povzročiteljico uvrščamo v dve formi (*teres* in *maculata*). Prva forma (*P. teres* f. *teres)* povzroča manjše, temnorjave podolgovate ali eliptične pege, ki se najprej pojavijo na vzniklih rastlinicah. Pege so lahko posamezne, bolj pogosto pa se združujejo med seboj. Na pegah se oblikujejo vzdolžne in prečne temne črte, kar jim da mrežast videz. Na površini peg se oblikujejo večcelični nespolni trosi (konidiji), ki širijo okužbo (Celar, 15. 12. 2014). Druga forma (*P. teres* f. *maculata*) povzroča temnorjave eliptične ali vretenaste pege obkrožene s klorotičnim robom različne širine. Razvoj različnih vrst simptomov je odvisen od genotipa ječmena in različka patogena. Sporulacija konidijev se začne pri 100 % vlagi in temperaturi od 15 do 25°C. Okužba ječmena je večja tam, kjer je prisotna vlaga od 10 do 30 ur (Afanesenko, 15. 12. 2014).

2.5.2 Napovedovanje in zatiranje

Na zgodaj posejanih posevkih je možna močna okužba že v jeseni. V mokrih pomladih moramo mrežasto pegavost začeti zatirati že v začetku bilčenja (BBCH 32-33). Kot prag za zatiranje pegavosti v začetku bilčenja upoštevamo okužbo, pri katerem se pri 10 % rastlin pojavijo pege na vsaj treh listih (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2014).

3 Pregled vremenskih podatkov v rastni sezoni 2014

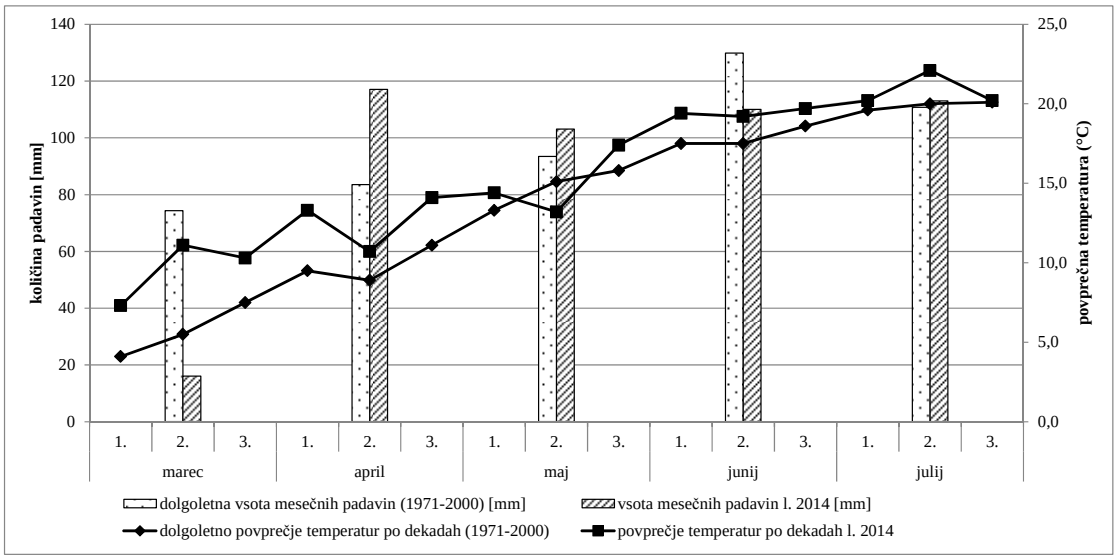
V letu 2014 je v obdobju od meseca marca (začetek razraščanja žit in možnost za pojav prvih povzročiteljev glivičnih bolezni) do konca julija (žetev) na območju Novega mesta padlo 459 mm padavin (Mesečni bilteni Agencije RS za okolje, marec-julij 2014). V marcu so bile padavine močno pod dolgoletnim povprečjem, so se pa nato intenzivno pojavljale v naslednjih mesecih (slika 1).

V letu 2014 smo v mesecu marcu in aprilu beležili zelo visoke temperature za to obdobje. V primerjavi z dolgoletnim povprečjem so v drugi dekadi meseca marca bile višje za 5,6 °C. Ker so bili temperaturne pogoji, potrebni za razvoj gliv, izpolnjeni zgodaj, smo v mesecu marcu že opazili prve okužbe rastlin z rjami.

4 Rezultati pojavov glivičnih bolezni na žitih zabeleženi v okviru opazovalno napovedovalne dejavnosti na območju Jugovzhodne Slovenije v letu 2014

V okviru opazovalno napovedovalne dejavnosti na območju jugovzhodne (JV) Slovenije preglede žit opravljamo na štirih različnih lokacijah: Novo mesto, Kostanjevica na Krki, Šentjernej in Krško. V sklop spremljanj imamo vključene 4 različna žita: pšenico, ječmen,

piro in rž. V nadaljevanju so predstavljeni rezultati spremljanj pojavov glivičnih bolezni na žitih na območju JV Slovenije v letu 2014.



Slika 1: Količina padavin in povprečna temperatura zraka na območju Novega mesta od meseca marca do julija 2014 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem (1971-2000)

4.1 ŽITNA PEPELOVKA (*Blumeria graminis* Speer.), LISTNE PEGAVOSTI PŠENICE (*Septoria tritici* Desm.), RJE (*Puccinia* spp.) IN FUZARIOZE KORENIN, STEBLA IN KLASA PŠENICE (*Fusarium* spp.)

Kot je razvidno iz preglednice 1, se je žitna pepelovka na vseh opazovalnih lokacijah pojavila sočasno. Zabeležili smo jo na pšenici, ječmenu in piri, pojavila se ni edino na rži.

Listno pegavost pšenice smo zabeležili na treh opazovanih lokacijah, na treh žitih za katere je značilno, da se pojavlja (pšenica, rž in pira). V letu 2014 se je začela pojavljati dokaz zgodaj, že v začetku meseca aprila.

Pojav rij je bil zabeležen zelo zgodaj, konec meseca marca, ko so bila žita v razvojni fazi konca razraščanja (BBCH 29-31). Okužba je bil tako močna, da je ponekod ostal zelen le še zastavičar.

Zaradi hitrega dozorevanja žit škoda zaradi fuzarioz ni bila tako opazna. Pri detajlnem pregledu pa smo jo lahko potrdili na kar nekaj vzorcih, ki so prispeli v laboratorij Službe za varstvo rastlin pri KGZS Novo mesto.

4.2 JEČMENOVA MREŽASTA PEGAVOST (*Pyrenophora teres* Drechsler)

Kot je razvidno iz preglednice 2, se je bolezen začela pojavljati že konec razraščanja (BBCH 29), a le na dve lokacijah. Pri pojavu imata namreč pomembno vlogo ustrezna izbira sortimenta in mikrolokacija posevka.

Preglednica 1: Pojav žitne pepelovke (Blumeria graminis Speer.*), listne pegavosti (Septoria tritici* Desm.*) in rij (Puccinia* sp.*) na območju JV Slovenije v letu 2014*

Datum prvega pojava bolezni	Lokacija	Rastlina	Žitna pepelovka	Listne pegavosti pšenice	Rje
28. 03. 2014	Novo mesto	pšenica			X
03. 04. 2014	Krško	ječmen			X
10. 04. 2014	Krško	pšenica, rž		X	
15. 04. 2014	Novo mesto	ječmen			X
17. 04. 2014	Kostanjevica	pira			X
24. 04. 2014	Krško, Kostanjevica, Novo mesto, Šentjernej	pšenica, ječmen, pira	X		
24. 04. 2014	Kostanjevica	pira		X	
24. 04. 2014	Krško	rž			X
29. 04. 2014	Novo mesto	pira		X	
05. 05. 2014	Kostanjevica	pšenica			X
13. 06. 2014	Kostanjevica	pšenica		X	
07. 05. 2014	Krško	pšenica			X
08. 05. 2014	Novo mesto	pira			X

Opomba: X – bolezen prisotna

Preglednica 2: Pojav ječmenove mrežaste pegavosti (Pyrenophora teres Drechsler) *na območju JV Slovenije v letu 2014*

Lokacija	Rastlina	Datum prvega pojava bolezni
Krško	ječmen	13. 03. 2014
Novo mesto	ječmen	28. 03. 2014

4.3 RAMULARIJSKA PEGAVOST JEČMENA *(Ramularia collo-cygni* B. Sution Waller*)*

V zadnjih letih pri pregledih čedalje pogosteje opažamo pojav simptomov, ki jih povzroča gliva *Ramularia collo-cygni.* Povzroča značilne majhne pege, pogosto obkrožene z rumenim robom. Prizadene lahko tudi rese na klasu. Po nekaterih raziskavah naj bi gliva proizvajala toksin rubelin D, ki v rastlinski celici sproži peroksidacijo alfalinoleične kisline, ki poškoduje celice in povzroči značilne simptome na listih (Majer, 2011). Gliva največ škode (do 0,6 t/ha) prizadene ozimnemu ječmenu po končanem cvetenju (The encyclopaedia of cereal diseases, 12. 12. 2014).

5 Sklepi

Za uspešno napovedovanje pojava bolezni žit in ukrepov za zatiranje je zelo pomembno pravilno prepoznavanje povzročiteljev in poznavanje njihove biologije. Glavni ukrepi k zmanjševanju škode sodijo: pravilen kolobar, setev razkuženega semena, izbira ustreznega sortimenta in pravilna izbira fitofarmacevtskih sredstev.

Vremenske razmere so bile glavni dejavnik v letu 2014, ki so botrovale k obsežnem pojavljanju glivičnih bolezni na posevkih žit. Z okužbami se je začelo že zelo zgodaj, konec meseca marca in so trajale vse do spravila pridelka. Največjo zastopanost so imele rje, sledila

jim je žitna pepelovka in nato listne pegavosti (*Septoria tritici* in *Pyrenophora teres*). V obdobju zadnjih dveh let se na ozimnem ječmenu srečujemo z dokaj novim povzročiteljem glivičnih obolenj, to je gliva *Ramularia collo-cygni*.

6 Literatura

Afanesenko, O. C. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighbouring Countries. http://www.agroatlas.ru/en/content/diseases/Hordei/Hordei_Pyrenophora_teres/ (15.12.2014)

Celar, F. 1999. Monitoring nekaterih bolezni pravih žit v Sloveniji. Zbornik predavanj in referatov s 4. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Portorož, 3.-4. marec 1999. Društvo za varstvo rastlin, Ljubljana: 479-483

Celar, F. Žitna pepelovka (*Blumeria graminis* SPEER (sin. *Erysiphe graminis* DC.) (12.12.2014), Listna pegavost pšenice (*Septoria tritici*) (12.12.2014), Ječmenova mrežasta pegavost (*Pyrenophora teres* DRECHSLER) (15.12.2014), Žitna progasta rja (*Puccinia graminis* PERSOON) (18.12.2014). Fito Info, Cirsium. http://www.fito-info.si/APL/Sist/SifrantOrg.htm

Naše okolje. Bilten Agencije RS za okolje, marec 2014. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje, Tanja Cegnar (ur), letnik XXI, št. 3: 86, št. 4: 80, št. 5: 99, št. 6: 79, št. 7: 86

Maček, J. 1991. Posebna fitopatologija patologija poljščin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani: 285 str.

Majer, A. 2011. Virulenčni faktorji glive *Verticillium albo-atrum*. Batič F. (ur.). Acta agriculturae Slovenica, 97–3: 343 - 349

Shaner, G. 2010. Septoria tritici Blotch. Compendium of wheat diseases and pests. V. Bockus W.W. (ur.). America. The American Phytopathological Society: 56-58

Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2014. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje: 75 str.

The encyclopaedia of cereal diseases. http://www.hgca.com/media/185607/g41_the_encyclopaedia_of_cereal_diseases.pdf (12.12.2014)

Odziv sadik brokolija na dodajanje selenita

Špela MECHORA[85], Kristina UGRINOVIĆ[86]

Izvleček
Brokoli je križnica z visoko prehransko vrednostjo in pozitivnim vplivom na zdravje ljudi. Poleg tega lahko akumulira selen (Se), ki je za človeka esencialen element in zmanjšuje tveganje zaradi raka. Se lahko pozitivno vpliva tudi na rast rastlin. Zanimalo nas je, kako dodajanje selenita vpliva na mlade rastline brokolija. Sadikam brokolija gojenim v kontroliranih razmerah smo v substrat dodali 0,5 ml 2, 5, 10, 20 in 30 mg/L Na selenita ($Na_2SeO_3^{2-}$) in 11 dni spremljali fotokemično učinkovitost FSII, vsebnost klorofila *a* in *b*, karotenoidov ter antocianov. Dodajanje selenita je, še posebej pri koncentracijah nad 10 mg L^{-1}, v prvih dneh po dodajanju znižalo fotokemično učinkovitost, vendar so si sadike opomogle in ob zaključku poskusa ni bilo več opaziti razlik. Manjša, vendar statistično neznačilna, odstopanja od kontrolnih rastlin je bilo opaziti tudi pri sintezi klorofilov *a* in *b* ter karotenoidov. Vsebnost antocianov se je od 6. dne po dodajanju selenita začela povečevati, kar kaže na stres sadik brokolija, ki pa ni bil izrazit. Dodajanje selenita je pri sadikah brokolija torej v prvih dneh po dodajanju povzročilo manjši stres, vendar so si sadike kmalu opomogle, njihovi fiziološki in biokemijski parametri pa so bili ob koncu poskusa ponovno na ravni kontrolnih rastlin.
Ključne besede: *Brassica oleracea* var. *italica*, selenit, fotokemična učinkovitost FSII, klorofili, karotenoidi, antociani

The response of broccoli transplants on selenite addition

Abstract
Broccoli belongs to *Brassicaceae* family and has high nutritional value with positive effects on human health. Additionally, broccoli can accumulate selenium (Se), which is an essential element for humans and reduces the risk of cancer. Se can positively affect also the growth of plants. The influence of selenite addition on young broccoli plants was examined. Transplants grown in controlled conditions were fertilized with 5.0 ml of 2, 5, 10, 20 in 30 mg/L Na selenite ($Na_2SeO_3^{2-}$). Photochemical efficiency of PSII, chlorophylls *a* and *b*, carotenoids and anthocyanins were monitored for 11 days. Addition of selenite lowered the photochemical efficiency in first days after the treatment, especially at concentrations above 10 mg L^{-1}, but later on the transplants recovered and there was no difference between the control and Se treated plants. Some, but statistically insignificant, deviations between control and selenite treatmens were noticed also at chlorophylls *a* and *b* and carotenoids. The increasing of anthocyanins form the day 6 after the treatment on, points to the plant stress, although it was not intensive. The addition of selenite therefore did cause some stress to broccoli transplant in the first days after the treatment but the plants soon recovered and their physiological and biochemical parameters at the end of the trial were on the level of control plants.
Key words: *Brassica oleracea* var. *italica*, selenite, photochemical efficiency of PSII, chlorophylls, carotenoids, anthocyanins

1 Uvod

Brokoli spada v družino *Brassicaceae* in vsebuje veliko antioksidantov. Zaradi visoke vsebnosti žvepla lahko brokoli privzame veliko selena (Se), kar je že bilo dokazano (Pedrero in sod., 2007; Sugihara in sod., 2004). Rastline privzemajo Se kljub temu, da še ni dokazano,

[85] Doc. dr., Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, e-pošta: spela.mechora@gmail.com
[86] Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si

da je za njih esencialen. V zmernih koncentracijah Se na rastline deluje pozitivno kot antioksidant (Hartikainen in sod., 2000), poveča odpornost proti suši (Kuznetsov in sod., 2003), slanosti (Hawrylak-Nowak, 2009), UV sevanju (Germ in sod., 2005) in kovinam (Pedrero in sod., 2008).
Se je element v sledovih, ki je esencialen za človeka in živali. V okolju je prisoten tako naravno kot tudi zaradi človeških dejavnosti. Po naravni poti se v okolje sprošča iz kamnin v procesu erozije, zaradi spiranja tal z vodo in biološke aktivnosti organizmov. V alkalnih tleh je prisoten v obliki selenata (SeO_4^{2-}), v kislih tleh pa prevladuje selenit (SeO_3^{2-}). Slednji je slabo topen in manj dostopen za rastline kot selenat (Navarro-Alarcon in Cabrera-Vique, 2008). Dostopnost Se za rastline je odvisna od oblike Se, vrste kamnine, vrednosti pH tal, vsebnosti $CaCO_3$ v tleh in prisotnosti nekaterih organskih in anorganskih spojin (Kabata Pendias, 2001).
Namen raziskave je bil preučiti vpliv v substrat dodanega selenita na sadike brokolija na fiziološki in biokemijski ravni.

2 Material in metode dela

2.1 RASTLINSKI MATERIAL IN GOJENJE

V marcu in maju 2014 smo zaporedoma zasnovali dva enaka poskusa v kontroliranih pogojih. Semena brokolija *Brassica oleracea* var. *italica* sorte Monop (Syngenta) smo posejali v polietilenske setvene plošče, napolnjene s šotnim substratom (Klasman Podgrond P). Sadike smo vzgajali v rastlinjaku pri naravni osvetlitvi z dosvetljevanjem do 14 h osvetlitve. Oskrba je vključevala redno zalivanje in dognojevanje s tekočim gnojilom Bayfolan (NPK 11-8-6 z mikrohranili Fe 190 mg/L, Mn 162 mg/L, B 102 mg/L, Cu 81 mg/L, Zn (61 mg/L), Mo 9 mg/L, Co 3,5 mg/L) v skupno treh odmerkih po 12 ml v obdobju od prvega pravega lista do štirih pravih listov, zadnje dognojevanje 3 dni pred dodajanjem s Se. Rastline smo razdelili v 6 skupin po 24. Ko so sadike razvile 4 liste, smo petim skupinam dodali 0,5 mL raztopine selenita (Se(IV)), v koncentracijah 2, 5, 10, 20 in 30 mg Se(IV) L^{-1}, eno skupino rastlin smo uporabili kot kontrolo. Fiziološke in biokemijske parametre (glejte 2.2, 2.3) smo v času poskusa merili petkrat, t.j. 1, 4, 6, 8 in 11 dni po dodajanju Se(IV).

2.2 FOTOKEMIČNA UČINKOVITOST

Fotokemično učinkovitost fotosistema II (FSII) smo merili *in situ* na štirih rastlinah iz vsake skupine s fluorometrom (PAM 2100 Chlorophyll Fluorometer, Heinz Walz GmbH, Germany). Pred merjenjem smo na list pritrdili ščipalke za temotno adaptacijo. Po 10 minutah adaptacije smo list osvetlili s saturacijskim pulzom bele svetlobe (gostota toka fotonov v fotosintetskem delu svetlobnega spektra (PPFD - mera za jakost fotosintetsko aktivnega sevanja, gostota toka fotonov v fotosintetskem delu svetlobnega spektra)= 8000 µmol $m^{-2}s^{-1}$, 0,8 s).

2.3 BARVILA

Vsebnost klorofilov *a* in *b* ter karotenoidov smo določili po metodi Lichtenthaler in Buschmann (2001). Vsebnost antocianov smo določili po metodi Drumm in Mohr (1978). Za meritve barvil smo analizirali sveže vzorce treh rastlin iz vsake skupine posameznega poskusa. Vsebnost barvil smo določili z uporabo UV/VIS spektrometra (Lambda 12, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA).

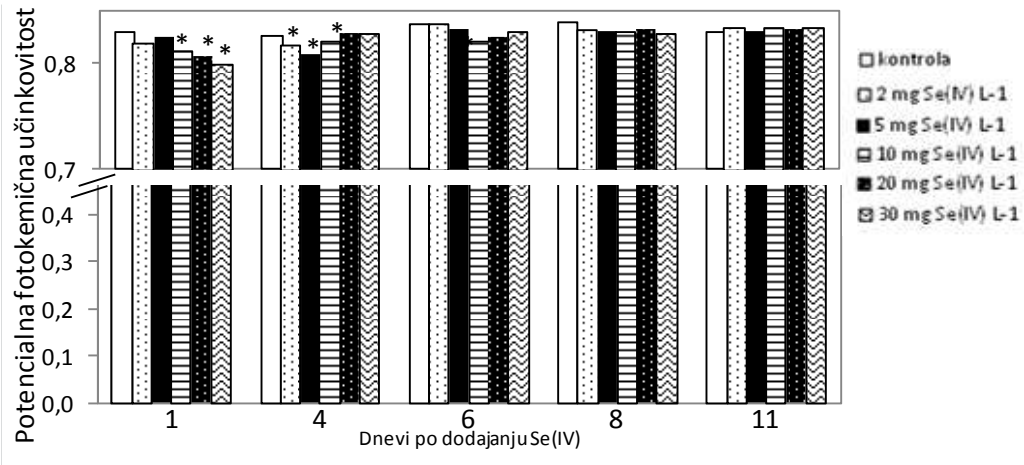
2.4 STATISTIKA

Zbrane rezultate smo, za oba poskusa skupaj, statistično ovrednotili s pomočjo programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med posameznimi obravnavanji smo določili z analizo variance (ANOVA), značilnost razlik med povprečji posameznih obravnavanj pa z LSD testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95 % zaupanju ($p < 0,05$).

3 Rezultati z diskusijo

Na sliki 1 so prikazane vrednosti fotokemične učinkovitosti. Dan po dodajanju Se(IV) je bila vrednost fotokemične učinkovitosti pri vseh obravnavanjih nižja kot pri kontroli. Še posebej negativno so na fotokemično učinkovitost vplivale visoke koncentracije Se(IV). Po 8. in 11. dneh po dodajanju Se(IV) ni bilo statistično značilnih razlik med kontrolo in rastlinami, ki smo jim dodali Se(IV). Opazen je trend višanja fotokemične učinkovitosti od prvega do zadnjega dne poskusa pri brokoliju z dodanim Se(IV) (slika 1). Po začetnem stresu, ki je bil izrazit predvsem ob dodajanju višjih koncentracij Se(IV), se je fotokemična učinkovitost po 11. dneh torej vrnila na raven kontrolnih rastlin. Dodani Se dolgoročno ni vplival na fotokemično učinkovitost, kar so ugotovili tudi pri navadnem in rdečem zelju (Mechora in sod., 2011; Mechora in sod., 2014), soji (Mechora in Germ, 2010) in ječmenu (Valkama in sod., 2003).

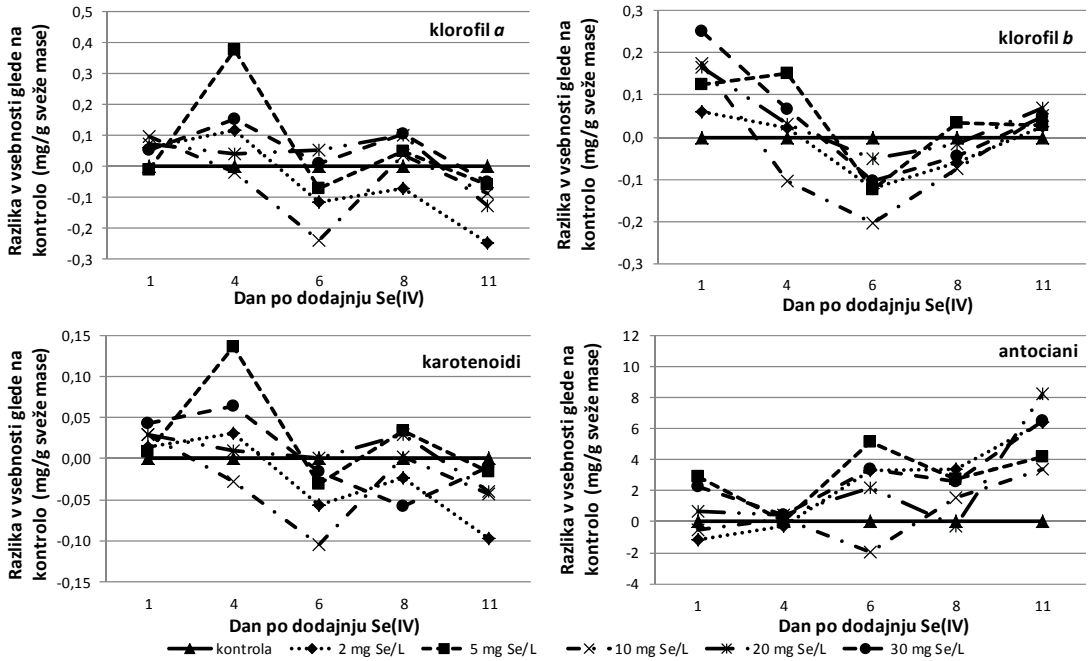
Vrednosti fotokemične učinkovitosti za rastline, ki niso v stresu, so med 0,80 in 0,83 (Schreiber in sod., 1995). Vrednosti pri sadikah brokolija v naših poskusih so bile ves čas nad 0,80, iz česar lahko sklepamo, da proces fotosinteze zaradi dodanega Se, kljub manjšim razlikam, ni bil resneje moten.



*Slika 1: Potencialna fotokemična učinkovitost FSII sadik brokolija v dneh od 1 do 11 po dodajanju Se(IV); statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) so označene z *.*

Vsebnost fotosinteznih barvil klorofil *a* in *b* se ob posameznih dneh poskusa med obravnavanji ni značilno razlikovala (slika 2). Opaziti je sicer, da je bila vsebnost klorofila *b* 1 dan po dodajanju Se(IV) pri vseh obravnavanjih s Se višja kot pri kontrolnih rastlinah, medtem ko je vsebnost klorofila *a* ostala na ravni kontrolnih rastlin. Tako vsebnost klorofila *b* kot klorofila *a* sta bili 4 dni po dodajanju Se(IV) pri večini obravnavanj višji kot pri kontroli,

6 dni po dodajanju Se(IV) so vsebnosti obeh klorofilov upadle in se spustile pod vsebnosti pri kontrolnih rastlinah oz. pri 20 in 30 mg Se(IV) L^{-1} za klorofil *a* ostale na ravni kontrole. V naslednjih dneh so se vsebnosti obeh klorofilov pri rastlinah, ki jim je bil dodan Se(IV), ponovno vrnile na raven kontrolnih rastlin in se zadnji dan opazovanj pri klorofilu *a* spustile nekoliko pod vrednosti pri kontrolnih rastlinah. Rastline, ki so v stresu zaradi dodanega Se, imajo po navedbah Akbulut in Çakır (2010) zavrto sintezo klorofilov. Nižanje klorofilov ob izpostavitvi Se so ugotovili pri ječmenu (Akbulut in Çakır, 2010), koruzi (Hawrylak-Nowak, 2008) in ljuljki (Hartikainen in sod., 2000). V naših poskusih so rastline na dodajanje Se(IV) reagirale s povišano izgradnjo klorofila v prvih dneh po izpostavitvi Se, kar je lahko vplivalo na to, da se je stopnja fotokemične učinkovitosti v naslednjih dneh vrnila na raven kontrolnih rastlin (slika 1).



Slika 2: Razlike med vsebnostmi klorofilov a in b, karotenoidov in antocianov med kontrolnimi rastlinami in rastlinami z dodanim Se(IV) v dneh od 1 do 11 po dodajanju Se(IV).

Podobno kot za vsebnost klorofila *a* velja tudi za vsebnost karotenoidov - ob posameznih dneh poskusa med obravnavanji ni bilo značilnih razlik, opaziti pa je, da je bila vsebnost karotenoidov 4 dni po dodajanju Se(IV) pri večini obravnavanj višja kot pri kontroli, 6 dni po dodajanju Se(IV) so karotenoidi upadli in se spustili pod vsebnosti pri kontrolnih rastlinah oz. pri 20 in 30 mg Se(IV) L^{-1} ostali na ravni kontrole, se nato v naslednjih dneh pri vseh obravnavanjih približali vsebnosti pri in se ob koncu poskusa ponovno nekoliko spustila pod vrednosti pri kontrolnih rastlinah (slika 2) Povišanje količine karotenoidov je zaščitni mehanizem rastlin z namenom, da zmanjšajo stres zaradi kovin (Fargašová, 1998), saj so karotenoidi neencimatski antioksidanti, ki imajo pomembno vlogo pri zaščiti klorofilov v stresnih pogojih. Na podlagi tega lahko predvidevamo, da so bile rastline, ki smo jim dodali Se(IV), kmalu po dodajanju Se (IV) začasno pod stresom.

Antociani so se pričeli kopičiti 6. dan po dodajanju Se(IV) in bili ob zadnjih meritvah 11. dan po dodajanju Se(IV) pri vseh obravnavanjih višji kot pri kontrolnih rastlinah (slika 2). Povišane koncentracije antocianov kažejo na prisotnost stresa (Winkel-Shirley, 2002).

4 Sklepi

Na podlagi poskusa lahko zaključimo, da so sadike brokolija v prvih dneh po dodajanju selenita pokazale določeno stopnjo občutljivosti, na kar kaže predvsem začasno znižanje fotokemične učinkovitosti in kasnejše nekoliko povišane vsebnosti antocianov. Po nekaj dneh so si rastline opomogle in niso več kazale znakov občutljivosti na dodane koncentracije selenita - fotokemična učinkovitost in izgradnja klorofilov sta se vrnili na raven kontrole, karotenoidi pa se niso kopičili.

5 Literatura

Akbulut, M., Çakir, S. 2010. The effects of Se phytotoxicity on the antioxidant systems of leaf tissues in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 160-166

Drumm, H., Mohr, H. 1978. Mode of interaction between blue (UV) light photoreceptor and phytochrome in anthocyanin formation of Sorghum seedling. Photochemistry and Photobiology, 27: 241-248

Fargašová, A. 1998. Root growth inhibition, photosynthetic pigments production, and metal accumulation in *Sinapis alba* as the parameters for trace metals effect determination. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 61: 762-769

Germ, M., Kreft, I., Osvald, J. 2005. Influence of UV-B exclusion and selenium treatment on photochemical efficiency of photosystem II, yield and respiratory potential in pumpkins (*Cucurbita pepo* L.). Plant Physiology and Biochemistry, 43: 445-448

Hartikainen, H., Xue, T., Piironen, V. 2000. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant and Soil, 225: 193-200

Hawrylak-Nowak, B. 2008. Changes in anthocyanin content as indicator of maize sensitivity to selenium. Journal of Plant Nutrition, 31: 1232-1242

Hawrylak-Nowak, B. 2009. Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress. Biol Trace Elem Res., 132(1-3):2 59-69

Kabata Pendias, A. 2001. Trace elements in soils and plants. Florida: CRC Press, Boca Raton, tretja izdaja: 241-252

Kuznetsov, V.V., Kholodova, V.P., Kuznetsov, Vl.V., Yagodin, B.A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Doklady Biological Science, 390: 266-268

Lichtenthaler, H.K., Buschmann, C. 2001. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. V: Current Protocols in Food Analytical Chemistry, R.E. Wrolstad, T.E. Acree in E.A. Decker. New York: John Wiley & Sons Inc., F.4.2.1 – 4.2.6.

Mechora, Š., Stibilj, V., Kreft, I., Radešček, T., Gaberščik, A., Germ, M. 2011. Impact of Se (VI) fertilization on Se concentration in parts of red cabbage plants. Journal of Food, Agriculture & Environment, 9: 357-361

Mechora, Š., Stibilj, V., Kreft, I., Germ, M. 2014. The physiology and biochemical tolerance of cabbage to Se (VI) addition to the soil and by foliar spraying. Journal of plant nutrition, 37: 2157-2169

Mechora, Š., Germ, M. 2010. Selenium induced lower respiratory potential in *Glycine max* (L.) Merr. Acta agriculturae Slovenica, 95: 29-34

Navarro-Alarcon, M., Cabrera-Vique, C. 2008. Selenium in food and the human body: A review. Science of Total Environment, 400: 115-141

Pedrero, Z., Elvira, D., Cámara, C., Madrid, Y. 2007. Selenium transformation studies during Broccoli (Brassica oleracea) growing process by liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry (LC-ICP-MS). Analitica chimica acta, 596: 251-256

Pedrero, Z., Madrid, Y., Hartikainen, H., Camara, C. 2008. Protective effect of selenium in broccoli (*Brassica oleracea*) plants subjected to cadmium exposure. Journal of agricultural and food chemistry, 56: 266-271

Schreiber, U., Bilger, W., Neubauer, C. 1995. Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. V: E.D. Schulze, M.M. Caldwell, Ecophysio. Photosynth. New York: Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg: 49-70

Statgraphics Centurion XVI. Statpoint Technologies, Inc. Warrenton, Virginia, 2009

Sugihara, S., Kondô, M., Chihara, Y., Yûji, M., Hattori, H., Yoshida, M. 2004. Preparation of selenium enriched sprouts and identification of their selenium species by high-performance liquid chromatography–inductively coupled plasma mass spectrometry. Bioscience, biotechnology and biochemistry, 68: 193-199

Valkama, E., Kivimäenpää, M., Hartikainen, H., Wulff A. 2003. The combined effects of enhanced UV-B radiation and selenium on growth, chlorophyll fluorescence and ultrastructure in strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) and barley (*Hordeum vulgare*) treated in the field. Agric. Forest Meteor., 120: 267-278

Winkel-Shirley, B. 2002. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. Current Opinion in Plant Biology, 5: 218-223

Vpliv prikrajševanja grozdov na pridelek in kakovost češnjevega paradižnika

Kristina UGRINOVIĆ[87], Mojca ŠKOF[88]

Izvleček
Pri gojenju drobnoplodnega paradižnika za pobiranje celih grozdov težavo predstavlja predvsem neenakomerno dozorevanje plodov pa tudi neizenačena velikost plodov v grozdu. S poskusi v neogrevanem zaščitenem prostoru smo pri dveh sortah drobnoplodnega paradižnika, gojenih ob standardni agrotehniki, primerjali vpliv prikrajševanja grozdov (8, 10 ali po presoji prikrajševalca in 12 plodov na grozd ter neprikrajšani grozdi) na maso grozdov, povprečno maso plodov v grozdu, pH in vsebnost sladkorjev v soku plodov in na pridelek. Neprikrajšani grozdi so imeli največji pridelek, največjo maso grozda in najmanjšo povprečno maso ploda v grozdu. Najmanjši pridelek, najlažje grozde in največjo povprečno maso ploda v grozdu smo izmerili pri grozdih, prikrajšanih na 8 plodov. Prikrajševanje grozdov ni značilno vplivalo na pH in vsebnost sladkorjev v plodovih. S prikrajševanjem grozdov izboljšamo izenačenost (velikost, dozorevanje) plodov v grozdu, vendar pa močno zmanjšamo tržni pridelek.
Ključne besede: *Lycopersicon esculentum*, masa grozda, masa ploda, pH, skupni sladkorji

The influence of truss thinning on yield and quality of cherry tomato

Abstract
One of the problems at growing cherry tomatoes for whole truss harvest is the uneven ripening of fruits as well as ununiform size of fruits in the truss. The trials with 2 cherry tomato varieties were set up in unheated plastic tunnel at standard agrotechnical measures to compare the influence of different truss thinning (8, 10 or optionally and 12 fruits per truss and unthinned truss) on truss weight, average fruit weight in truss, pH and soluble solids in the fruit juice and yield. Unthinned trusses had the highest yield and the highest weight of trusses but the lowest average fruit weight. Trusses thinned to 8 fruits had the lowest yield and the lowest truss weight but the highest average fruit weight. Thinning of trusses did not significantly influence the pH and soluble solids of fruit juice. The thinning of trusses did improve the uniformness (size and ripening) of fruits in the truss, but also significantly lowered the marketable yield.
Key words: *Lycopersicon esculentum*, truss weight, fruit weight, pH, soluble solids

1 Uvod

Povpraševanje po drobnoplodnih paradižnikih (masa ploda med 10 in 50 g) se zaradi njihove dekorativnosti in okusnosti povečuje, zato so vse bolj razširjeni tudi v pridelavi. Plodove drobnoplodnih sort paradižnika lahko pobiramo posamič ali v grozdih. Pri slednjem pogosto, še posebej kadar je v grozdih veliko plodov, naletimo na neenakomerno dozorevanje in neizenačeno velikost plodov v grozdu.
Izenačenost velikosti plodov lahko izboljšamo z redčenjem oz. odstranjevanjem plodov, s čimer obremenjenost rastline s plodovi prilagodimo produkciji asimilatov (Field in Nichols, 2004). Značilno je, da rastlina paradižnika lahko prenese le določeno obremenitev s plodovi, kar pomeni, da so ob večjem številu plodov posamezni plodovi manjši (Jones, 2008). Tudi na ravni posameznega grozda velja, da se z zmanjšanjem števila plodov v grozdu povprečna masa preostalih plodov poveča (Heuvelink in Buiskool, 1995). Velikost ploda je odvisna tudi od položaja ploda v grozdu – plodovi na koncu grozda so manjši kot tisti na njegovem začetku (Bohner in Bangerth, 1988; Field in Nichols, 2004), razlog za to pa je časovni zamik pri

[87] Dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: kristina.ugrinovic@kis.si
[88] Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: mojca.skof@kis.si

oploditvi (Bohner in Bangerth, 1988). Slednje vpliva tudi na to, da razvoj plodov v posameznem grozdu ni povsem sočasen, zato tudi zorenje plodov ni izenačeno. Znano je, da se z zorenjem ploda povečuje njegov pH, medtem ko se vsebnost sladkorjev rahlo znižuje. Od razmerja med kislinami in sladkorji pa je v veliki meri odvisen okus plodov. Najokusnejši so plodovi z visoko kislostjo (nizkim pH) in visoko vsebnostjo sladkorjev (Jones, 2008).
Zanimalo nas je, ali lahko z prikrajševanjem grozdov (odstranjevanjem plodov) pri češnjevem paradižniku, namenjenem za pobiranje celih grozdov, izboljšamo izenačenost dozorevanja in velikosti plodov v posameznem grozdu ter kako tovrsten ukrep vpliva na količino pridelka in pH ter vsebnost sladkorjev v plodovih.

2 Material in metode dela

2.1 ZASNOVA POSKUSOV IN OSKRBA RASTLIN

Poskusa sta potekala v letih 2011 in 2012 v neogrevanem zaščitenem prostoru (tunelu) na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Ljubljani. V letu 2011 sta bili v poskus vključeni hibridni sorti Sakura in Sweet Million, v letu 2012 pa le sorta Sakura. Sakura (Enza Zaden) je zgodna sorta z visokimi pridelki. Plod je okrogel, povprečne mase okoli 30 g, dobrega okusa, odlikuje se tudi z dobro skladiščno sposobnostjo. Grozdi so dolgi in enostavni. Sweet Million (Sakata) je srednje zgodna sorta z visokimi pridelki. Plod je dobrega okusa, se zelo dobro skladišči, po obliki je okrogel, povprečne mase okoli 20 g. Grozdi so zelo močno razvejani (Ugrinović in Škof, 2012).
Gojenje je potekalo v skladu z uveljavljeno agrotehniko. Sadike smo vzgojili v polistirenskih gojitvenih ploščah in jih v drugi polovici aprila oz. v prvih dneh maja (20. 04. 2011 in 03. 05. 2012), ko so imele sadike 4 do 5 listov, presadili v tunel. Tla v tunelu smo v obeh letih pognojili s 30 t/ha hlevskega gnoja. V letu 2011 smo med rastjo redno dognojevali preko namakalnega sistema in skupno dodali še 72 kg/ha N, 128 kg/ha P_2O_5, 160 kg/ha K_2O, 24 kg/ha Mg, 24 kg/ha S. V letu 2012 smo z osnovnim gnojenjem dodali 7 kg/ha N, 20 kg/ha P_2O_5, 30 kg/ha K_2O, z dognojevanjem preko namakalnega sistema pa še 40 kg/ha N, 70 kg/ha P_2O_5, 88 kg/ha K_2O, 13 kg/ha MgO, 13 kg/ha S. Pred presajanjem smo tla oblikovali v gredice in jih prekrili s črno PE folijo, pod katero so bile položene cevi za kapljično namakanje. Na gredici sta bili posajeni po 2 vrsti, medvrstna razdalja je bila 75 cm, razdalja med rastlinami v vrsti pa 40 cm, tako da je gostota nasada znašala 33.333 rastlin/ha. Vsaka rastlina je rastla ob vertikalni opori iz vrvice. Oskrba poskusov je vključevala redno namakanje s fertigacijo, odstranjevanje zalistnikov in spodnjih listov. Ob koncu vegetacije smo vsem rastlinam 3 liste nad 13. socvetjem odrezali vrh.
Prikrajševanje grozdov smo opravili, ko so bili plodovi v zgornjem delu grozda v velikosti graha. V letu 2011 smo poleg obravnavanja s celimi (neprikrajšanimi) grozdi pri obeh sortah grozde prikrajšali še na 8, 10 in 12 plodov, v letu 2012 pa pri sorti Sakura na 8 in 12 plodov ter na število plodov po presoji prikrajševalca, glede na razvoj posameznega socvetja. Prikrajševanje grozdov se je izkazalo za zelo zamudno opravilo. Še posebej pri sorti Sweet Million, ki ima velika in močno razvejana socvetja, se je bilo težko odločiti, kako grozd prikrajšati. Zaradi razvejanosti so bili ob spravilu grozdi pri tej sorti na pogled neizenačeni. Pokazalo se je tudi, da je pri tej sorti pobiranje celih grozdov praktično neizvedljivo, saj je zaradi velikega števila plodov v grozdu (od 20 pa vse do 100) dozorevanje zelo neizenačeno in zgornji plodovi v grozdu začnejo odpadati še preden se spodnji začnejo barvati. Zaradi tega smo se pri tej sorti, namesto za pobiranje celih grozdov, odločili za pobiranje posameznih plodov. Našteto je bilo tudi razlog, da smo v drugem letu poskusa, t.j. v letu 2012, poskus nadaljevali le s sorto Sakura.

Poskusi so bili zasnovani v štirih ponovitvah z naključno razporeditvijo obravnavanj znotraj ponovitev. Poskusna parcela, je obsegala po 8 rastlin, t.j. po 4 rastline v dveh sosednjih vrstah na isti gredici, in je merila 2,4 m^2.

2.2 VREDNOTENJE PRIDELKA

Posamezne grozde smo pobirali, ko so se spodnji plodovi začeli barvati rdeče. Pobirali smo praviloma 1-krat tedensko, le zadnja pobiranja v drugi polovici septembra in v oktobru smo opravili na 10 dni.

Pridelek vsakega pobiranja smo sortirali na tržni pridelek prvega in drugega razreda in na odpadni pridelek (grozdi z zelo drobnimi plodovi, posamezni odpadli plodovi in odstranjeni bolni, razpokani in drobni plodovi).

Pri vsaki etaži smo iz vseh 4 ponovitev skupaj izbrali po 10 povprečnih grozdov in jih podrobneje ovrednotili (prešteli število plodov v grozdu, ločili drobne in normalno razvite plodove ter ocenili izenačenost plodov v grozdu, stehtali cel grozd in plodove).

V letu 2011 smo nato pri nekaterih etažah v soku plodov določili tudi skupne sladkorje in pH. Za ti dve meritvi smo plodove posameznih grozdov najprej ločili na plodove iz zgornjega, srednjega in spodnjega dela grozda. Plodove smo zmečkali in sok precedili skozi kuhinjsko cedilo. V soku smo nato z digitalnim refraktometrom (Atago Palette PR-100) pomerili vsebnost skupnih sladkorjev (Brix) in s pH metrom (Mettler Toledo, MA5741) njegov pH.

2.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

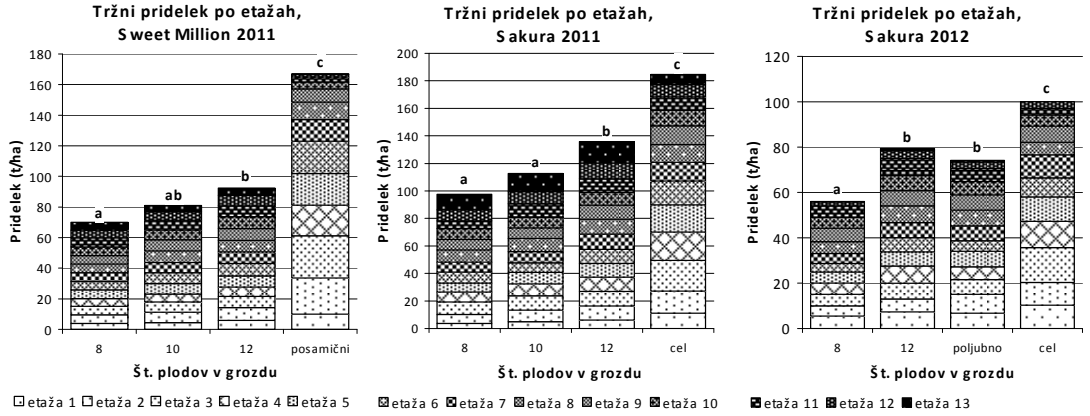
Zbrane rezultate smo, za vsako leto in vsako sorto posebej, statistično ovrednotili s pomočjo programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Statistično značilnost razlik med posameznimi obravnavanji smo določili z analizo variance (ANOVA), značilnost razlik med povprečji posameznih obravnavanj pa z LSD testom. Vsa testiranja smo opravili pri 95% zaupanju ($p < 0,05$).

3 Rezultati z diskusijo

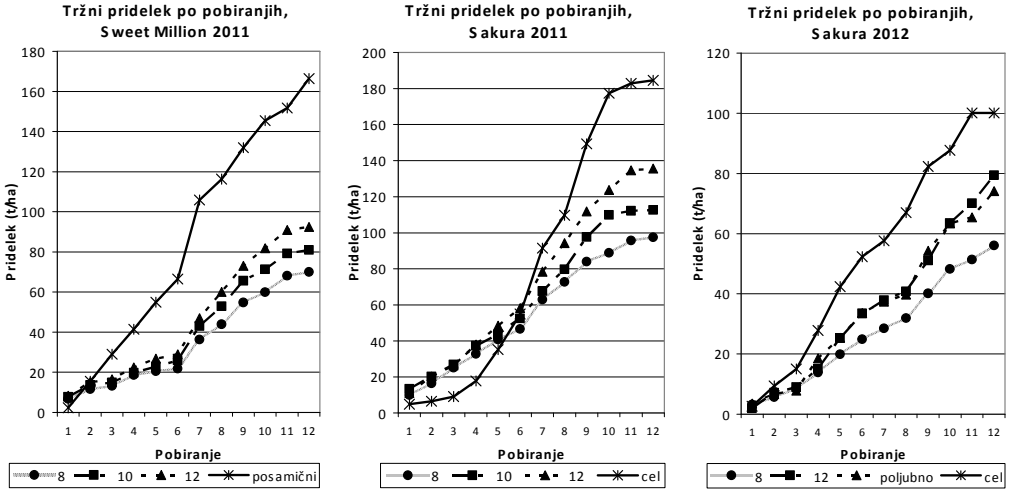
V obeh letih smo prvo pobiranje opravili v začetku julija (13. 07. 2011 in 10. 07. 2012) in do konca poskusa opravili skupno 12 pobiranj. V letu 2011 je v zelo lepi jeseni pobiranje trajalo vse do druge polovice oktobra (19. 10. 2011), v letu 2012 pa smo s pobiranjem zaključili v začetku oktobra (08. 10. 2012).

3.1 KOLIČINA PRIDELKA

V celotnem obdobju pobiranja smo tako v letu 2011, ko so bili pridelki zelo veliki, kot v letu 2012, ko so bili pridelki skoraj za polovico manjši kot v letu poprej, statistično značilno največ tržnega pridelka pobrali z rastlin z neprikrajšanimi grozdi, t.j. pri pobiranju celih grozdov pri sorti Sakura (184,5 t/ha v 2011 in 100,0 t/ha v 2012) oz. pri pobiranju posamičnih plodov pri sorti Sweet Million (166,4 t/ha). Najmanjši so bili pridelki pri grozdih prikrajšanih na 8 plodov (70,0 t/ha Sweet Million 2011, 97,5 t/ha Sakura 2011 in 56,0 t/ha Sakura 2012), kjer smo pobrali skoraj za polovico manj pridelka kot pri neprikrajšanih grozdih. Med različno prikrajšanimi grozdi smo največ pridelka vedno pobrali pri obravnavanjih z največjim številom plodov v grozdu, t.j. pri grozdih z 12 plodovi (92,4 t/ha Sweet Million 2011, 135,7 t/ha Sakura 2011 in 79,3 t/ha Sakura 2012) (sliki 1 in 2). Tudi Ugovšek (2013) na podlagi poskusa s sorto Sakura gojeno na hidroponiki, v katerem so primerjali pridelek pri rastlinah z neskrajšanimi, za 1/3 skrajšanimi in za 1/2 skrajšanimi grozdi, ugotavlja, da so največji pridelek (70 t/ha) imele rastline z neskrajšanimi socvetji, najmanjšega pa rastline z za 1/2 skrajšanimi socvetji (50 t/ha).



Slika 1: Tržni pridelek različno skrajšanih grozdov paradižnika pri sorti Sweet Million v letu 2011 (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi v primerjavi s pobiranjem posameznih plodov) in pri sorti Sakura v letih 2011 (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi v primerjavi z neskrajšanimi grozdi) in 2012 (grozdi z 8 in 12 plodovi ter poljubno skrajšani grozdi v primerjavi z neskrajšanimi grozdi) po etažah; statistično značilno različne vrednosti ($p \leq 0,05$) za skupni tržni pridelek so označene z različnimi črkami.



Slika 2: Akumulacija tržnega pridelka pri različno skrajšanih grozdih paradižnika pri sorti Sweet Million v letu 2011 (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi v primerjavi s pobiranjem posameznih plodov) in pri sorti Sakura v letih 2011 (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi v primerjavi z neskrajšanimi grozdi) in 2012 (grozdi z 8 in 12 plodovi ter poljubno skrajšani grozdi v primerjavi z neskrajšanimi grozdi) od prvega do zadnjega pobiranja.

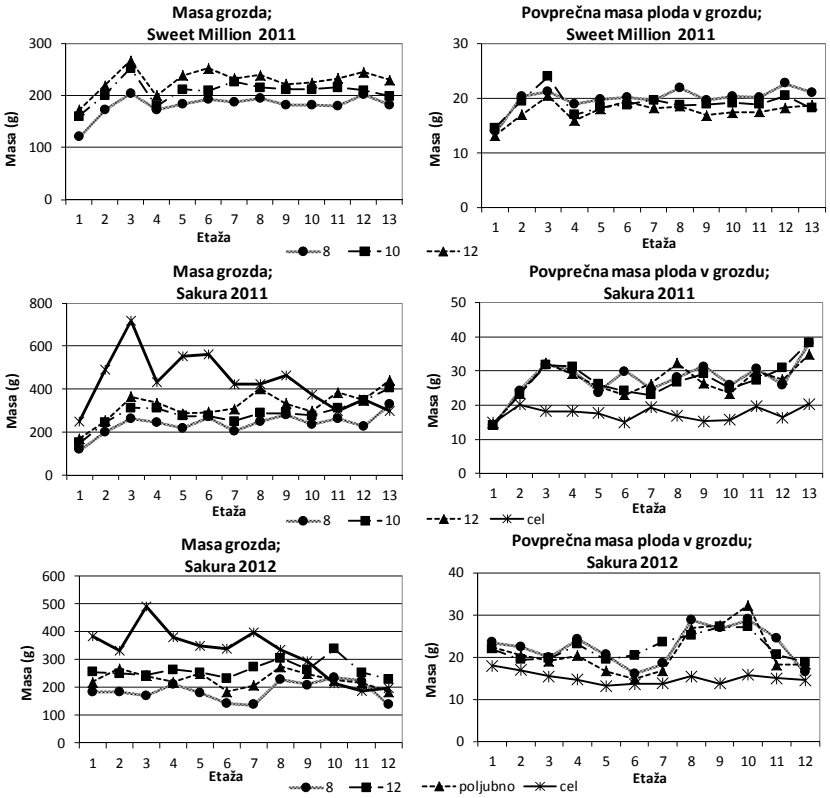
Pregled po etažah oz. socvetjih (slika 1) pokaže, da je bil pri sorti Sweet Million pridelek neskrajšanih grozdov značilno večji kot pridelek skrajšanih grozdov od 1. do 8. etaže, pri sorti Sakura pa od 1. do vključno 10. etaže v letu 2011 oz. od 1. do 7. etaže v letu 2012. V zgornjih etažah razlike med obravnavanji večinoma niso bile značilne oz. je bilo z neskrajšanih grozdov pobranega manj pridelka kot s skrajšanih (12. in 13. etaža pri Sweet Million, 2011).
Slika 2 prikazuje količino pridelka, ki smo ga pri vsakem od obravnavanj pobrali do posameznega pobiranja. Razvidno je, da smo v letu 2011 pri obeh sortah ob prvem pobiranju

pri neskrajšanih grozdih pobrali manj pridelka kot pri skrajšanih grozdih. Pri sorti Sweet Million smo že ob naslednjem pobiranju z neskrajšanih grozdov pobrali več pridelka kot s skrajšanih grozdov, ob 3. pobiranju pa je tudi skupni tržni pridelek z neskrajšanih grozdov že presegel pridelek s skrajšanih grozdov. Pri vseh naslednjih pobiranjih je bil pridelek pri neskrajšanih grozdih večji kot pri skrajšanih grozdih, izjeme so bila 8., 9. in 11. Pobiranje, ko je bil pridelek pri neskrajšanih grozdih enak kot pri skrajšanih. Pri sorti Sakura je v letu 2011 pridelek neskrajšanih grozdov pri posameznih pobiranjih zaostajal za pridelkom skrajšanih grozdov do vključno 3. pobiranja, ob 4. pobiranju so bili pridelki pri vseh obravnavanjih izenačeni, od 5. do vključno 10. pobiranja smo pri neskrajšanih grozdih pobrali več pridelka kot pri skrajšanih grozdih, ob zadnjih dveh pobiranjih pa so bili pridelki med obravnavanji ponovno izenačeni. Skupni tržni pridelek pri neskrajšanih grozdih je pridelke pri skrajšanih grozdih dosegel ob 6. pobiranju, t.j. sredi avgusta. V letu 2012 je bila dinamika pridelka pri sorti Sakura nekoliko drugačna kot v letu 2011. V drugem letu poskusa so bili namreč pridelki posameznih obravnavanj ob 1. pobiranju izenačeni, že ob 2. pobiranju, t.j. sredi julija, smo pri neskrajšanih grozdih pobrali več pridelka kot pri skrajšanih in tako je ostalo do vključno 5. pobiranja. Od 6. do 10. pobiranja so bili pridelki različnih obravnavanj izenačeni, ob 11. pobiranju smo ponovno največ pridelka pobrali z neskrajšanih grozdov, ob zadnjem 12. pobiranju pa pri neskrajšanih grozdih pridelka ni bilo. Predstavljeni rezultati kažejo, da v je grozdih z večjim številom plodov dozorevanje posameznih plodov v grozdu manj izenačeno kot v grozdih z manjšim številom plodov. Ker spodnji plodovi v neskrajšanih grozdih dozorevajo kasneje, se pobiranje grozdov lahko zamakne. Tudi Ugovšek (2013) ugotavlja, da so z rastlin z neskrajšanimi grozdi ob prvih pobiranjih pobrali manj pridelka kot z rastlin pri katerih so bili grozdi skrajšani za 1/3 oz. 1/2 in to razlaga s počasnejšim dozorevanjem spodnjih plodov v neskrajšanih grozdih. Zanimivo je, da smo pri sorti Sweet Million v letu 2011 ob prvem pobiranju pri pobiranju posameznih plodov pobrali manj pridelka kot pri obravnavanjih s pobiranji celih skrajšanih grozdov. Sklepamo lahko, da je bilo zaradi večjega števila plodov v grozdu dozorevanje posameznih plodov upočasnjeno.

3.2 KAKOVOST PRIDELKA

Prikrajševanje grozdov je v obeh letih in pri obeh sortah značilno vplivalo tudi na maso grozdov in na povprečno maso posameznega ploda v grozdu ob spravilu (slika 3). V povprečju vseh etaž, v veliki večini primerov pa tudi po posameznih etažah, so bili najlažji grozdi prikrajšani na 8 plodov (181 g pri Sweet Million v 2011 in 239 ter 187 g pri sorti Sakura v 2011 in 2012), sledili so grozdi prikrajšani na 10 plodov oz. poljubno prikrajšani grozdi, še nekoliko težji so bili grozdi prikrajšani na 12 plodov, najtežji pa so bili grozdi, ki jih nismo prikrajševali (434 oz. 319 g pri sorti Sakura v letih 2011 in 2012). Ravno obratno kot za maso grozdov velja za maso plodov. V povprečju vseh etaž so bili najtežji plodovi v grozdih prikrajšanih na 8 plodov (20 g pri Sweet Million v 2011 in 28 ter 23 g pri sorti Sakura v 2011 in 2012) in najlažji plodovi v gozdih, ki smo jih pobirali cele (18 oz. 16 g pri sorti Sakura v letih 2011 in 2012). Razlike med posameznimi načini prikrajševanja so bile statistično značilne le pri sorti Sweet Million v letu 2011. Naši rezultati o masi plodov potrjujejo rezultate drugih avtorjev, ki so ugotovili, da so ob obremenitvi rastlin z večjim številom plodov posamezni plodovi manjši (Jones, 2008, Guimarães in sod., 2007) oz. da se z zmanjšanjem števila plodov v grozdu povprečna masa preostalih plodov poveča (Heuvelink in Buiskool, 1995). Kljub povečani masi posameznih plodov v skrajšanih grozdih se je v naših poskusih masa celih grozdov s prikrajševanjem zmanjšala, zato se je zmanjšal tudi pridelek. Tudi Guimarães in sodelavci (2007) so za debeloplodno sorto Kindyo, pri kateri so primerjali različne načine odstranjevanja socvetij in prikrajševanja rastlin, ugotovili, da je bil pri

rastlinah, ki jim socvetij in vrhov niso odstranili, delež debelih plodov manjši kot pri rastlinah, ki so jim odstranili bodisi vrh nad 6 etažo bodisi vsa socvetja nad 6 etažo, vendar pa razlike v tržnih pridelkih niso bile značilne.



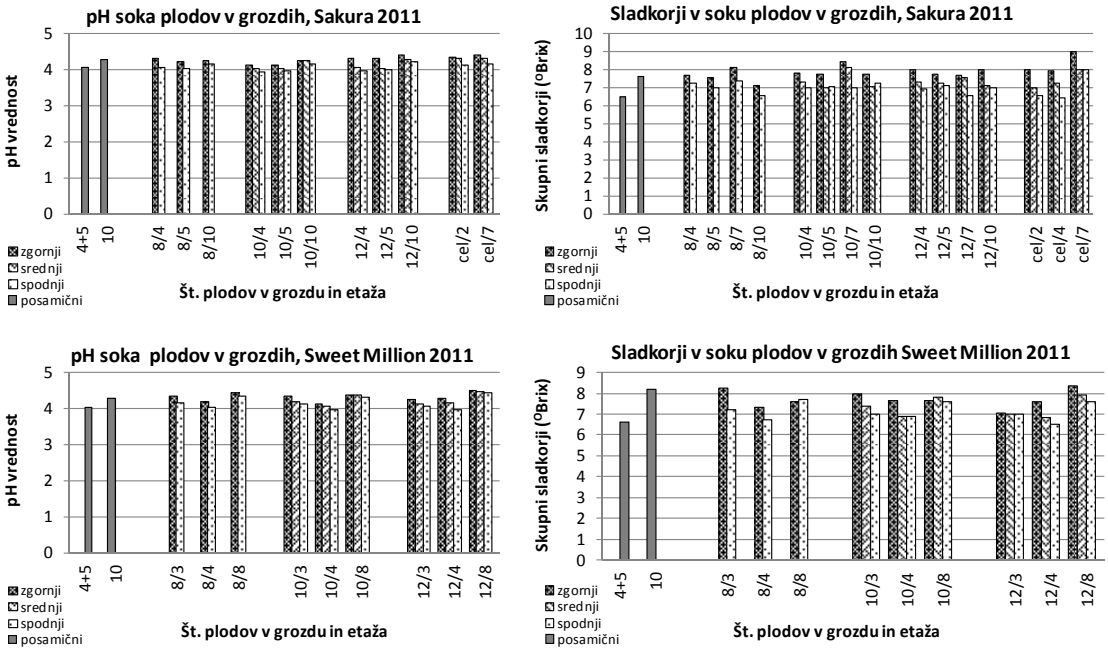
Slika 3: Masa grozda in povprečna masa ploda v grozdu; Sweet Million v 2011 (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi) in Sakura v 2011 (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi v primerjavi z neskrajšanimi grozdi) in 2012 (grozdi z 8 in 12 plodovi ter poljubno skrajšani grozdi v primerjavi z neskrajšanimi grozdi) po etažah

Kislost plodov, ki smo jo določali z merjenjem pH vrednosti soka, se je pri obeh sortah v letu 2011 gibala okoli 4, z refraktometrom določena vsebnost skupnih sladkorjev pa med 6,5 in 9,0 Brix (slika 4). Te vrednosti so v skladu z vrednostmi, ki jih navaja Jones (2008), ki pravi, da je pH plodov paradižnika običajno med 4,0 in 4,5, vrednosti Brix pri češnjevih paradižnikih pa med 8 in 10 %, pri debeloplodnih paradižnikih pa večinoma med 5 in 7 %. Položaj ploda v grozdu je pri obeh sortah pri vseh načinih prikrajševanja kot tudi pri neprikrajšanih grozdih sorte Sakura vplival na kislost plodov. Plodovi ob vrhu grozda so bili vedno manj kisli (višji pH) in bolj sladki (višji % Brix skupnih sladkorjev) kot plodovi na spodnjem delu grozda. Na osnovi teh vrednosti lahko sklepamo, da plodovi v grozdu niso bili enakomerno zreli, medtem ko večjih razlik med posameznimi načini prikrajševanja kot tudi med plodovi pobranimi v grozdih in posamično pobranimi plodovi ni bilo opaziti. Tudi Guimarães in sodelavci (2007) ugotavljajo, da tako prikrajševanje grozdov kot tudi prikrajševanje vrhov rastlin nista značilno vplivala na okus, pH in Brix vrednosti soka plodov.

4 Sklepi

Rezultati naših poskusov kažejo, da s prikrajševanjem grozdov sicer izboljšamo izenačenost (velikost, dozorevanje) plodov v grozdu, vendar pa s tem ukrepom, ki je tudi zelo zamuden,

močno zmanjšamo tržni pridelek. Za pobiranje celih grozdov je zato pri drobnoplodnih paradižnikih bolje že v izhodišču izbrati sorto z enostavnim in razmeroma majhnim grozdom in s čim bolj enakomernim zorenjem plodov v grozdu, tako da prikrajševanje ni potrebno. Prikrajševanje grozdov bi lahko bilo smiselno le na spodnjih in vrhnjih etažah, ko z zmanjšanjem obremenitve rastline pospešimo zorenje plodov in povečamo zgodnji oz. pozni pridelek.



Slika 4: Vrednost pH in vsebnost skupnih sladkorjev v plodovih paradižnika glede na položaj ploda v grozdu pri različno skrajšanih grozdih; Sweet Million (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi na etažah 4, 5 in 10 v primerjavi s pobiranjem posameznih plodov na etažah 4 in 5 oz. 10) in Sakura (grozdi z 8, 10 in 12 plodovi na etažah 4, 5 7 in 10 v primerjavi z neskrajšanimi grozdi na etažah 2 4 in 7 in z pobiranjem posameznih plodov na etažah 4 in 5 oz. 10) v 2011

5 Literatura

Bohner, J., Bangerth, F. 1988. Effects of fruit set sequence and defoliation on cell number, cell size and hormone levels of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.) within a truss. Plant Growth Regulation, 7(3): 141-155

Field, S., Nichols, M.A. 2004. Control of fruit size in hydroponic greenhouse tomatoes. Acta Hort. (ISHS), 648: 31-37

Guimarães, M.A., Silva, D.J.H, Fontes, P.C.R, Caliman, F.R.B, Loos, R.A, Stringheta, P.C. 2007. Produção e sabor dos frutos de tomateiro submetidos a poda apical e de cachos florais. Horticultura Brasileira, 25: 265-269

Heuvelink, E., Buiskool, R.P.M. 1995. Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. Annals of Botany, 75(4): 381-389

Jones, J.B. 2008. Tomato plant culture: in the field, greenhouse and home garden. CRC Press, Boca Raton, druga izdaja: 55-128

Ugovšek, D. 2013. Gojenje drobnoplodnega pradižnika (*Lycopersicum esculentum* L.) na kameni volni s prikrajševanjem cvetnih grozdov. Diplomsko delo, Visokošolski strokovni študij - 1. stopnje Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 29 str.

Ugrinović, K., Škof, M. 2012. Drobnoplodni paradižnik. Kmečki glas, 69 (2): 9

Statgraphics Centurion XVI. 2009. Statpoint Technologies, Inc. Warrenton, Virginia

Zasnova pilotnega akvaponskega sistema za spremljanje mineralizacije fosforja pri različnih pH

Vesna MILIČIĆ[89], Matej LESKOVEC[90], Gašper JERŠIN[91], Kevin HARTMAN[92]

Izvleček
Akvaponika je hkratna pridelava rib in zelenjave, kjer rastline pridobivajo hranila iz ribjih izločkov, pri tem pa s pomočjo mikrobov čistijo vodo, v kateri bivajo ribe. Akvaponska pridelava hrane ima v primerjavi s konvencionalnimi načini pridelave številne prednosti, kot npr. do 90 odstotkov manjša poraba vode in hitrejša rast rastlin. Poleg tega je akvaponika optimalna tehnologija za pridelavo hrane v urbanih okoljih in okoljih s slabšimi tlemi, saj je neodvisna od zemeljskega substrata. V prispevku se osredotočamo na pomen biološkega filtra in nadzora pH ter drugih parametrov vode, ki omogočajo optimalen razvoj in delovanje biološkega filtra. V ta namen smo razvili digitalni nadzorni sistem, ki omogoča nadzor pH in kontinuirano spremljanje pH, temperature vode in relativne zračne vlažnosti. V prispevku so predstavljeni preliminarni rezultati mikrobiološkega poskusa, v katerem smo preučevali vpliv pH na mineralizacijo fosforja v delujočem akvaponskem sistemu.
Ključne besede: akvaponika, bakterijske združbe, mineralizacija fosforja, biološki filter, vpliv pH, digitalni nadzorni sistem

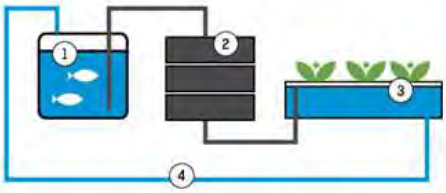
Design of an aquaponic system for monitoring the mineralization of phosphorus at different pH

Abstract
Aquaponics is food production that combines aquaculture and plants production in a closed loop system. The plant's nutrients are obtained from fish waste whilst microbes clean the water in which the fish are kept. Aquaponics food production has numerous advantages compared to conventional food production, for example it consumes up to 90 percent less water, provides higher yields and faster plant growth. In additon, aquaponics is the optimum technology for the production of food in areas with poor soils or where land cost is at premium, such as in urban areas or arid climates, since it is independent of the soil substrate. In this paper we focus on the role of biological filter and automation control of pH and other parameters of water to ensure optimal development and functioning of the biological filter. To this end, we have developed a digital control system which allows control of the pH with continuous monitoring of pH, water temperature and relative humidity. Furthermore the prelimenary results of microbiological experiment in which the influence of pH on phosporous mineralisation in operating aquaponic system was studied, are presented in this paper.
Keywords: aquaponics, bacterial communities, mineralisation of phosporous, biological filter, influence of pH, digital control system

1 Uvod

Akvaponika je inovativen način pridelave hrane, ki se vedno bolj uveljavlja v svetu visokotehnološkega kmetijstva. V svoji osnovi je akvaponika dobro premišljena kombinacija elementov akvakulture (gojenje vodnih organizmov) in hidroponike (gojenje rastlin brez zemlje v inertnem substratu), kjer s pomočjo biofiltracije ustvarjamo tok snovi med obema deloma sistema. To nam omogoča učinkovito gojenje rib in zelenjave v zaprtem sistemu (slika 1).

[89] Dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: vesna.milicic@bf.uni-lj.si
[90] Dipl. inž. agr., Ponika, raziskave in razvoj, Zbure 39, 8220 Šmarješke Toplice, e-pošta: matej@ponnod.com
[91] Univ. dipl. biol., prav tam, e-pošta: gasper.jersin@ponnod.com
[92] Univ. dipl. inž. bioteh., prav tam, e-pošta: kevin.hartman@ponnod.com



Slika 1: Shematski prikaz delovanja akvaponskega sistema (Leskovec, 2013)

Ribe v vodo izločajo odpadne produkte, ki nastanejo pri prebavi hrane (1). Te odpadne produkte, bakterije (2) pretvarjajo v oblike (npr. nitrat), ki so manj strupene za ribe, obenem pa so hranila za rast rastlin (3). Tako rastline očistijo vodo, v kateri živijo ribe in s tem pridobijo hranila za svojo rast. Vse to se dogaja v zaprtem sistemu, v katerem voda kroži med različnimi elementi (4). V praksi to pomeni, da se izognemo gnojenju in zalivanju rastlin, zmanjšamo obremenitev okolja ter v enovitem procesu gojimo tako zelenjadnice kot ribe. Postavitev in vodenje komercialnih akvaponskih sistemov zahteva združevanje različnih inženirskih znanj s področja recirkulacijske akvakulture in hidroponike. Prednosti učinkovitega združevanja akvakulture in hidroponike so manjša poraba vode, večja učinkovitost biofiltracije vode s pomočjo rastlin, manjši vpliv na okolje in povečan profitni potencial ob skupni pridelavi zelenjave in rib (Rakocy in sod., 2006).

1.1 POMEN BAKTERIJSKIH ZDRUŽB V AKVAPONSKEM SISTEMU

Bakterije v biofiltru so ključen element akvaponskega sistema, saj sodelujejo pri mineralizaciji organskih snovi iz ribjih izločkov in pretvorbi amonijaka (NH_4^+), ki ga prav tako izločajo ribe, v nitrat (NO_3^-), ki ga lahko porabijo rastline za svojo rast. Bakterijska aktivnost direktno pogojuje uspešnost delovanja akvaponskega sistema. Bakterije tvorijo biofilm na površini filtrirnega materiala biofiltra, zato je ta zasnovan tako, da omogoča čim večjo površino za naselitev bakterij. V primeru akvaponske pridelave se kot substrat pogosto uporablja ekspandirana glina, ki je zelo porozen material z veliko specifično površino, t.j. površino na enoto volumna.

V poskusu, ki so ga opravili Moccia in sod. (2007), so pokazali, da organska snov v izločkih postrvi v povprečju vsebuje 3,97 % N, 2,87 % P in 0,30 % K. Večino dušika ribe izločijo v obliki amonijaka skozi škrge, kot odpadni produkt metabolizma proteinov, ta se raztopi v vodi in je toksičen za ribe. Fosfor, kalij in preostali dušik pa se izločijo vezani na organsko snov v ribjih izločkih, ki v vodi tvori usedline skupaj z ostanki hrane in flokuli bakterij.

NH_4^+ raztopljen v vodi, nitrifikacijske bakterije iz rodov *Nitrosomonas* in *Nitrospira*, najprej oksidirajo v nitrit, tega pa nato v rastlinam dostopen nitrat (Kessel in sod., 2010). Celotna kemijska enačba procesa je sledeča (Schreier in sod., 2010):

1) $NH_4^+ + 1{,}5O_2 \rightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O$
2) $NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e$

Kot vidimo gre za dvostopenjnski proces. Rod *Nitrosomonas* sodeluje pri prvem delu pretvorbe, rod *Nitrospira* pa pri drugem. Proces je zelo občutljiv na spremembe temperature in pH, zato moramo te parametre v akvaponskem sistemu skrbno nadzorovati. Vpliv pH in temperature na proces nitrifikacije je že zelo dobro preučen (Chen in sod., 2006). Iz enačb vidimo, da med samim procesom nastajajo vodikovi (H^+) ioni, ki povzročijo, da se pH v vodi stalno niža. V sistem zato dodajamo $Ca(OH)_2$ in KOH, ki delujeta kot bazi in višata pH. Poleg nadzora pH sta $Ca(OH)_2$ in KOH tudi vir Ca in K, ki ju v akvaponiki pogosto primanjkuje (Losordo in sod., 1998).

Mineralizacijo organskih snovi opravljajo heterotrofne bakterije iz različnih rodov, ki naseljujejo biofilter (Panosso, 2001; Michaud in sod., 2014) Te iz večjih organskih molekul odcepljajo fosfor in kalij, ki se nato raztopita v vodi, iz katere ga pridobijo rastline. Raziskave so pokazale (Michaud in sod., 2006; Michaud in sod., 2014), da nitrifikacijske in heterotrofne bakterije tekmujejo za prostor v biofiltru. Uspešnost enih in drugih je močno odvisna od C:N razmerja odpadlih snovi, ki pridejo do bakterij. Večji kot je del ogljika v usedlinah, večji je del heterotrofnih bakterij v filtru.
Fokus bioloških filtrov v akvakulturi je na učinkovitosti nitrifikacije, zato je področje mineralizacije organske snovi v biofiltrih slabše razvito in raziskano. Zaradi tega dejstva smo se odločili, da bomo v naši pilotni raziskavi spremljali heterotrofne bakterije, ki mineralizirajo organsko vezan fosfor v ortofosfatni ion (PO_4^{3-}), ki ga privzemajo rastline. Predvsem nas je zanimal vpliv pH na proces mineralizacije.

1.2 POMEN pH V AKVAPONSKEM SISTEMU

Optimalni operacijski pH vode akvaponskega sistema je v območju od 6,8 do 7,0. Gre za kompromisno območje med optimalnim pH za hidroponsko gojenje rastlin (od 5,5 do 6,5) in optimalnim območjem za proces nitrifikacije (od 7,5 do 9,0) (Tyson in sod., 2008). Pri pH nad 7 prihaja do prehajanja Fe^{2+}, PO_4^{3-}, Ca^{2+}, Mn^{2+} and Mg^{2+} v netopne in rastlinam nedostopne oblike. Poleg vpliva na topnost in dostopnost hranil rastlinam ter vpliva na proces nitrifikacije ima pH vpliv tudi na druge komponente akvaponskega sistema (heterotrofne bakterije, ribe) in dinamiko drugih parametrov vode (npr. toksičnost amonijaka). Akvakulturne ribje vrste lahko živijo v širokem območju pH (od 6,5 do 9,0), občutljive pa so na večja hitra nihanja pH. Do potencialnega nevarnega efekta pH na ribe prihaja posredno predvsem preko visoke koncentracije ne-ioniziranega amonijaka in akumulacije nitrita pri višjem pH (nad 8). Pri višjem pH več amonijaka prehaja v ne-ionizirano obliko (NH_3), ki je toksična za ribe že pri nizkih koncentracijah. Do toksičnih koncentracij ne-ioniziranega amonijaka lahko pride predvsem v mlajših akvaponskih sistemih z nezadostno razvitim biofiltrom (nitrifikacijo) in visokim pH. Visok pH (okoli 8) je znak alkalnosti in visoke trdote ter s tem visoke puferske kapacitete vhodne vode (vodovod) akvaponskega sistema. Visok pH vpliva tudi na akumulacijo intermediata nitrifikacije nitrita (NO^{2-}), ki je pri nizkih koncentracijah lahko toksičen za ribe in tudi rastline (Tyson in sod., 2008). Iz navedenih primerov vpliva pH na procese v akvaponskem sistemu je jasno, da je spremljanje in uravnavanje pH ključnega pomena.

2 Postavitev testnega akvaponskega sistema in razvoj digitalnega nadzornega sistema

Za namene mikrobiološkega poskusa in razvoja avtomatskega nadzornega sistema smo v kletnih prostorih Biotehniške fakultete postavili dva ločena testna akvaponska sistema (slika 2). Sistema smo izdelali iz dveh 1000 L plastičnih IBC zabojnikov. Sistem sestoji iz cisterne za ribe z volumnom vode cca. 350 L nad katero je rastna greda z rastno površino 1 m^2. Rastna greda je napolnjena z 250 l ekspandirane gline, ki predstavlja inerten hidroponski substrat in biološki filtrirni material. Gre za poplavni akvaponski sistem (ang. flood and drain) z avtomatskim zvonastim sifonom, ki omogoča intervalno polnjenje in hitro odtekanje vode iz rastne grede. Intervalno poplavljanje in praznjenje rastne grede omogoča dobro prehajanje kisika v vodo in s tem dobre pogoje za razvoj biološkega filtra in korenin rastlin. Vodna črpalka v posameznem sistemu ustvarja pretok vode v rastno gredo okoli 600 l/h. Vodna črpalka je nameščena v sredini cisterne za ribe in ima nameščen T element z ventilom, ki omogoča krožen tok vode znotraj cisterne za ribe. Krožen tok vode in aktivnost rib povzroča zbiranje usedlin v okolici črpalke, od koder se prečrpavajo v rastno gredo. Za dodatno

prezračevanje sistemov je bila nameščena tudi zračna črpalka z difuzorji z možnostjo nastavitve pretoka zraka v posamezen sistem do 300 l/h. Zaradi lokacije sistemov (kletni prostori) je bila potrebna namestitev osvetlitvenega sistema za notranjo vzgojo rastlin. Osvetlitev za posamezen sistem sestoji iz 400 W metal halogene sijalke, reflektorja in elektronske dušilke.

Slika 2: Testni IBC akvaponski sistem v kletnih prostorih oddelka za agronomijo (Miličić, 2014)

Pred vnosom rib je bilo potrebno zagotoviti, da se nitrifikacijska bakterijska združba dobro razvije. Temu zagonu biofiltra rečemo tudi ciklanje. Med ciklanjem najprej naselimo bakterije iz rodu *Nitrosomonas*, nato pa še bakterije iz rodu *Nitrospira*. Med ciklanjem sistema smo merili vsebnost NH_4^+, NO_2^- in NO_3^- v vodi z API-testnim kitom za merjenje kvalitete sladke vode. Meritve so pomembne, saj nam povedo, kdaj se nitrifikacijska združba bakterij v biofiltru v celoti vzpostavi. Kot začeten vir amonijaka za nitrifikacijske bakterije smo uporabili ureo (46 %), in sicer v koncentraciji 5 mg/L vode. Urea čez čas razpade v amonijak, ta pa predstavlja osnoven vir energije za prve bakterije, ki se naselijo.
Po opravljenem zagonu biofiltra je bilo v vsak sistem vnešenih pet krapov (*Cyprinus carpio*) s skupno maso 1,35 kg in 1,31 kg na sistem. Ribe so bile hranjene z ekstrudirano hrano za krapovce v količini 1 % njihove telesne teže na dan. V tem času smo v hidroponski del sistema zasadili sadike solate (*Lactuca sativa*), kitajskega zelja (*Brassica rapa, ssp. chinensis*) in v prazne vmesne prostore posejali vrtno krešo (*Lepidium sativum)***.** Zaradi ponovljivosti med sistemoma je bilo v vsak sistem posajeno enako število posameznih vrtnin.
S postavitvijo dveh sistemov smo zagotovili dva ločena testna biofiltra, na katerih smo lahko preučevali vpliv pH na rast in aktivnost heterotrofnih bakterij, ki sodelujejo pri mineralizaciji fosforja. Za zagotavljanje stalnega pH, smo razvili digitalni nadzorni sistem, ki nam je tekom poskusa omogočal vodenje akvaponskih sistemov pri različnih operacijskih pH. Nadzorni sistem je sestavljen iz mikrokrmilnika Funduino Mega 2560, na katerega so povezani ethernet razširitev, senzorji za pH, temperaturo vode in relativno zračno vlažnost. Senzorji kontrolni enoti sporočajo vrednost pH, ta pa upravlja dve peristaltični črpalki, ki v vodo izmenično dozirata $Ca(OH)_2$ in KOH, in s tem uravnavata pH vrednost vode. Poleg nadzornega sistema smo razvili tudi programsko opremo, s katero lahko določimo raven pH, ki jo želimo vzdrževati v izbranem sistemu. Vzpostavljen je bil uporabniški internetni vmesnik, ki prikazuje meritve vseh delujočih senzorjev v tabelarični in grafični obliki.

3 Zasnova mikrobiološkega poskusa

S tem pilotnim projektom smo želeli postaviti osnovo in vpeljati metodologijo za nadaljnje raziskave bakterijskih združb. Vpliv pH na mineralizacijo fosforja smo spremljali s štetjem fosfor mineralizirajočih bakterij na selekcijskih gojiščih in določanjem aktivnosti alkalne fosfataze. Združbo smo primerjali pri pH od 6 do 8, z 10 dnevnim intervalom vzorčenja. pH smo počasi spremenili za 0,2 in čakali 10 dni na prilagoditev združbe, nakar smo vzeli vzorce in ponovno spremenili pH. Enega izmed sistemov smo stalno vodili pri pH 7, kar je služilo kot kontrola na običajne razmere v akvaponskem sistemu. Za namene vzorčenja je bil v sisteme na izbranih mestih (v obeh sistemih na enaki globini poleg sifona) vnešen filtrirni material Siporax (sintrano steklo), ki zagotavlja ponovljivost vzorcev. Posamezen kos Siporaxa ima za razliko od kroglic ekspandirane gline namreč primerljivo specifično površino za naselitev bakterij. Posamezen odvzem vzorcev zajema tri ponovitve odvzema dveh kosov Siporaxa skupaj z 20 ml vode iz biofiltra vsakega sistema. Z uporabo vortex mešalnika (1 min) smo iz vzorca biofiltra suspendirali pritrjene bakterije in pripravili redčitveno vrsto do 10^{-7} za nacepljanje ustreznih redčitev na plošče in določanje aktivnosti alkalne fosfataze.
Veliko truda smo vložili v optimizacijo bakterijskih gojišč, na katerih bi lahko selektivno gojili bakterije, ki mineralizirajo organski fosfor. Po pregledu ustrezne literature (Satta in sod., 1979; Zhou in sod., 2011) in optimizaciji sestave selekcijskih gojišč smo se odločili za uporabo naslednjih formulacij gojišč: gojišče 1: (za 1 L gojišča) glukoza 10 g, fenolftalein bifosfat 0,2 g, barvilo Methyl-Green 0,05 g, $CaCO_3$ 5 g, NaCl 0,3g, $(NH_4)2SO_4$ 0,5 g, MgSO4 0,3 g, KCl 0,3 g, $MnSO_4$ 0,03 g, $FeSO_4$ 0,03g, agar 15 g, destilirana voda do 1000 ml in gojišče 2: (za 1 L gojišča) glukoza 10 g, emulzija jajčnega rumenjaka 50 ml, $CaCO_3$ 5 g, NaCl 0,3g, $(NH_4)2SO_4$ 0,5 g, $MgSO_4$ 0,3 g, KCl 0,3 g, $MnSO_4$ 0,03 g, $FeSO_4$ 0,03g, agar 15 g, destilirana voda do 1000 ml.
Na gojišču 1 rastejo samo mikroorganizmi, ki so sposobni odcepiti fosfat iz molekule fenolftalein bifosfata. Ta cepitev poteka s pomočjo encima fosfataze. Zaradi neznanega razloga se skupaj z odcepljenim fosfatom v bakterijsko celico transportira tudi molekula zelenega barvila, kar povzroči zeleno obarvanje celice. Zeleno obarvanje nam omogoča, da jasno ločimo kolonije, ki izločajo encim fosfatazo od ostalih, ki tega encima ne izločajo. Na gojišču 2 rastejo samo mikroorganizmi, ki so sposobni mineralizacije organskega fosforja, katerega vir je emulzija jajčnega rumenjaka. V okolici bakterij, ki izločajo encim v okolje, je jasno vidna cona hidrolize jajčnega rumenjaka.
Aktivnost alkalne fosfataze smo merili z uporabo para-nitrofenilfosfata (p-NPP), ki smo ga uporabili kot substrat za encim. Produkt cepitve fosforja z molekule p-NPP je para-nitrofenil (p-NP), ki se v vodni raztopini obarva rumeno. Količino p-NP lahko izmerimo spektrofotometrično, kot absorbcijo pri 405nm in pripravo umeritvene krivulje. Količina p-NP je direktno povezana z aktivnostjo fosfataze v vzorcu (Kannapiran in Ravindran, 2012). 1 ml p-NPP substrata (Sigma-Aldrich) smo zmešali z 0,5 ml bakterijske suspenzije vzorca biofiltra. Po 24 h inkubacije pri 30°C smo reakcijo ustavili z 0,5 ml 1M NaOH in količino p-NP v vzorcu izmerili spektrofotometrično.

4 Rezultati z diskusijo

4.1 POTEK POSKUSA

Raziskava je potekala od začetka aprila do konca septembra 2014. V tem času nam je uspelo vzpostaviti akvaponski sistem in digitalni nadzorni sistem, ter opraviti preliminarna testiranja metodologije. V drugem tednu septembra, v ključnem času izvajanja poskusa (odvzem mikrobioloških vzorcev) je prišlo do odpovedi pH senzorja, zato je bil nemogoč nadzor pH v

enem izmed sistemov do dobave novega senzorja, ki v povprečju traja dva tedna. V noči iz 21. na 22. oktober so kletne prostore oddelka za agronomijo poplavile narasle vode in zaradi kontaminacije vode v sistemu in uničenja dela opreme smo bili prisiljeni prekiniti izvajanje poskusa. Zaradi prekinitve poskusa primerjave med obema sistemoma pri različnem pH ni bilo možno izvesti.

4.2 ZAGON AKVAPONSKEGA SISTEMA

Vodo uporabljeno v akvaponskem sistemu smo pridobili iz vodovoda oddelka za agronomijo. pH v začetku poskusa je bil 8,2. Po dodatku uree smo opazili povečevanje koncentracije amonijaka, ki pa je začela po dveh tednih padati. V tem času je začela naraščati koncentracija nitritov. V šestem tednu je tudi koncentracija nitrita padla, nadomestil pa ga je nitrat. Ko s testnim kitom nismo več zaznali amonijaka, smo v vodo ponovno dodali ureo in opazovali, kako hitra je pretvorba v nitrat. Pretvorba se je zgodila v roku šestih ur, kar pomeni, da sistem lahko varno sprejme ribe in pretvori ves amonijak, ki ga izločajo. Celoten proces ciklanja je trajal skoraj dva meseca, kar je dalj časa kot je bilo predvideno. Daljši čas zagona pripisujemo nizkim temperaturam v kletnih prostorih. Znano je, da nizke temperature močno upočasnijo rast in aktivnost nitrifikacijskih bakterij (Chen in sod., 2006). V času zagona sistema je pH padel na 7,4, zaradi delovanja nitrifikacijskih bakterij.

4.3 REZULTATI MIKROBIOLOŠKEGA POSKUSA

Z vidika štetja bakterijskih kolonij se je bolje izkazalo Gojišče 1, kjer so bile plošče števne in primerljive med sistemoma pri redčitvah 10^{-2}, 10^{-3} in 10^{-4}. Pri Gojišču 2 so zrasle kolonije v času inkubacije prerasle preveliko površino (neštevne plošče). Dodatno težavo pri ploščah z Gojiščem 2 so predstavljale kontaminacije s plesnimi, ki so izvirale iz samega vzorca vode biofiltra. Število bakterij na ploščah so v začetnih poskusih optimizacije gojišč v povprečju dosegale $1{,}31 \times 10^{3}$ CFU[93]/ml suspenzije pridobljene iz vzorca biofiltra.
Aktivnost fosfataze v obeh sistemih je bila podobna in je v začetnih poskusih v povprečju znašala 1,55 mM P /ml bakterijske suspenzije na dan. Zaradi opisanih razlogov načrtovana primerjave aktivnosti fosfataze pri različnem pH ni bilo možno izvesti.

5 Sklepi

V akvaponskih sistemih so bakterije v biofiltru ključnega pomena, saj sodelujejo pri mineralizaciji organskih snovi iz ribjih izločkov in pretvorbi amonijaka, ki ga izločajo ribe skozi škrge, v nitrat, ki je dostopen rastlinam. Mineralizacija fosforja v akvaponskem filtru je še dokaj neraziskana, zato smo na Biotehniški fakulteti, oddelku za agronomijo postavili pilotni akvaponski sistem, na katerem smo preučevali vpliv pH na razvoj in delovanje bakterijske združbe. Poleg samega sistema smo razvili tudi digitalni nadzorni sistem, ki omogoča nadzor pH in kontinuirano spremljanje pH, temperature vode in relativne zračne vlažnosti. Razvit nadzorni sistem lahko služi za avtomatizacijo in vodenje komercialnih akvaponskih sistemov.
V času trajanja projekta smo optimizirali selekcijska bakterijska gojišča in uspešno vpeljali metodologijo za spremljanje fosfor mineralizirajočih bakterij z gojenjenjem na ploščah ter spremljanjem aktivnosti fosfataze. Zaradi nepričakovanih težav s pH sondami in poplavami na oddelku za agronomijo, znanstveno relavantnih in ponovljivih rezultatov o vplivu pH na proces mineralizacije fosforja ni bilo mogoče pridobiti. S postavljenim pilotnim sistemom

[93] CFU-colony forming units: kolonijska enota (mikrobna celica ali skupek celic), iz katere se razvije posamezna kolonija. Število mikroorganizmov v določenem vzorcu izražamo s številom CFU na enoto vzorca zlasti takrat, kadar so mikroorganizmi v parih, verižicah ali gručah.

smo ustvarili mesto, kjer se lahko zainteresirani študentje in raziskovalci pobliže spoznajo z delovanjem akvaponskih sistemov in tudi sami opravljajo raziskovalno delo, ki bi prispevalo k boljšem znanju o obravnavani temi. Menimo, da je možnosti za razvoj na tem področju akvaponike še veliko in postavljen pilotni sistem predstavlja dobro izhodišče za nadaljne raziskave.

Zahvala
Raziskava je bila delno financirana s strani Evropske unije, in sicer iz Evropskega socialnega sklada v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, 1. razvojne prioritete »Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti« ter prednostne usmeritve 1.3. »Štipendijske sheme«, v okviru potrjene operacije »Po kreativni poti do praktičnega znanja«.

6 Literatura

Chen, S., Ling, J., Blancheton J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. Aquacultural Engineering, 34: 179-197

Kannapiran, E., Ravindran, J. 2012. Dynamics and diversity of phosphate mineralizing bacteria in the coral reefs of Gulf of Mannar. Journal of Basic Microbiology, 52: 91-98

Kessel, M.A.H.J., Harhangi, H.R., Pas-Schoonen, K., Vossenberg, J., Flik, G., Jetten, M.S.M., Klaren, P.H.M., Op den Camp, H.J.M. 2010. Biodiversity of N-cycle bacteria in nitrogen removing moving bed biofilters for freshwater recirculating aquaculture systems. Aquaculture, 306: 177-184

Leskovec, M. 2013. Osebni arhiv

Losordo, T.M., Masser M.P., Rakocy, J. 1998. Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations. SRAC Publication No. 451: 1-6

Michaud, L., Blancheton, J.P., Bruni, V., Piedrahita, R. 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. Aquaculture Engineering, 34: 224-233

Michaud, L., Giudice, A.L., Interdonato, F., Triplet, S., Ying, L., Blancheton, J.P. 2014. C/N ratio-induced structural shift of bacterial communities inside lab-scale aquaculture biofilters. Aquaculture Engineering, 58: 77-87

Miličić, V. 2014. Osebni arhiv

Moccia, R., Bevan, D., Reid, G. 2007. Composition of fecal waste from commercial trout farms in Ontario: macro and micro nutrient analyses and recommendations for recycling. Final report, Aquaculture centre, University of Guelph

Panosso, R. 2001. The role of extracellular phosphatases in aquatic environments. Oecologia Brasiliensis-Aquatic Microbial Biology in Brazil, 9: 3-56

Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo, T.M. 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. SRAC Publication, No. 454: 1-16

Satta, G., Grazi, G., Veraldo, P.E., Fontana, R. 1979. Detection of bacterial phosphatase activity by means of an original and simple test. Journal of Clinical Pathology, 32: 391-395

Schreier, H.J., Mirzoyan, N., Saito, K. 2010. Microbial diversityof biological filters in recirculating aquaculture systems. Current Opinion in Biotechnology, 21: 318-325

Tyson, R.V., Simonne, E.H., Treadwell, D.D., White, J.M., Simonne, A. 2008. Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. HortScience, 43: 719-724

Zhou, C., Song, C., Huang, D., Liu, Y., Cao, X., Cao, X., Zhou, Y. 2011. Isolation and characterization of organic phosphorus mineralizing bacteria in sediment of a Chinese large shallow eutrophic lake (Lake Taihu). Geomicrobiology Journal, 28: 660-666

Vpliv hranilne raztopine na morfometrične in biokemične lastnosti siljenega radiča (*Cichorium intybus* L.)

Lovro SINKOVIČ[94], Janez HRIBAR[95], Rajko VIDRIH[96], Dragan ŽNIDARČIČ[97]

Izvleček
Poskus hidroponskega siljenja radiča v Centralnem raziskovalnem rastlinjaku Biotehniške fakultete v Ljubljani smo izvedli z namenom, da bi preučili vpliv različnih hranilnih raztopin na morfometrične lastnosti in kemijsko sestavo različnih sort radiča. Predhodno smo v njivskem poskusu pridelali odebeljene korene rdečih (Treviški, Verona in Anivip), pisanih (Castelfranco) in zelenih (Monivip) sort radiča. Očiščene, odebeljene korene smo hidroponsko silili v treh različnih hranilnih raztopinah, obogatenih z gnojili s poudarkom na dušiku, fosforju in/ali kaliju. Vsako gnojilo smo raztopili v vodi tako, da smo dobili hranilne raztopine s tremi različnimi koncentracijami gnojil: 1 %, 2 % in 3 %. Siljenje je potekalo 25 dni pri temperaturi med 10 in 15 °C. Ob pobiranju pridelka smo merili morfometrične lastnosti (višina, širina in število listov) in maso posameznih rastlin vsakega obravnavanja. V nadaljevanju smo analizirali nekatere biokemične parametre v listih siljenih radičev: sušino, vsebnost skupnih fenolov, skupnih flavonoidov in antioksidacijski potencial (AOP). Najvišjo vsebnost fenolov in flavonoidov so imele rastline gojene v hranilni raztopini obogateni s kalijem, največji AOP pa rastline v hranilni raztopini obogateni z dušikom v obliki N-NO_3 15,5 %. Dodatek fosforja je značilno vplival na višino rozet in število listov, dodatek kalija pa na pridelano in širino rozet.
Ključne besede: siljen radič, *Cichorium intybus*, fenoli, AOP, flavonoidi, pridelek

Influence of nutrient solution on morphometric and biochemical parameters of forced chicon (*Cichorium intybus* L.)

Abstract
The experiment of hydroponic forcing of chycory in the Central research greenhouse Biotechnical Faculty in Ljubljana was carried out in order to examine the effect of different nutrient solutions on the morphometric characteristics and chemical composition of different cultivars. In the open field experiment we produced developed, thickened roots of red (Treviški, Verona and Anivip), red-spotted (Castelfranco) and green (Monivip) cultivars of chicory. Cleaned thickened roots were hydroponically forced in three different nutrient solutions enriched with fertilizers with an emphasis on nitrogen, phosphorus and/or potassium. Each fertilizer was dissolved in water in way, that we got the nutrient solution with three different concentrations of fertilizer: 1 %, 2 % and 3 %. Forcing process was carried out for 25 days at the temperature between 10 °C and 15 °C. At harvest, we measured morphometric characteristics (height, diameter and number of leaves) and the net mass of individual plant of each treatment. In addition, we studied some biochemical parameters in the leaves of forced radicchio, named chicon: dry matter, content of total phenols, total flavonoids and antioxidative potential (AOP). The highest content of phenols and flavonoids was determined for plants grown in nutrient solution enriched with potassium; and the highest AOP for plants grown in nutrient solution enriched with nitrogen in form N-NO_3 15.5 %. The addition of phosphorus significantly affected the rosette height and the number of leaves, while the addition of potassium affected the mass and the diameter of the chicory rosette.
Key words: chicon, *Cichorium intybus*, phenols, AOP, flavonoids, yield.

[94] Dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: lovro.sinkovic@gmail.com
[95] Prof. dr., prav tam, e-pošta: janez.hribar@bf.uni-lj.si
[96] Prof. dr., prav tam, e-pošta: rajko.vidrih@bf.uni-lj.si
[97] Doc. dr., prav tam, e-pošta: dragan.znidarcic@bf.uni-lj.si

1 Uvod

Radič (*Cichorium inytibus* L.) je značilna sredozemska kultura, ki spada med radičevke in v rod *Cichorium*. Ta zelenjadnica, ki se že stoletja uživa kot listna zelenjava, postaja, predvsem zaradi vsebnosti bioaktivnih snovi, vse bolj priljubljena tudi v nemediteranskih kuhinjah. Pridelovanje radiča je lahko večnamensko. Izbira načina gojenja pa je odvisna od potreb trga in navad pridelovalcev. Za prehrano se največkrat uporabljajo listi, rozete ali glavice v različnih barvnih odtenkih (Papetti in sod., 2013). V zimskih mesecih je še posebej priljubljen siljen radič, ki je vedno veljal za delikateso in temu primerno dosegal visoko ceno.
Pridelovanje radiča kot vrtnine ima v Sloveniji dolgo tradicijo, saj ga gojimo že več kot sto let (Žnidarčič in sod., 2004). Potrošniki imajo na izbiro zelene, pisane ali rdeče glavnate, rozetaste in siljene tipe radičev (Osvald in Kogoj-Osvald, 1999). Uživanje te solatnice je zanimivo s prehranskega stališča, predvsem zaradi antioksidantov, ki imajo preventivno vlogo pri preprečevanju različnih bolezni, predvsem kardiovaskularnih obolenj. Vsebnost aktivnih spojin je zelo odvisna od sorte, pogojev pridelovanja in od skladiščnih razmer (Žnidarčič in sod., 2011).
Siljenje radiča je eden od gospodarsko pomembnejših načinov pridelave te vrtnine, kjer iz odebeljenih korenov v temi pridelamo mlade liste, rozete oziroma glavice (Vanstreels in sod., 2002). V Sloveniji za to vrsto pridelka uporabljamo izraz siljen radič, njegov angleški sinonim pa je »chicon«.
Številne raziskave potrjujejo, da sveža listna zelenjava vsebuje pomembne funkcionalne sestavine hrane, predvsem prehranske vlaknine in biološko aktivne spojine, vključno s polifenoli in flavonoidi. S prehranskega stališča so antioksidanti, predvsem fenolne spojine, najbolj pomembni, saj imajo varovalni učinek pred številnimi kroničnimi boleznimi (Papetti in sod., 2013).
V naši raziskavi smo želeli preveriti, ali sorta in sestava hranilne raztopine za hidroponsko siljenje vplivata na morfometrične lastnosti, sintezo biokemičnih snovi (skupnih fenolov, flavonoidov) in antioksidacijski potencial (AOP), ki so pomembni s prehranskega stališča.

2 Material in metode dela

Korene radičev za hidroponsko siljenje smo pridelali v Vrhovem v Posavju ob reki Savi na srednje težkih tleh. Semena radičev smo 29. junija 2011 posejali z ročno sejalnico na medvrstno razdaljo 65 cm, približno 1 cm globoko. Semena posamezne sorte smo posejali na površino 150 m^2 tako, da je bil celoten poskus zastavljen na površini 750 m^2.
Za 1. dognojevanje smo uporabili 400 kg/ha gnojila Multi-K-Mg (NPK 12-0-42 + 2 % MgO) in za 2. dognojevanje 200 kg/ha gnojila kalcijev nitrat (NPK 15,5-0-0 + 26 % CaO). V začetku avgusta smo radič ročno okopali in razredčili na razdaljo 30 cm v vrsti. Vremenske razmere med poskusom so bile ugodne, tako da smo do pozne jeseni pridelali lepo razvite in oblikovane korene. Rastline smo 19. novembra 2011 ročno izkopali z vilami in jih pustili ob njivi približno deset dni v skladu s tradicionalno metodo siljenja. Korene smo za nadaljnje hidroponsko siljenje očistili in odrezali na dolžino 15 cm, liste pa odstranili tako, da smo pustili rastni vršiček nepoškodovan.
Pripravljene korene smo hidroponsko silili v Centralnem raziskovalnem rastlinjaku Biotehniške fakultete v Ljubljani. Siljenje je potekalo v času od sredine decembra 2011 do sredine januarja 2012 (25 dni). Za korene vsake sorte smo uporabili tri različne hranilne raztopine, ki smo jim dodali gnojila s poudarkom na dušiku (N), fosforju (P_2O_5) in/ali kaliju (K_2O). Uporabili smo naslednja gnojila: (i) N plus P plus K (Poly-Feed Drip; NPK 11-44-11;

N v obliki N-NO_3 3,1 % in N-NH_4 7,9 %) z oznako (+N/P/K); (ii) N plus K (Multi-K™ Classic; NPK 13-0-46; N v obliki N-NO_3 13 %) z oznako (+N/K); in (iii) samo N (kalcijev nitrat Multi kalcij GG kristal; NPK 15,5-0-0 + 26 % CaO; N v obliki N-NO_3 15,5 %) z oznako (+N). Vsakega od njih smo raztopili v vodi tako, da smo dobili hranilne raztopine s tremi različnimi koncentracijami: 1 %, 2 % in 3 %. Najnižja od teh treh koncentracij je vsebovala naslednja hranila: +N/P/K-1%: 1,1 g/L N, 4,4 g/L P, 1,1 g/L K; +N/K-1%: 1,3 g/L N, 0,0 g/L P, 4,6 g/L K; +N-1%: 1,55 g/L N, 0,0 g/L P, 0,0 g/L K. Na ta način smo pripravili 9 različnih hranilnih raztopin. Kontrolni vzorci so bili siljeni v deionizirani vodi brez dodatkov gnojil. Dvanajst korenov vsake sorte smo do ¾ potopili v posode za siljenje, napolnjene z izbrano hranilno raztopino oziroma vodo. Temperatura zraka med siljenjem je bila prvih 14 dni 10 °C, nato smo jo postopno zvišali na 15 °C in jo vzdrževali do 16. januarja 2012, ko smo pobrali pridelek siljenega radiča.

S tako zastavljenim poskusom smo pridobili 50 različnih vzorcev (5 sort × 10 hranilnih raztopin). Ob pobiranju smo na petih posameznih rastlinah posamičnega obravnavanja merili morfometrične lastnosti. Določali smo naslednje parametre: število listov, maso rozete (g), višino (cm) in širino rozete (cm). Za določanje skupnih fenolov, skupnih flavonoidov in antioksidacijskega potenciala smo vzorce radičev shranili v 50 % metanolu po sledečem postopku: 10 g svežih listov smo sesekljali s keramičnim nožem in ekstrahirali v plastičnih vialah s 15 g 50 % metanola ter pet minut homogenizirali z napravo Ultra-Turrax T 25 pri 20.500 obratih/min. Homogenizirane vzorce smo zamrznili in jih hranili pri –20 °C.

Morfometrične lastnosti smo merili na petih posameznih rozetah siljenih radičev, pri čemer smo si pomagali z merilom in kuhinjsko tehnico. Prešteli smo število listov, stehtali maso rozete (g) in izmerili višino (cm) ter širino (cm) rozete. Najvišje in najnižje vrednosti od petih posameznih meritev nismo upoštevali, preostale tri pa smo uporabili za nadaljnjo obravnavo. Sušino vzorcev siljenega radiča smo določili s klasičnim sušenjem v laboratorijskem sušilniku do konstantne mase 28 h pri temperaturi 80 °C, skupne fenole (TPC) kolorimetrično s Folin-Ciocalteu reagentom pri valovni dolžini 765 nm (Roura in sod., 2006), skupne flavonoide (TFC) kolorimetrično z $AlCl_3$ pri valovni dolžini 415 nm (Lin in Tang, 2007) in AOP indirektno metodo z radikalom DPPH na spektrofotometru pri valovni dolžini 517 nm (Nakajima in sod., 2004). Podatki TPC so izraženi kot ekvivalent galne kisline in preračunani na svežo maso (mg GAE/100 g sveže mase), TFC kot ekvivalent kvercetina in preračunani na svežo maso (mg QE/100 g sveže mase) in AOP kot ekvivalent Troloxa ter prav tako preračunani na svežo maso (mg TE/g sveže mase).

Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS, s postopkom UNIVARIATE pa smo podatke testirali na normalnost porazdelitve (SAS Software, Version 8.01, 1999, Cary, SAS Institute Inc.). Rezultati so bili analizirani po metodi najmanjših kvadratov s postopkom GLM (General linear models). Za analizo vplivov sorte in hranilne raztopine ter koncentracije na morfometrične lastnosti, kemijske parametre in mineralno sestavo smo uporabili statistični model, v katerega smo vključili fiksna vpliva sorte (S: Treviški, Verona, Anivip, Castelfranco, Monivip) in vrste/koncentracije hranilne raztopine (HR: +N/P/K 1 %, +N/P/K 2 %, +N/P/K 3 %, +N/K 1 %, +N/K 1 %, +N/K 3 %, +N 1 %, +N 1 %, +N 1 %, voda) (model 1). Povprečne vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane s testom Duncan in so primerjane pri 5 % tveganju.

3 Rezultati z diskusijo

V preglednici 1 so prikazani rezultati izbranih morfometričnih parametrov, določenih po zaključenem procesu siljenja. Pri določanju višine rozet lahko povzamemo, da je imela pri

večini obravnavanj največjo višino sorta Verona, vendar razlike niso bile povsod statistično značilne. Med uporabljenimi hranilnimi raztopinami z različnimi koncentracijami pri vsaki sorti posebej je bila višina rozet največja pri siljenju v +N/P/K-3% in najnižja v +N-2%.

Preglednica 1: Morfometrične lastnosti siljenih radičev po končani fazi siljenja (model 1)

Parameter Sorta	Hranilna raztopina									Voda	P_{HR}
	+N/P/K (11-44-11)			+N/K (13-0-46)			+N (15,5-0-0)				
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %		
					Višina rozete (cm)						
Treviški	$17,3^{bA}$	$16,0^{bcAB}$	$17,1^{bB}$	$20,3^{a}$	$17,8^{abA}$	$12,7^{dAB}$	$13,4^{cdA}$	$12,9^{d}$	$11,3^{dB}$	$13,3^{cdAB}$	***
Verona	$18,6^{bA}$	$18,7^{bA}$	$23,2^{aA}$	$18,1^{bc}$	$16,4^{bcdA}$	$14,0^{cdA}$	$13,2^{dA}$	$13,0^{d}$	$14,6^{bcdA}$	$15,9^{bcdA}$	***
Anivip	$14,0^{abB}$	$13,8^{abB}$	$15,3^{aB}$	$15,4^{a}$	$12,2^{abcB}$	$11,2^{bcAB}$	$10,5^{bcB}$	$9,2^{c}$	$10,4^{bcB}$	$10,7^{bcB}$	*
Castelfranco	$15,9^{aAB}$	$17,0^{aA}$	$16,0^{aB}$	$15,4^{a}$	$14,6^{abAB}$	$9,5^{dB}$	$10,5^{cdB}$	$10,5^{cd}$	$12,5^{cdAB}$	$5,5^{eC}$	***
Monivip	$17,9^{aA}$	$15,9^{abAB}$	$15,3^{abB}$	$14,2^{abc}$	$15,2^{abAB}$	$14,0^{abcA}$	$12,4^{bcAB}$	$12,0^{bc}$	$10,3^{cB}$	$13,4^{abcAB}$	nz
P_S	*	*	*	nz	*	nz	nz	nz	*	***	
					Število listov						
Treviški	33^{A}	34^{A}	38^{A}	36^{A}	38^{A}	35^{A}	33^{A}	37^{A}	36^{A}	33^{A}	nz
Verona	21^{bcB}	17^{cB}	32^{aAB}	26^{abAB}	24^{bcB}	25^{bcB}	19^{bcB}	22^{bcB}	24^{bcB}	23^{bcB}	*
Anivip	21^{bB}	21^{bB}	28^{aB}	22^{bB}	21^{bB}	21^{bBC}	22^{bB}	25^{abB}	21^{bBC}	22^{bB}	nz
Castelfranco	23^{aB}	22^{abB}	19^{abC}	20^{abB}	17^{abB}	16^{abC}	23^{aB}	23^{aB}	17^{abC}	15^{bC}	nz
Monivip	26^{abB}	20^{bB}	25^{abBC}	31^{aAB}	17^{bB}	26^{abB}	20^{bB}	22^{bB}	20^{bBC}	21^{bB}	nz
P_S	**	**	**	*	**	***	*	**	***	***	
					Premer rozete (cm)						
Treviški	$9,4^{aA}$	$7,3^{bcA}$	$5,5^{dB}$	$7,3^{bc}$	$8,0^{b}$	$6,5^{cdB}$	$6,5^{cd}$	$6,8^{c}$	$6,3^{cdAB}$	$7,2^{bcA}$	***
Verona	$5,2^{deC}$	$5,2^{deB}$	$5,9^{cdeB}$	$8,5^{a}$	$6,2^{bcd}$	$6,6^{bcB}$	$7,3^{b}$	$4,8^{e}$	$4,7^{eB}$	$5,5^{cdeB}$	***
Anivip	$7,0^{BC}$	$8,2^{A}$	$8,4^{A}$	8,6	7,0	$7,3^{AB}$	6,5	6,7	$5,8^{AB}$	$6,0^{AB}$	nz
Castelfranco	$6,8^{abcBC}$	$7,4^{abcA}$	$5,2^{cB}$	$7,5^{ab}$	$6,5^{abc}$	$8,3^{aA}$	$6,6^{abc}$	$5,4^{bc}$	$5,3^{bcAB}$	$6,1^{bcAB}$	*
Monivip	$7,6^{abAB}$	$7,4^{abA}$	$8,6^{aA}$	$6,5^{ab}$	$7,7^{ab}$	$7,0^{abAB}$	$7,4^{ab}$	$5,7^{ab}$	$6,5^{bA}$	$7,1^{abA}$	nz
P_S	**	**	*	nz	nz	nz	nz	nz	nz	nz	
					Masa pridelka (g)						
Treviški	$38,5^{bA}$	$40,1^{bA}$	$35,9^{bAB}$	$58,2^{aA}$	$44,4^{abA}$	$42,0^{bA}$	$39,3^{bA}$	$46,8^{abA}$	$38,6^{bA}$	$43,3^{abA}$	nz
Verona	$15,7^{deBC}$	$11,6^{eC}$	$30,1^{abBC}$	$32,6^{aB}$	$18,2^{cdeC}$	$21,0^{cdB}$	$19,1^{cdeB}$	$22,7^{bcdB}$	$26,4^{abcB}$	$25,8^{abcBC}$	***
Anivip	$29,3^{abAB}$	$28,8^{abAB}$	$42,0^{aA}$	$40,0^{aAB}$	$33,6^{abAB}$	$24,6^{bB}$	$32,8^{abAB}$	$27,9^{abB}$	$30,2^{abAB}$	$31,8^{abB}$	nz
Castelfranco	$14,8^{abcC}$	$27,2^{abAB}$	$18,0^{abcD}$	$31,0^{aB}$	$12,0^{bcC}$	$17,3^{abcB}$	$20,7^{abcB}$	$17,8^{abcB}$	$9,7^{cC}$	$7,5^{cD}$	nz
Monivip	$24,3^{aBC}$	$15,8^{aBC}$	$21,8^{aCD}$	$19,8^{aB}$	$22,5^{aBC}$	$23,2^{aB}$	$27,1^{aAB}$	$18,1^{aB}$	$22,7^{aB}$	$19,2^{aC}$	nz
P_S	*	**	**	*	***	*	*	**	***	***	

+N/P/K (11-44-11), Poly-Feed Drip gnojilo; +N/K (13-0-46), Multi-K gnojilo; +N (15,5-0-0), gnojilo kalcijev nitrat. Podatki prikazujejo $\bar{x}$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_{HR}, statistična verjetnost vpliva vrste/koncentracije hranilne raztopine. Stopnje značilnosti: ***, P ≤0,001; **, P ≤0,01; *, P ≤0,05; nz, ni značilno. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e) v vrsticah so statistično značilne (P <0,05; razlike med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D) v stolpcih so statistično značilne (P <0,05; razlike med sortami).

Največje število listov med sortami smo pridelali pri sorti Treviški, pri čemer so bile razlike statistično značilne (P <0,05). Med hranilnimi raztopinami je na večje število listov najbolj vplivala +N/P/K-3%, a so bile razlike večinoma neznačilne (P >0,05). Največji premeri rozet so bili pri sortah Treviški in Monivip. Med hranilnimi raztopinami pa je na premer rozet najbolj vplivala +N/K-1% in najmanj +N-2%.

Mase rozet oz. pridelka so se močno razlikovale med sortami in uporabljenimi hranilnimi raztopinami, pri čemer so bile vrednosti od 8 g do 58 g. Največja masa pridelka je med sortami imela sorta Treviški v hranilni raztopini +N/K-1% (58,2 g), sledijo ji sorte Anivip v

+N/P/K-3% (42,0 g), Verona v +N/K-1% (32,6 g), Castelfranco v +N/K-1% (31,0 g) in Monivip v +N-1% (27,1 g). Razlike med sortami so statistično značilne. Med hranilnimi raztopinami so največjo maso dosegale rastline gojene v +N/K-1% raztopini, a so bile razlike značilno dokazane le pri sorti Verona (P <0,001). Predhodne študije opravljene na siljenih radičih poročajo o višjih odstotkih sušine (Nicoletto in Pimpini, 2009), značilno večjih premerih glavic pri siljenju v hranilnih raztopinah z visoko koncentracijo nitratov (De Rijck in Schrevens, 1998) in manjšem pridelku pri siljenju v hranilnih raztopinah z visokim razmerjem K/Ca (Zamaniyan in sod., 2012).

V preglednici 2 so zbrani rezultati za sušino (%), TPC (mg GAE/100 g sveže mase), TFC (mg QE/100 g sveže mase) in AOP (mg TE/g sveže mase) v listih radičev po zaključenem procesu siljenja. Sušina siljenih radičev je bila med 3,8 % in 6,4 %. Največ sušine je vsebovala sorta Treviški siljena v vodi brez gnojil (6,4 %), sledijo ji Verona v hranilni raztopini +N/K-3% (6,3 %), Anivip v +N/P/K-2% in +N/K-2% (6,0 %), Monivip v +N/K-3% (5,9 %) ter Castelfranco v vodi brez gnojil (5,2 %). Med sortami je bila sušina statistično večja v sorti Verona, vendar razlike niso bile povsod statistično značilne. Med uporabljenimi hranilnimi raztopinami z različnimi koncentracijami je bila sušina statistično značilno (P <0,01) večja pri siljenju v +N/K-2% in +N/K-3% hranilnih raztopinah.

Vsebnost skupnih fenolov v siljenih radičih je močno nihala in se je gibala od 21,9 mg GAE/100 g sveže mase do 83,1 mg GAE/100 g sveže mase. Največje TPC med sortami in hranilnimi raztopinami so imele rdeče sorte Treviški v +N/K-2% (83,1 mg GAE/100 g sveže mase), Anivip v +N/K-3% (77,5 mg GAE/100 g sveže mase) in Verona v +N/K-1% (66,9 mg GAE/100 g sveže mase), nižje pa sorta Castelfranco v +N-1% (37,0 mg GAE/100 g sveže mase) in sorta Monivip v +N-2% (21,9 mg GAE/100 g sveže mase). Med sortami sta imeli visoko statistično značilno (P <0,001) večje TPC rdeči sorti Treviški in Verona, nižje pa pisana sorta Castelfranco in zelena Monivip. Vsebnosti so bile v povprečju dvakrat večje v korist rdečih sort. Med hranilnimi raztopinami so bile značilno večje TPC predvsem v raztopinah s poudarkom na kaliju, in sicer v +N/K (1 %, 2 %, 3 %). Kot smo pričakovali, so imele rdeče sorte značilno več fenolnih spojin kot pisana in zelena sorta, kar potrjujejo tudi prejšnje študije opravljene na drugih sortah radiča (Innocenti in sod., 2005; Nicoletto in Pimpini, 2010). Rdeče sorte namreč vsebujejo barvila antocianidine, ki spadajo med fenolne spojine in znatno prispevajo k večji vsebnosti skupnih fenolnih spojin. TPC so bile v siljenih radičih nižje kot v glavnatih radičih, vendar večje kot v štrucarjih oziroma sladkornih radičih (Sinkovič in sod., 2014).

Flavonoidi so skupina fenolnih spojin, ki glede na rezultate v večini vzorcev siljenih radičev predstavljajo < 10 % TPC. Rezultati TFC so bili med 0,5 mg QE/100 g sveže mase in 11,0 mg QE/100 g sveže mase. Največje TFC so imele rdeče sorte Anivip v +N-1% (11,0 mg QE/100 g sveže mase), Treviški v +N/P/K-1% (7,2 mg QE/100 g sveže mase) in Verona v +N/K-1% (6,5 mg QE/100 g sveže mase), nižje pa zelena sorta Monivip v +N/K-1% (2,2 mg QE/100 g sveže mase) in pisana Castelfranco v +N/P/K-3% (1,5 mg QE/100 g sveže mase). Med sortami je imela rdeča sorta Anivip visoko značilno (P <0,001) večje TFC v primerjavi z ostalimi sortami. Razlike so bile tri do petkrat večje v rdečih sortah v primerjavi s pisano ali zeleno, kar je podoben trend kot smo ga opazili pri TPC. Med hranilnimi raztopinami so bile značilno večje TFC predvsem v raztopinah s poudarkom na kaliju (+N/K), podobno kot pri TPC. V strokovni in znanstveni literaturi še ni objavljenih rezultatov o vsebnostih flavonoidov v siljenih radičih, najdemo le rezultate o TPC v glavnatih radičih (Arabbi in sod., 2004).

Preglednica 2: Vsebnost sušine in bioaktivnih parametrov (TPC, vsebnost skupnih fenolov; TFC, vsebnost skupnih flavonoidov; AOP, antioksidacijski potencial) v siljenih radičih po končani fazi siljenja (model 2)

Parameter Sorta	Hranilna raztopina									Voda	P_{HR}
	+N/P/K (11-44-11)			+N/K (13-0-46)			+N (15,5-0-0)				
	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %	1 %	2 %	3 %		
Sušina (%)											
Treviški	$4,6^{eB}$	$4,9^{deB}$	$6,0^{abA}$	$5,2^{cdB}$	$6,1^{abA}$	$6,0^{abAB}$	$4,9^{deB}$	$6,0^{abA}$	$5,6^{bcB}$	$6,4^{aA}$	***
Verona	$5,4^{cdA}$	$4,8^{efB}$	$4,5^{fC}$	$6,0^{abA}$	$6,1^{abA}$	$6,3^{aA}$	$5,7^{bcA}$	$5,1^{deB}$	$6,2^{abA}$	$4,8^{efC}$	***
Anivip	$4,7^{cB}$	$6,0^{aA}$	$5,4^{bB}$	$5,4^{bB}$	$6,0^{aA}$	$5,5^{abB}$	/	$4,8^{cB}$	$5,9^{abAB}$	$4,8^{cC}$	***
Castelfranco	$4,3^{bB}$	$4,7^{bB}$	/	/	/	/	/	$3,8^{cC}$	/	$5,2^{aBC}$	***
Monivip	$5,2^{bcdA}$	$4,8^{dB}$	$5,8^{aAB}$	$5,7^{abAB}$	$5,4^{abcB}$	$5,9^{aAB}$	$5,2^{bcdAB}$	$5,1^{cdB}$	$5,5^{abcB}$	$5,4^{abcB}$	**
P_S	**	***	***	*	nz	nz	*	***	nz	***	
TPC (mg GAE/100 g sveže mase)											
Treviški	$60,7^{cdA}$	$72,8^{bA}$	$49,4^{gB}$	$57,9^{deB}$	$83,1^{aA}$	$62,7^{cB}$	$49,6^{gB}$	$56,9^{eA}$	$53,0^{fgB}$	$55,6^{efB}$	***
Verona	$48,9^{dC}$	$46,5^{eC}$	$39,6^{fC}$	$66,9^{aA}$	$46,1^{eC}$	$49,5^{dC}$	$51,1^{dB}$	$56,6^{cA}$	$56,2^{cA}$	$60,4^{bA}$	***
Anivip	$57,3^{eB}$	$51,5^{fB}$	$51,6^{fA}$	$52,3^{fC}$	$63,4^{cB}$	$77,5^{aA}$	$73,1^{bA}$	$57,6^{eA}$	$50,7^{fC}$	$60,3^{dA}$	***
Castelfranco	$27,4^{dD}$	$24,9^{eE}$	$24,8^{eE}$	$30,2^{bcE}$	$31,1^{bD}$	$30,8^{bD}$	$37,0^{aC}$	$28,7^{cdB}$	$32,2^{bD}$	$31,4^{bC}$	***
Monivip	$26,1^{efD}$	$35,4^{abD}$	$29,7^{cdeD}$	$37,0^{aD}$	$28,2^{deE}$	$31,5^{bcdD}$	$22,6^{fgD}$	$21,9^{gC}$	$33,5^{abcD}$	$27,0^{eD}$	***
P_S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
TFC (mg QE/100 g sveže mase)											
Treviški	$7,2^{aA}$	$6,2^{bA}$	$2,7^{eB}$	$4,6^{cdB}$	$6,7^{abA}$	$5,2^{cB}$	$5,2^{cB}$	$4,9^{cdB}$	$4,5^{dA}$	$5,0^{cdB}$	***
Verona	$3,2^{eC}$	$2,9^{eC}$	$2,2^{fC}$	$6,5^{aA}$	$4,0^{dC}$	$5,2^{bcB}$	$1,7^{fC}$	$5,1^{bcB}$	$4,6^{cA}$	$5,2^{bB}$	***
Anivip	$4,9^{cB}$	$4,8^{cB}$	$4,9^{cA}$	$3,9^{cC}$	$6,0^{bB}$	$10,4^{aA}$	$11,0^{aA}$	$6,2^{bA}$	$4,4^{cA}$	$6,5^{bA}$	***
Castelfranco	$1,2^{bcD}$	$0,6^{dE}$	$0,5^{dE}$	$1,0^{bcdE}$	$1,4^{abcE}$	$1,8^{aC}$	$1,7^{aC}$	$1,4^{abcC}$	$1,5^{abB}$	$1,0^{cdC}$	***
Monivip	$1,5^{bcD}$	$1,2^{cdD}$	$0,9^{efD}$	$2,2^{aD}$	$2,1^{aD}$	$1,7^{bC}$	$0,7^{fC}$	$1,2^{dC}$	$1,1^{deB}$	$0,7^{fC}$	***
P_S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
AOP (mg TE/g sveže mase)											
Treviški	$0,29^{eB}$	$0,36^{cA}$	$0,23^{fB}$	$0,28^{eB}$	$0,39^{bA}$	$0,32^{dB}$	$0,38^{bC}$	$0,47^{aB}$	$0,33^{dB}$	$0,32^{dC}$	***
Verona	$0,23^{hC}$	$0,22^{iC}$	$0,17^{jC}$	$0,44^{cA}$	$0,26^{gC}$	$0,28^{fC}$	$0,51^{aB}$	$0,49^{bA}$	$0,35^{eA}$	$0,43^{dA}$	***
Anivip	$0,32^{eA}$	$0,27^{fgB}$	$0,26^{gA}$	$0,27^{fgC}$	$0,36^{dB}$	$0,43^{cA}$	$0,59^{aA}$	$0,45^{bB}$	$0,28^{fC}$	$0,35^{dB}$	***
Castelfranco	$0,12^{eD}$	$0,10^{fE}$	$0,09^{fE}$	$0,14^{eE}$	$0,19^{cD}$	$0,18^{cD}$	$0,22^{aD}$	$0,21^{abC}$	$0,20^{bD}$	$0,15^{dD}$	***
Monivip	$0,08^{gE}$	$0,15^{dD}$	$0,11^{fD}$	$0,20^{aD}$	$0,17^{cE}$	$0,18^{bD}$	$0,11^{fE}$	$0,16^{dD}$	$0,19^{aE}$	$0,14^{eE}$	***
P_S	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	

+N/P/K (11-44-11), Poly-Feed Drip gnojilo; +N/K (13-0-46), Multi-K gnojilo; +N (15,5-0-0), gnojilo kalcijev nitrat. Podatki prikazujejo $\bar{x}$ (n = 3). P_S, statistična verjetnost vpliva sorte; P_{HR}, statistična verjetnost vpliva vrste/koncentracije hranilne raztopine. Stopnje značilnosti: ***, P ≤0,001; **, P ≤0,01; *, P ≤0,05; nz, ni značilno. Srednje vrednosti z različnimi malimi črkami (a,b,c,d,e,f,g) v vrsticah so statistično značilne (P <0,05; razlike med uporabljenimi hranilnimi raztopinami za siljenje); srednje vrednosti z različnimi velikimi črkami (A,B,C,D,E) v stolpcih so statistično značilne (P <0,05; razlike med posameznimi sortami).

AOP je bil v vzorcih siljenih radičev med 0,08 mg TE/g sveže mase in 0,59 mg TE/g sveže mase. Največji AOP med sortami in uporabljenimi raztopinami za siljenje je imela sorta Anivip v +N-1% (0,59 mg TE/g sveže mase), sledile so ji sorte Verona v +N-2% (0,49 mg TE/g sveže mase), Treviški v +N-2% (0,47 mg TE/g sveže mase), Castelfranco v +N-1% (0,22 mg TE/g sveže mase) in Monivip v +N/K-1% (0,20 mg TE/g sveže). Med sortami so imele statistično značilno (P <0,001) večji AOP rdeče sorte, in sicer več kot dvakrat večjega od pisane ali zelene sorte. Med hranilnimi raztopinami so bili značilno večji AOP-ji v raztopinah s poudarkom na kaliju, predvsem v +N/K-1% in +N/K-2%. Do podobnih sklepov so v svoji študijah prišli tudi Vanzani in sod. (2011), saj je po poročanju Carazzone in sod. (2013) večji AOP posledica vsebnosti cianidin aglikona in nekaterih njegovih derivatov.

4 Sklepi

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko povzamemo naslednje sklepe:

- Rdeče sorte hidroponsko siljenega radiča (Treviški, Verona in Anivip) vsebujejo značilno več skupnih polifenolov in imajo večji antioksidacijski potencial kot pisana sorta Castelfranco ali zelena sorta Monivip;

- Dodatek makro-hranil dušika (N), fosforja (P) in/ali kalija (K) v hranilno raztopino pri siljenju radiča značilno vpliva na morfometrične lastnosti (višina in širina glavice, število listov, pridelana masa) in vsebnost bioaktivnih snovi (skupne fenolne spojine, skupni flavonoidi, antioksidacijski potencial);
- Dodatek dušika v hranilno raztopino značilno poveča antioksidacijski potencial (AOP);
- Dodatek fosforja značilno zviša višino rozet in vpliva na večje število listov;
- Dodatek kalija značilno vpliva na višjo pridelano maso, širše rozete in povečanje vsebnosti skupnih fenolov (TPC) ter vsebnosti skupnih flavonoidov (TFC).

5 Literatura

Arabbi, P.R., Genovese, M.I., Lajolo, F.M. 2004. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 5: 1124-1131

Carazzone, C., Mascherpa, D., Gazzani, G., Papetti, A. 2013. Identification of phenolic constituents in red chicory salads (*Cichorium intybus*) by high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionisation tandem mass spectrometry. Food Chemistry, 138, 2-3: 1062-1071

De Rijck, G., Schrevens, E. 1998. Multifactorial optimisation of the nutrient solution for hydroponically grown chicory plants. Scientia Horticulturae, 76, 3-4: 149-159

Innocenti, M., Gallori, S., Giaccherini, C., Ieri, F., Vincieri, F. F., Mulinacci, N. 2005. Evaluation of the phenolic content in the aerial parts of different varieties of Cichorium intybus L. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 16: 6497-6502

Nakajima, J.I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M., Saito, K. 2004. LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 5: 241-247

Nicoletto, C., Pimpini, F. 2009. Influence of the forcing process on some qualitative aspects in radicchio "Rosso di Treviso tardivo" (Cichorium intybus L., group rubifolium). 1. Nitrate, nitrite and organic nitrogen. Italian Journal of Agronomy, 4, 4: 137-146

Osvald, J., Kogoj-Osvald, M. 1999. Gojenje radiča. Šempter pri Gorici, Oswald: 36 str.

Papetti, A., Mascherpa, D., Carazzone, C., Stauder, M., Spratt, D. A., Wilson, M., Pratten, J., Ciric, L., Lingström, P., Zaura, E., Weiss, E., Ofek, I., Signoretto, C., Pruzzo, C., Gazzani, G. 2013. Identification of organic acids in *Cichorium intybus* inhibiting virulence-related properties of oral pathogenic bacteria. Food Chemistry, 138, 2-3: 1706-1712

Roura, E., Andrés-Lacueva, C., Estruch, R., Lamuela-Raventós, R. M. 2006. Total polyphenol intake estimated by a modified Folin–Ciocalteu assay of urine. Clinical Chemistry, 52, 4: 749-752

Vanstreels, E., Lammertyn, J., Verlinden, B. E., Gillis, N., Schenk, A., Nicolai, B. M. 2002. Red discoloration of chicory under controlled atmosphere conditions. Postharvest Biology and Technology, 26, 3: 313-322

Vanzani, P., Rossetto, M., De Marco, V., Rigo, A., Scarpa, M. 2011. Efficiency and capacity of antioxidant rich foods in trapping peroxyl radicals: A full evaluation of radical scavenging activity. Food Research International, 44, 1: 269-275

Zamaniyan, M., Panahandeh, J., Tabatabaei, S.J., Motallebie-Azar, A. 2012. Effects of different ratios of K:Ca in nutrient solution on growth, yield and chicon quality of Witloof chicory (Cichorium intybus L.). International Journal of AgriScience, 2, 12: 1137-1142

Žnidarčič, D., Ban, D.A., Šircelj, H. 2011. Carotenoid and chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries. Food Chemistry, 129, 3: 1164-1168

Žnidarčič, D., Osvald, J., Trdan, S. 2004. Plant characteristics for distinction of red chicory (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bisch.) cultivars grown in central Slovenia. Acta Agriculturae Slovenica, 83, 2: 251-260

Umetna osvetlitev v vrtnarstvu

Blaž GERMŠEK[98]

Izvleček
Umetna osvetlitev v vrtnarstvu je z vidika stabilne in povečane pridelave ob novih možnostih, ki jih nudijo najnovejše svetilke, zelo aktualna tema današnjega strokovnega in znanstvenega raziskovanja. Trenutno se izvaja veliko raziskav na temo umetne osvetlitve in izbire najbolj optimalnega spektra za posamezno rastlino pri določenih fazah gojenja rastlin. V referatu so predstavljena osnovna načela o svetlobi, osvetljenosti ter teoretična in praktična uporaba dognanj umetne osvetlitve v vrtnarstvu. Rastline se različno odzivajo na svetlobo in nam vidne barve. Zaradi tega je še toliko bolj pomembno, da razumemo osnove svetlobe kot elektromagnetnega valovanja, saj bomo le tako učinkoviteje in bolj strokovno uporabljali umetno osvetlitev v vrtnarstvu in pravilno zastavljali svoje raziskave in poskuse.
Ključne besede: umetna osvetlitev, vrtnarstvo, svetloba

Artificial lighting in horticulture

Abstract
Artificial lighting in horticulture is very important topic of today's academic research from the perspective of a constant and increased production and new possibilities offered by the latest lamps. Currently a lot of research is conducted on the topic of artificial lighting and choosing the most optimal spectrum for a given plant at certain plant growth stage. The paper presents the basic principles of light and illumination, as well as theoretical knowledge and practical application of artificial lighting in horticulture. Plants respond differently to the incident light and a visible color. Therefore it is even more important to understand the basics of light as electromagnetic radiation, which enables us easier and more professional use of artificial lighting in horticulture and choose of proper experimental design in further research.
Key words: artificial lighting, horticulture, light

1 Uvod

Osvetljenost je v kmetijstvu in v vrtnarstvu zelo pomembna, saj pomanjkanje svetlobe vpliva na fotosintezo. Absorpcija svetlobe je višja in fotosinteza kar najbolj učinkovita s svetili, ki oddajajo primerno barvo (valovno dolžino) svetlobe. Navadne žarnice rastlinam ne koristijo, saj oddajajo za rastline nepomemben spekter svetlobe. Kot v svoji raziskavi navajajo Kim in sod. (2007) bi za najboljše posnemanje naravne sončne svetlobe morala biti temperatura svetlobnega telesa višja od 5500 K, indeks barvne reprodukcije svetlobe pa blizu 100. Rastline koristijo le del tega svetlobnega spektra, zato takih žarnic niti ne potrebujemo. Vidni spekter svetlobe se giblje med 400 in 700 nm, pri čemer sta za rastline najpomembnejša moder (vegetativna rast) in rdeč (cvetenje in razvoj plodov) spekter svetlobe. Tudi ostali kompleksni procesi, ki se sprožajo v rastlinah, so vezani na različne valovne dolžine svetlobe. Pravilna količina svetlobe se razlikuje od rastline do rastline, tako npr. paprika rabi drugačno osvetljenost v primerjavi s paradižnikom. Za optimalen razvoj rastline je pomembna tudi relativna dolžina dneva in noči ter letnih časov. Število ur teme v 24-urnem ciklu je pomemben dejavnik pri določanju cvetenja in rastnega časa določene rastline.
Po mednarodnem sistemu enot (SI) je osnovna enota za merjenje svetilnosti kandela (cd), izpeljana enota za svetlobni tok je lumen (lm) za osvetljenost pa luks (lx). Podatki o svetlobi

[98] Mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, e-pošta: blaz.germsek@kis.si

podani v lumnih, luksih ali fotocandelih pa za uporabo v kmetijstvu niso najbolj primerni (Illaslan 2000). V fiziologiji rastlin so bolj uporabne izpeljane enote, ki se nanašajo na: fotosintetsko aktivno sevanje (**PAR**–Photosynthetically Active Radiation), fotosintetski tok fotonov (**PPF**–Photosynthetic Photon Flux), gostoto toka fotonov (**PPFD–**Photosynthetic Photon Flux Density) in izkoristek toka fotonov (**YPF**–Yield Photon Flux). V kmetijstvu nas najbolj zanima število enot fotonov, ki dosežejo površino listov. Fotone bi lahko poimenovali tudi »paketi energije«, ki sestavljajo tok svetlobe; število ujetih fotonov na listu določa stopnjo intenzivnosti fotosinteze (Parker 1999). Osvetljenost je definirana kot:

$$E = \frac{d\,\phi_v}{d\,A_e}$$ ($\boldsymbol{\phi}_v$ vpadajoči svetlobni tok, A_e vpadna površina)

Umetna osvetlitve v vrtnarstvu je hitro razvijajoče področje na trg pa vedno prihajajo novi proizvodi, zaradi tega je potrebno poznati prednosti in slabosti posameznih luči, ki jih želimo uporabiti za umetno osvetlitev gojenih rastlin. Glavni pozitivni učinki dodatne osvetlitve, ko primanjkuje dnevne naravne svetlobe ali je le-ta omejena (oblačnost, megla), so:

- **Večji donos v kg ali število kosov**. Ohrani se visoka proizvodnja, ki se začne prej, se podaljša ali poteka skozi vse leto. Delo si lahko bolj organiziramo.
- **Celoletno oz. podaljšano obdobje proizvodnje.** S pomočjo dodajanja svetlobe skozi celo leto pobiramo pridelke veliko prej, kot bi to počeli običajno in lahko rastline gojimo celo leto, s čemer postanemo bolj zanesljivi dobavitelj. Prav tako dosegamo boljše cene.
- **Krajši pobiralni čas.** Bolj intenzivna rast lahko skrajša pobiralni čas pridelkov, kar se najbolj odraža pri rastlinah za uporabo kot rezano cvetje (krizanteme).
- **Učinkovitejša raba prostora za rast**. Uporaba rastlinjaka za daljše obdobje pomeni večjo gostoto rastlin, s tem pa je mogoče pričakovati večje pridelke na površino.
- **Povečanje kakovosti.** Umetna osvetlitev povzroča rast močnejših korenin, večjih in močnejših listov in stebel, več in večje cvetove z boljšo barvo. Lončnice so bolj kompaktne in razvejane. Tako si izboljšujemo konkurenčnost in položaj na trgu, z izboljšanimi izdelki pa dosegamo višje cene.
- **Povečanje kakovosti po spravilu.** Mlad rastlinski material je pri rokovanju in transportu manj občutljiv za poškodbe. Življenjska doba rezanega cvetja se običajno podaljša. Lončnice bolje prenašajo transport in kasnejše neoptimalne pogoje osvetlitve v prodajnih in končnih prostorih.
- **Boljši nadzor nad pridelovalnim ciklom in dolgoročnim načrtovanjem proizvodnje.** Primer vzgoje božičnih zvezd, ki morajo biti pripravljene (obarvane) pred božičnim časom in ne po njem.
- **Zmanjšanje uporabe fungicidov.** Ker so rastline močnejše, plesni in glivične bolezni ponavadi povzročajo manj škode na gojenih rastlinah (Goins, 2001).

2 Pregled raziskav

Zheng in sod. (2014) v svoji raziskavi (primerjava LED in HPS svetil) ugotavljajo, da LED svetila porabijo 40 % manj električne energije, v isti raziskavi so prav tako ugotovili, da v 11 urnem ciklu umetnega osvetljevanja na listih obravnavanih rastlin med svetili (LED in HPS) niso ugotovili povišanih temperatur, medtem ko so pod LED svetili zaznali signifikantno višjo fotosintetsko stopnjo (20 %). Martine (2003) je ugotovil, da se maksimalna fotosinteza pojavi pri dveh valovnih dolžinah svetlobe in sicer pri 435 nm (modra) in pri 657 nm (rdeča), prav tako je ugotovil, da svetloba pri določenih valovnih dolžinah vpliva na: fotoperiodizem (400–500 nm, 580–700 nm in 700–850 nm), fotomorfogenezo (660 nm in 730 nm) in na

fototropizem (445 nm). Wheeler (1995) navaja, da spremembo iz vegetativnega v generativen razvoj povzroča rdeča (660 nm) in intenzivno rdeča (730 nm) svetloba. Ultravijolični žarki pa po poročanju (Philips Lumileds, 2008) vplivajo na različne kemične procese, uničujejo bakterije in viruse ter zavirajo rast rastlin. Dolgovalovni (infrardeči) žarki pa vplivajo na boljše dihanje in kroženje vode po rastlini (Brown, 1995). Rastline, ki so jih osvetljeval samo z rdečo, modro ali oranžno svetlobo, niso razvile zadostne mase za normalen razvoj (Schuerger 1997), kar kaže na pomembnost pravilnega izbora spektra svetlobe. Prikupets in sodelavci so leta 1994 v svoji raziskavi osvetlitve v kontroliranih sistemih ugotovili, da pri kumarah osvetljenost samo z modro ali zeleno svetlobo ne povzroči optimalnega razvoja rastline in plodov. Optimalno rast in razvoj so ugotovili pri obsevanju svetlobe, ki je vsebovala 15–20 % modre barve, ostali spekter (70–75 %) pa je bil sestavljen iz zelene in rdeče barve. V isti raziskavi so pri paradižniku ugotovili, da najvišjo produktivnost dosežemo, če paradižnik osvetljujemo s svetlobo med 600 in 700 nm, kar pomeni, da mora biti svetloba sestavljena iz 60–65 % rdeče barve, preostali del (35–30 %) celotne osvetlitve pa uravnotežimo z modro in zeleno barvo oz. svetlobo.
Po poročanju Emmerich in sod. (2004) se umetna osvetlitve v vrtnarstvu uporablja v tri osnovne namene:

- kot dodatne luči v rastlinjakih, ki pospešujejo rast,
- kot fotoperiodične luči, ki vzpodbujajo cvetenje,
- kot nadomestne luči za naravno svetlobo, na primer v rastnih komorah.

2.1 DODATNE LUČI V RASTLINJAKIH, KI POSPEŠUJEJO RAST

V zimskih mesecih (med 40 ° in 80 ° zemljepisne geografske širine) naravne svetlobe za optimalno rast, razvoj in ohranjanje kakovosti primanjkuje (Massa in sod. 2005a). Svetlobni viri, ki jih umetno dodajamo, morajo biti zanesljivi in čim bolj učinkoviti, če želimo ohranjati konstantno proizvodnjo Najpomembnejše značilnosti vira svetlobe (sijalke) so življenjska doba sijalke, učinkovitost (količina svetlobe za rast na enoto energije) in vzdrževanje konstantne rastne svetlobe v času celotne življenjske dobe (Massa 2006). Možnosti inštalacij umetne osvetlitve so:

- fiksni položaj svetlobnih točk nad rastlinami,
- mobilne svetlobne točke, ki se gibljejo naprej in nazaj nad rastlinami,
- fiksne svetlobne točke nad rastlinami, v kombinaciji s svetlobnimi točkami med rastlinami.

2.1.1 Fiksni položaj svetlobnih točk nad rastlinami dokazano zagotavlja visoko stopnjo svetlosti in enakomerno porazdeljeno količino svetlobe na vse rastline. Da bi ta sistem omogočal dobro raven svetlobe vsem rastlinam, moramo izbrati pravilen tip svetil moči 400 ali 600 W. Razdalja svetil med vrstami in v vrsti določa jakost osvetlitve ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$). Če se pojavijo potrebe po višjih svetlobnih vrednostih, se lahko razdalja med svetili v vrsti zmanjša, s čimer ohranimo ali celo izboljšamo porazdelitev svetlobe po rastlinah

2.1.2 Sistem mobilnih svetlobnih točk, ki se gibljejo naprej in nazaj nad rastlinami, je še vedno v poskusni fazi in je bil prvič uporabljen ob nižji jakosti osvetlitve. Izenačenost osvetlitve rastlin dosežemo s časom, ko se niz svetilk v določenem časovnem intervalu (15-30 min.) premika naprej in nazaj po rastlinjaku. Na splošno se ta sistem ne uporablja za celoletno proizvodnjo, saj je povprečna raven svetlobe prenizka, lahko pa zagotovi zgodnjo pridelavo zelenjave spomladi. Potencialna korist takega sistema je, da svetloba prodre bolj globoko in tako bolje doseže spodnje liste rastlin. Celoten koncept in njegova morebitna korist premikanja nekaj metrov naprej in nazaj s časovnim intervalom ± 15 minut še ni dokazana.

2.1.3 Inštalacija s kombinacijo fiksnih svetlobnih točk nad in med rastlinami se uporablja predvsem za bolj enakomerno porazdelitev svetlobe v večlistnih plasteh. Poskus, ki je potekal v nizozemskem rastlinjaku, je pokazal, da moč svetilke med rastlinami ne sme biti višja od 250 W. Kaže, da tovrstna inštalacija luči daje najboljše rezultate na področjih, kjer je naravna dnevna svetloba redko na voljo, na primer na Finskem. Tam so tovrstne inštalacije luči pogoste, a se postavlja vprašanje ekonomske upravičenosti.

2.2 FOTOPERIODIČNE LUČI, KI VZPODBUJAJO CVETENJE

Cvetenje je pri mnogih okrasnih rastlinah odvisno od števila ur osvetlitve v 24-urnem obdobju (Massa in sod., 2005b), pri čemer je fotoperiodični odziv odvisen od trajanja noči. Nadzor nad cvetenjem z umetnim nadzorovanjem fotoperiodizma je postala sprejeta vrtnarska gojitvena tehnika, ki je omogočila gojenje številnih rastlin skozi celo leto, ne glede na naravne dolžine dneva (Andersen, 2004). Najpogostejši metodi za podaljševanje naravne dolžine dneva sta namestitev rastnih luči (ki se uporabljajo za dodatno proizvodnjo) in namestitev zelo šibke osvetlitve (ki ponazarja dnevno osvetlitev). Če je jakost osvetlitve ± 1,5 mol $m^{-2}s^{-1}$ oz. 85–110 lux-ov večina rastlin reagira, kot da je dan podaljšan.

2.3 NADOMESTNE LUČI ZA NARAVNO SVETLOBO

Ponekod rastline gojimo v popolnoma nadzorovanih razmerah, predvsem za raziskovalne namene, pa tudi komercialni pridelovalci vse bolj uporabljajo umetno osvetlitev za razmnoževanje in gojenje rastlin. Ko izbiramo optimalen svetlobni vir in spektralno sestavo svetlobe za umetno osvetlitev gojene kulture, je zelo pomembna njegova učinkovitost in zagotavljanje dobre rasti in razvoja rastlin (Morrow in sod., 1995). Pridelava rastlin brez dnevne svetlobe je rentabilna le, če rastline izpolnjujejo enega ali več naslednjih pogojev:

- da gojene rastline potrebujejo le nizko stopnjo svetlobe,
- so postavljeni strogi pogoji glede okolja, v katerem gojimo določene rastline (visoke temperature in vlažnost),
- da gojene rastline zelo hitro rastejo in preko pridelka omogočajo hiter povratek investicije,
- da imajo gojene rastline visoko tržno vrednost,
- da morajo gojene rastline zrasti v točno določenem časovnem terminu,
- da gojene rastline zahtevajo konstantne klimatske razmere.

Številni primeri uspešnega gojenja brez prisotnosti dnevne svetlobe so:

- siljenje rastlin, da zacvetijo pred njihovim običajnim časom,
- gojenje sadik,
- ukoreninjenje potaknjencev,
- gojenje – proizvodnja mladih lončnic in tkivnih kultur.

V preglednici 1 je predstavljenih nekaj najbolj uporabnih podatkov o jakosti osvetlitve pri določenih rastlinah in uporaba najbolj primernih žarnic za vrtnarstvo. Podatki se nanašajo na dodatno toplotno sevanje pod zahodnoevropskimi pogoji. Raven priporočljivega obsevanja je izražena v μmol $m^{-2}s^{-1}$ (PPFD) (Philips, 2014).

Preglednica 1: Najpogosteje uporabljene nastavitve za osvetlitev v vrtnarstvu

Rastlina	Način vzgoje	Pripor. PPFD ($m^{-2}s^{-1}$)	Vrsta luči	Letni čas - obdobje obsevanja	Potrebe po obsevalnem času/dan (tudi z dnevno svetlobo)	Namen in način
Solata	Proizvodnja sadik	280–380	HID	zima	16 ur	Povečanje hitrosti rasti sadik za 4-5-krat
	Sadike in mlade rastline	150	HID/ TL	zima	16 ur (gojitveni prostori)	Izboljšuje vegetativno rast, zmanjšani gojitveni čas
	Proizvodnja	45-60	HID	zima	16 ur (rastlinjaki)	Izboljšuje vegetativno rast, zmanjšani gojitveni čas
Jagode	Proizvodnja – podaljšek dneva	1-2	Žareče	jan-feb.	15 min/uro 2 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ali neprekinjenih 8 ur/noč 1 µmol $m^{-2}s^{-1}$	Poveča cvetenje, večji in boljši pridelek
	Proizvodnja v zimskem času	160-180	HID	sept-april	14-16 ur	Izboljšana vegetativna rast, zgodnejše obiranje, večji in kakovostnejši pridelek
Paprika	Proizvodnja	80-150	HID	zima	14-16 ur	Zgodnejša proizvodnja, izboljšana oplodnja
Paradižnik	Mlade rastline	45-55	HID	okt-feb	14-16 ur	Izboljšana vegetativna rast, za dva tedna zgodnejše prvo obiranje, večji in kakovostnejši pridelek
	Proizvodnja	150-200	HID	zima	14-16 ur	
	Sadike in mlade rastline	300-380	HID /TL	zima	16 ur (brez dnevne svetlobe)	V gojitvenih prostorih

***** Kratice pod "Vrsta svetilk" **TL** - cevasta fluorescentna svetilka (tubular fluorescent lamp); 1000 lux-ov povp. 13-14 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (PPFD), **HID** - visoko-sejalna razelektrena svetilka (high-intensity discharge lamp); 1000 lux-ov povp. 12-13 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (PPFD)

4 Lastne izkušnje

Globalno sevanje v rastlinjakih merimo na različne načine in ga podajamo v različnih enotah, kar lahko povzroči zmedo. Vrednost globalnega sevanja je pomembna za spremljanje mikroklime in vlažnosti v rastlinjaku. Globalno sevanje se v večini primerov meri kot energija (J ali W) s solarnim metrom, ki je ponavadi nameščen na vrhu rastlinjaka. Del dnevne svetlobe (± 45 %) je rastna svetloba, ostali del dnevne svetlobe (± 55 %) pa je v glavnem toplota. Odvisno od položaja sonca in kritine rastlinjaka (steklo, plastika) le 60-70 % svetlobe vstopi v rastlinjak (Schuerger, 2006). Za izračun pretvorbe globalnega sevanja v rastno svetlobo se v splošnem uporabljajo tri pretvorbe:

- Ko svetlobo merimo kot svetlobno vsoto za določeno obdobje, je 100 J cm^{-2} = 2,15 mol m^{-2} rastne svetlobne vsote zunaj rastlinjaka.
- Odvisno od prenosa svetlobe v rastlinjaku (v povprečju 70 %) je 100 J cm^{-2} = 1,50 mol m^{-2} rastne svetlobne vsote znotraj rastlinjaka.
- Ko globalno sevanje merimo kot jakost svetlobe, je 100 W m^{-2} = 150 µmol $m^{-2}s^{-1}$ rastne svetlobe znotraj rastlinjaka.

Za moč obsevanja (osvetlitve luči) se v praksi še vedno uporablja enota lux. Če želimo narediti pretvorbo iz luksov v PPFD, moramo vedeti, da ta pretvorba ni konstantna, ampak je odvisna od vira svetlobe, temperature delovanja in časa trajanja obratovalnih ur luči. V povprečju pretvorb pa zapišemo, da 1000 lux-ov znaša 18 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (PPFD) (Salamanca, 2002).

S trajanjem umetne osvetlitve v rastlinjakih ali drugih gojitvenih prostorih ne smemo pretiravati in se moremo držati predpisanih časovnih omejitev dnevne osvetlitve rastlin. Pri povečani umetni osvetlitvi (nad 16 ur), visokih temperaturah (v povp. višje od 27 °C) in visoki relativni zračni vlagi (nad 70 %) smo pri gojenju solate (*Lactuca sativa* L.) ugotovili pojav rjavenja zunanjih delov lista, do česa po poročanju Óscar Mario Castro Solana iz Kostarike pride zaradi prehitre rasti rastline in nizke mobilnosti kalcijevih ionov v rastlini. Pri uporabi priporočene jakosti osvetlite moramo biti previdni, če se uporabljajo na območjih z več ali manj naravne svetlobe. Zahteve glede osvetlitve je potrebno obravnavati skupaj z drugimi dejavniki okolja, kot so: temperatura, vlažnost in količina uporabljenega gnojila pri gojenih rastlinah.

5 Sklepi

Če v zaščitenih prostorih želimo gojiti rastline preko celega leta, moramo svetila uporabljati strokovno in poleg dovajanja umetne osvetlitve upoštevati še ostale parametre (temperatura, relat. zračna vlaga, CO_2…), ki so prav tako pomembni za normalno rast in razvoj rastlin. Dobro moramo poznati osnovne zahteve in potrebe gojenih rastlin po svetlobi. Prekomerno dovajanje umetne svetlobe negativno vpliva na rast in razvoj, kvaliteto in količino pridelka. Nepravilna uporaba in izbira luči za umetno osvetljevanje lahko poslabša ekonomiko pridelave ali povsem uniči pridelek. Večina starejših svetil (HPS) je energetsko zelo potratnih, pri novejših (LED) svetilih, ki so energetsko bistveno bolj varčna, pa je trenutna nabavna cena zelo visoka. Vsekakor je v začetno investicijo naprave rastlinjaka smiselno vključiti tudi inštalacijo umetne osvetlitev, saj bomo s tem dosegali boljše donose na gojeno površino in prodajali zelenjavo takrat, ko ima najvišjo ceno. V slovenskem okolju se je za uporabo umetne osvetlitve smiselno odločiti, če gojimo rastline v kontroliranih razmerah in nam strošek ogrevanja rastlinjak v jesensko-zimskem obdobju ni previsok. LED-svetilke imajo veliko prednosti v primerjavi s klasičnimi (HPS in drugimi) lučmi, saj nudijo možnost prilagoditve jakosti osvetlitve in s tem možnost gojenja različnih vrst rastlin ob uporabi istih luči. Tuje raziskave na temo umetne osvetlitve v vrtnarstvu so izvedene v kontroliranih razmerah pridelave ali nam nepodobnih agroklimatskih razmerah. Zato je smiselno, da raziskave o uporabi luči (LED, HPS, LASER), izbiri najbolj optimalnega spektra in načinu postavitve luči v prostor nadaljujemo v domačih agroklimatskih razmerah in pridobimo izkušnje, ki bodo primerne za slovenskega pridelovalca.

6 Literatura

Andersen, G.R. 2004. Light for plant growth in the classroom., Cooperative extension service, University of Kentucky – Colledge of Agriculture: 1-4

Brown, C.S., Schuerger, A.C., Sager, J.C. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 120: 808-813

Emmerich, J.C., Morrow, R.C., Clavette T.J., Sirios, L.J. 2004. Plant Research Unit lighting system development. SAE Technical Paper. International Conference On Environmental Systems: 1-3

Goins, G.D., Ruffe, L.M., Cranston, N.A., Yorio, N.C., Wheeler, R.M., Sager, J.C. 2001. Salad crop production under different wave- lengths of red light emitting diodes. SAE Tech- nical Paper. International Conference On Environmental Systems

Illaslan, G. 2000. Investment analysis and future potential of controlled environment agriculture hydroponic production systems for Boston lettuce. Ph.D. Dissertation. Cornell University Libraries, Ithaca

Kim, H., Wheeler, R., Sager J., Norikane, J., Yorio, N. 2007. Electric lighting considerations for crop production in space. Acta Hort., 761: 193-202

Martine, D. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: Light intensity, Crop response, Nutrition, Crop managment, Cultural practies, Agriculture and Agri-Food Canada, Horticultural Research Centre, Kaval University, QC, G1K 7P4, Canadian Greenhose Conference October 9: 1-7

Massa, G.D., J.C. Emmerich, M.E. Mick, Kennedy, R.J., Morrow, R.C., Mitchell, C.A. 2005a. Development and testing of an efficient LED intracanopy lighting design for minimizing equivalent system mass in an advanced lifesupport system. Gravit. Space Biol. Bul., 18: 87-88

Massa, G.D., Emmerich, J.C., Morrow , R.C., Mitchell, C.A. 2005b. Development of a recon- figurable LED plant-growth lighting system for equivalent system mass reduction in an ALS. SAE Technical Paper. International Conference On Environmental Systems

Massa, G.D., Emmerich, J.C., Morrow, R.C., Bourget, C.M., Mitchell, C.A. 2006. Plant-growth lighting for space life support: A review. Gravit. Space. Biol., 19: 19-29

Morrow, R.C., Duffie, N.A., Tibbitts, T.W., Bula, R.J., Barta, D.J., Ming, D.W., Wheeler, R.M., Porterfield, D.M. 1995. Plantresponseinthe astroculture flight experiment unit. SAE Technical Paper, Heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC)

Parker, J.B. 1999. Light in the greenhouse, Distric Horticulturus, Gosford: 1-2

Phillips Lumileds. 2008. http://www.lumileds.com/ (16.9.2014)

Philips. 2014. www.phipips.com/horti (14.9.2014)

Salamanca, M. 2002. Product development and marketing of controlled environment agriculture (CEA) fresh produce. Ph.D. Dissertation. Cornell University Libraries, Ithaca: 24-168

Schuerger, A., Richards, J. 2006. Effects of artificial lighting on the detection of plant stress with spectral reflectance remote sensing in bioregenerative life support systems. Intl. J. Astrobiology 5: 151-169

Schuerger, A.C., Brown, C.S. 1997. Spectral quality affects disease development of three pathogens on hydroponically grown plants. HortScience, 32: 96-100

Wheeler, E.F. 1995. Nitrate uptake and plant growth as influenced by light and nitrate nutrition. Ph.D. Dissertation. Cornell University Libraries, Ithaca: 18-159

Zheng, Y., Llewellyn, D., Vinson, K. 2014. Evaluation of the use of light emitting diodes (LEDs) in the production of cut gerbera., School of Environmental Science, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada: 2-21

Motivacije in okoljsko obnašanje vrtičkarjev – primer Ljubljane

Majda ČERNIČ ISTENIČ[99], Matjaž GLAVAN[100], Marina PINTAR[101]

Izvleček
Pojav vrtičkarstva je danes deležen precejšnje pozornosti različnih znanstvenih disciplin, a kot kaže pregled literature, dosti bolj družboslovnih kot naravoslovnih disciplin. Dosedanja preučevanja vrtičkarstva v t.i. razvitih družbah so pokazala, da je ta pojav bolj povezan s težnjami prebivalstva po dostopni zdravi hrani in rekreaciji ter sprostitvi kot z revščino in pomanjkanjem hrane. V tem prispevku je pojav vrtičkarstva obravnavan s sociološkega in okoljskega vidika, pri čemer so v ospredju razmišljanja, motivacije in okoljske prakse različnih skupin imetnikov vrtičkov (obdelovalcev vrtnih parcel ob družinskih hišah in na javnih ter zasebnih površinah stran od doma) na območju mesta Ljubljane. V ta namen so bili uporabljeni podatki anketne raziskave, opravljene leta 2014 v okviru mednarodnega projekta FOODMETRES na vzorcu 90 vrtičkarjev. Analiza motivacij pritrjuje tezi o prvenstveno ljubiteljskem značaju vrtičkarstva. Nepridobitni motivi se odražajo tudi skozi analizo okoljskih praks, še zlasti pri vrtičkarjih na zasebnih parcelah stran od doma, ki ob razmeroma neugodnih pridelovalnih razmerah vrtnarijo na ekološki način, kar se ujema s tezo o »tihi vzdržnosti« lastne pridelave hrane.
Ključne besede: vrtičkarji, socio-ekonomske značilnosti, motivacije, okoljsko obnašanje

Motivation and environmental behaviour of plot gardeners – the case of Ljubljana

Abstract
Nowadays urban gardening is receiving a considerable attention of various scientific disciplines, but as shown in the literature review, much more of social sciences than of life sciences. Existing research on gardening in the so-called developed societies have shown that this phenomenon is more related to the pursuits of the population to affordable healthy food, recreation and relaxation than to poverty and food shortages. In this paper, the phenomenon of gardening is observed in sociological and environmental perspective. In the focus of analysis are motivations and environmental practices of different groups of urban gardens holders (home food gardens and allotment gardens in public and private plots) in the city of Ljubljana. For this purpose, the data from a survey carried out in 2014 within the framework of the international project FOODMETRES on a sample of 90 gardeners are applied. Analysis of motivations confirms the thesis of predominantly hobby nature of the gardening. Non-profit motivations are also mirrored through the analysis of environmental practices, especially in the case of allotment gardeners growing their own food on private land that cope with organic production in relatively unfavourable growing conditions, which is consistent with the thesis of ”quiet sustainability” of food self-provisioning.
Keywords: gardeners, socio-economic characteristics, motivation, environmental behaviour

1 Uvod

Urbani vrtovi oz t.i. vrtički so v svetu in tudi v Sloveniji vse bolj popularni. Deležni so velike pozornosti medijev kakor tudi oblikovalcev politik in strokovnjakov različnih znanstvenih disciplin, čeprav ta pojav ni nov. Začetki urbanih vrtov segajo v Evropi že v 18. stoletje kot

[99] Izr. prof., dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: majda.cernic.istenic@bf.uni-lj.si
[100] Doc., dr., prav tam, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si
[101] Prof., dr., prav tam, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

odziv na urbanizacijo in industrializacijo mest, od koder so se na začetku 19. stoletja začeli širiti tudi na druge celine (Irvine in sod., 1999). V tistem času so bili razlogi za pojav vrtičkov v urbanem okolju blažitev ekonomskih stisk in problemov revščine delavskega sloja kot tudi splošne šibke oskrbe z zelenjavo v mestih. Novejši »razcvet« vrtičkarstva pa je povezan z reševanjem številnih težav mestnih območij, ki niso vedno povezane s preskrbo hrane in se nanašajo na socialne in zdravstvene probleme prebivalstva, njihov omejen dostop do zelenih površin ter gospodarsko in kulturno oživitev degradiranih mestnih območij. Vendar je povečan interes za vrtičkarstvo v zadnjem času povezan tudi z vse večjo zaskrbljenostjo prebivalstva glede kakovosti, stroškov in nezanesljive preskrbe s hrano (Corrigan 2011, Evers 2011).

Večnamenski pomen vrtičkov se odraža tudi v znanstveni literaturi zadnjih petindvajset let (Guitart in drugi 2012). Njihova obravnava je pestra, a različno obsežna: geografija (28 %), načrtovanje prostora in okolja (24 %), družba in kultura (23 %), zdravje (12 %), izobraževanje (9 %), ekonomija (3 %) in naravoslovje (1 %). Del družboslovnih razprav o urbanih vrtovih na t.i. Severu (Evropa, ZDA, Kanada in Avstralija) obravnava pojem t.i. »alternativnih prehranskih omrežij«, kjer se vrtičkarje (skupaj s kmeti in odjemalci lokalno proizvedene hrane (npr. sistem zabojčkov)) obravnava kot opozicijo – ekološko osveščeno in k naprednim družbenim ciljem usmerjeno skupino – proti prevladujočemu neoliberalnemu sistemu industrijskega kmetijstva (Jarosz, 2008; Johnston in sod., 2009; Evers, 2011; Tregear, 2011; Veen in sod. 2012). Vendar se to »alternativno« gibanje povezuje z neoliberalno ekonomijo tudi še z nasprotnega vidika. Kritični družboslovci v urbanih vrtovih vidijo podporo neoliberalni ekonomiji in politiki, ko s svojimi programi prostovoljnih dejavnosti za ranljive družbene skupine, ki celo presegajo pridelavo hrane, zapolnjujejo praznino, nastalo z umikom odgovornosti države pri zagotavljanju socialne blaginje prebivalstva (McClintock, 2013; Ghose in Pettygrove, 2014). V kontekstu preučevanja vrtičkarskih družbenih praks v post-socialistični Evropi avtorji obravnavajo pojme, kot so »preživitvene strategije revnih« in »tiha vzdržnost« (Smith in Jehlička, 2103), oblikovane kot odziv na tezo J. Alberta in U. Kohlerja (2008) o različnih motivacijah vrtičkarjev. V vzhodni Evropi naj bi to bila pomanjkljiva preskrba z živežem in revščina, v zahodni Evropi pa ljubiteljska (hobby) dejavnost. Na osnovi svojih izsledkov avtorja teh pojmov utemeljujeta, da vrtičkarji v post-socialističnih državah vrtnarijo predvsem iz lastne potrebe po sveži hrani in rekreaciji ter veselja do druženja, in ne zaradi "političnih programov in ekonomskih ciljev", sploh pa ne zato, ker bi bili revni, a ob tem »nehote« prispevajo k ugodnim okoljskim in družbenim učinkom.

Ta kratek oris znanstvene obravnave vrtičkov kaže, da je v družboslovju ta živahna in zdi se, še ne zaključena. Kot rečeno, so bili do zdaj manj zastopani okoljski vidiki in naravoslovne discipline (Guitart in sod., 2012; Taylor in Taylor Lovell, 2014). Vendar se pod vplivom nedavno sproženih razprav o ekonomiji »ničelnih kilometrov« in »ničelnega ogljikovega odtisa« ter predpostavk o prispevku lokalnih kmetijsko-prehranski sistemov k trajnostni in prožni družbi (Feagan, 2007; Pearson in Bailey, 2009, povzeto po: Touliatos, 2011) raziskovalni interes krepi tudi na tem področju. V tem oziru projekt 7. okvirnega programa Evropske komisije FOODMETRES, ki sledi programu Evrope 2020 v prioriteti vzdržne rasti s spodbujanjem bolj učinkovite rabe virov, med svoje študije inovativnih primerov vključuje tudi vrtičke kot kratko prehransko verigo, ki lahko z nižanjem ogljikovega odtisa pri potrošnji hrane v mestih prispeva k varčevanju virov (Wascher in sod., 2013). V okviru omenjenega projekta je bila izveden raziskava o urbanih vrtovih v Ljubljani, ki je predstavljena v nadaljevanju.

2 Material in metode dela

Podatki so bili pridobljeni z anketnim vprašalnikom na vzorcu 90 imetnikov vrtnih parcel na različnih lokacijah na območju mestne občine Ljubljana. Z namenom zajeti raznolikost vrtičkarskih situacij je bilo v vzorec vključenih 30 oseb z vrtom ob hiši oz. domu, 30 oseb z vrtom stran od doma na zasebnih površinah in 30 oseb z vrtom stran od doma na javnih površinah. Terensko delo je potekalo od junija do septembra 2014.
Vprašalnik je obsegal 44 vprašanj v sedmih vsebinskih sklopih: 1. opis lokacije, tip vrtička in vrsta pridelave, 2. obnašanje vrtičkarjev, 3. spretnosti in znanje vrtičkarjev ter viri njegovega pridobivanja, 4. motivacije vrtičkarjev za vrtnarjenje, 5. prispevek vrtičkarstva k preskrbi in družinskemu proračunu, 6. zaznavanje ekoloških, družbenih in drugih učinkov vrtičkarstva in 7. socialno-ekonomske značilnosti vrtičkarjev. Pri oceni motivacij je bila uporabljena Likertova petstopenjska lestvica, pri oceni učinkov vrtičkarstva pa njena sedem stopenjska različica. Analiza, katere cilj je bilo ugotoviti motive in načine obdelovalnih praks med navedenimi skupinami imetnikov vrtnih parcel v Ljubljani, je bila opravljena z bivariatnimi statističnimi tehnikami: Pearson Chi-kvadratom in analizo variance.

3 Rezultati z diskusijo

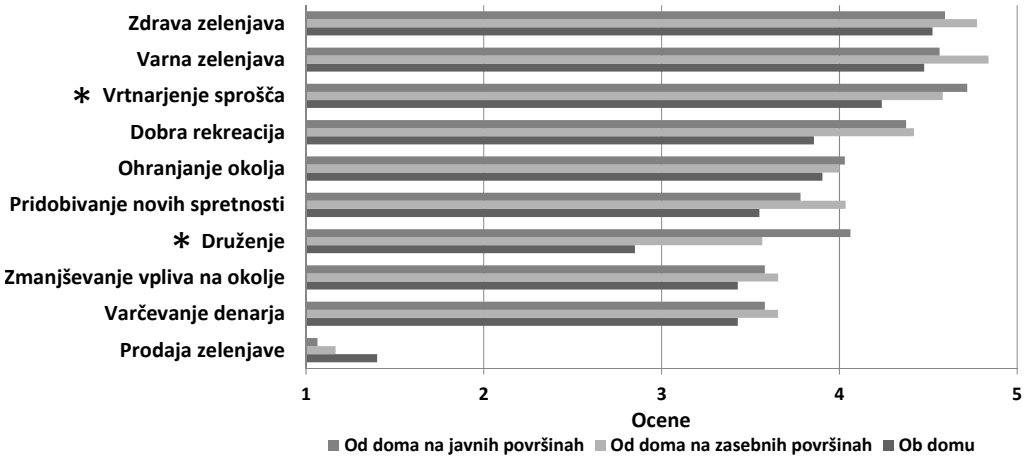
3.1 KDO SO VRTIČKARJI, KI SMO JIH ZAJELI V RAZISKAVO?

Med njimi prevladujejo ženske z 62 % na vrtovih ob domu, 71 % na zasebnih površinah in 69 % na javnih površinah stran od doma. Med vrtičkarji je tudi največ oseb, starejših od 55 let: na vrtovih stran od doma na zasebnih in javnih površinah jih je 65 % in 77 %, a le 45 % na vrtovih ob domu. Prevladujejo tudi bolj izobražene osebe: univerzitetno in višje izobraženih je ob domu 95 %, na zasebnih in javnih površinah stran od doma pa 55 % oz. 56 %. V vseh treh vzorcih prevladujejo upokojenci; njihov delež je največji med vrtičkarji na javnih površinah stran od doma (75 %), nekoliko manjši med vrtičkarji z vrtom ob domu (65 %), najnižji je med vrtičkarji na zasebnih površinah stran od doma (53 %). Rojenih Ljubljančanov je največ med vrtičkarji z vrtom ob domu (53 %). Največ (50 %) vrtičkarjev, ki so se v Ljubljano preselili iz drugih krajev Slovenije, je med vrtičkarji s parcelami stran od doma na zasebnih površinah. V Ljubljano se je iz drugih držav preselila desetina vrtičkarjev (največ jih je na javnih površinah (12,5 %)). Vrtičkarji na javnih površinah imajo nižje dohodke kot vrtičkarji ob domu ali na zasebnih površinah: o zneskih, nižjih od 1000 €, poroča 42 % vrtičkarjev na javnih površinah in le 19 % oz. 13 % vrtičkarjev iz drugih dveh skupin. Vrtičkarji na javnih površinah živijo tudi v manjših gospodinjstvih (povprečno 3,1; člana ± 1,1) kot vrtičkarji ob domu (povprečno 3,8 člana, ± 1,8) in na zasebnih površinah (povprečno 4,4; ± 1,89 člana). Vrtičkarji s parcelami na javnih površinah živijo večinoma (75 %) v večstanovanjskih blokih. Med vrtičkarji na zasebnih površinah je takih 45 %, med vrtičkarji ob hišah pa 20 %. Vrt najdalj časa obdelujejo tisti, ki imajo svoje vrtove ob domu (povprečno 22,6 let; ± 16,6 let), najkrajši čas pa tisti, ki svoje vrtičke obdelujejo na zasebnih površinah stran od doma (povprečno 9,5 let; ± 9,82 let).

3.2 KAJ SO MOTIVI IN RAZLOGI VRTIČKARJEV, DA GOJIJO SVOJO ZELENJAVO?

Vrtičkarji z vrtom ob svoji hiši so navdih za pridelavo zelenjave v največji meri dobili od svoje družine (38 %) in prijateljev (33 %). Za 56 % vrtičkarjev na javnih površinah in 42 % vrtičkarjev na zasebnih površinah stran od doma so bili predvsem pomembni lastni vzgibi. Slednje so v veliki meri (42 % na zasebnih površinah in 32 % na javnih površinah) spodbudili

tudi prijatelji oz. javno obvestilo o možnosti imeti vrtiček. Glavni motiv, da pridelujejo svojo zelenjavo, je, kot kaže slika 1, predvsem prepričanje, da je zelenjava, pridelana na lastnem vrtu, bolj zdrava in varna kot tista, kupljena v trgovini. Takšno prepričanje izraža 92 % vrtičkarjev. Manjši, a še vedno zelo pomemben motiv sta dobra rekreacija in sprostitev. Sledijo motivi o lastnem prispevku k ohranjanju neposrednega okolja, pridobivanje novih spretnosti in druženje. Srednje pomembna razloga sta prispevek k zmanjšanju lastnega vpliva na okolje in prihranek denarja. Slednja dva razloga navaja 55 % in 42 % vrtičkarjev. Povsem nepomemben razlog, da pridelujejo svojo zelenjavo, je njena prodaja (3 % vrtičkarjev). Vsi navedeni motivi so v dokaj enaki meri deljeni med vrtičkarji na vseh treh lokacijah tudi z vidika njihovih socio-ekonomskih značilnosti. Statistično pomembne razlike med skupinami se kažejo le pri motivu »Delo na vrtu je dobra priložnost za druženje z drugimi ljudmi« in »Delo na vrtu je dobra rekreacija«, pri čemer sta oba motiva bolj pomembna tistim, ki vrtnarijo na površinah stran od doma, kot pa posameznikom, ki imajo vrt ob domu.



*Slika 1: Motivi za gojenje lastne zelenjave (*statistično značilne razlike med tipi vrtičkov)*

Da posamezniki vrtičkarstvo ocenjujejo zelo pozitivno, dokazujejo tudi njihova stališča do učinkov vrtičkarstva. Tudi tu se na prvo mesto umeščata trditvi »Zelenjava, ki jo vrtičkarji pridelujejo na svojem vrtu, je bolj zdrava, kot zelenjava, ki se prodaja v trgovini« (83 % se jih močno strinja) in »Zelenjava, ki jo vrtičkarji pridelujejo na svojem vrtu, je bolj okusna kot zelenjava, ki se prodaja v trgovini« (78 % se jih močno strinja). Sledita trditvi, vezani na socialni vidik vrtičkarstva: »Med delom na vrtu s pogovori in druženjem vrtičkarji krepijo povezanost ljudi v skupnosti« (72 % se jih močno strinja) in »Z medsebojno menjavo sadik ali viškov pridelkov vrtičkarji ustvarjajo boljše medosebne odnose« (71 % se jih močno strinja). Nekoliko manjši, čeprav še vedno pomemben prispevek je dan okoljskim dobrobitim vrtičkarstva; »S pridelavo zelenjave vrtičkarji nimajo bistvenih transportnih stroškov, zato prispevajo k izboljšanju kakovosti zraka« (56 % se jih močno strinja) in »Pri pridelavi zelenjave vrtičkarji ne uporabljajo pesticidov in herbicidov, zato prispevajo k ohranjanju okolja« (49 % se jih močno strinja). Vrtičkarji so naklonjeni ekološkemu načinu kmetovanja (64 % se jih močno strinja), a nekoliko slabše ocenjujejo prispevek vrtičkarjev k varčevanju z vodo (30 % se jih močno strinja) (slednje mnenje ni povezano z njihovim dostopom do vode ali praksami zalivanja vrtov). V veliki meri se vrtičkarji ne strinjajo s trditvami: »Vrtičkarji s svojimi gredicami in spremljajočimi objekti (utami) kazijo izgled okolja« (53 % se jih močno ne strinja), »Vrtičkarji nimajo pravega znanja za pridelavo vrtnin, zato s svojim ravnanjem

pomembno prispevajo k onesnaženju okolja« (51 % se jih močno ne strinja) in »Vrtičkarji se s svojimi površinami preveč širijo na javne površine in s tem omejujejo razvoj drugih dejavnosti v prostoru« (76 % se jih močno ne strinja). Primerjava navedenih ocen med vrtičkarji na različnih lokacijah kakor tudi z vidika njihovih socio-ekonomskih značilnosti in načinov vrtnarskih praks ni pokazala statistično značilnih razlik.

3.3 KAKO, NA KAKŠEN NAČIN VRTNARIJO?

Ob tem, da vrtičkarji dokaj visoko vrednotijo ekološki način kmetovanja, tudi v veliki meri poročajo, da vrtnarijo na ekološki način. Med tistimi z vrtom ob domu jih na tak način vrtnari 70 %, in 78 % oz. 80 % med tistimi z gredicami stran od doma na zasebnih in javnih površinah. Med vrtičkarji na zasebnih površinah jih kar tretjina vrt obdelujejo biodinamično ali permakulturno. V drugih skupinah je primerljiv delež 19 %. Statistično značilne razlike se kažejo pri načinu gnojenja vrtnih površin. Tisti z vrtički ob domu pomembno bolj pogosto uporabljajo hlevski gnoj (71 %) kot tisti z vrtovi stran od doma na zasebnih (35 %) in javnih površinah (28 %). Pri drugih načinih gnojenja se med vrtičkarji na različnih lokacijah ne kažejo pomembne razlike: v veliki meri upodabljajo domač kompost, nekateri ga kupujejo ali iščejo druge rešitve. Mineralna gnojila uporablja 16-18 % vrtičkarjev.

Vrtičkarji na različnih lokacijah se oskrbujejo s semeni in sadikami na različne načine. V veliki meri vsi semena kupujejo, v precejšnji meri jih tudi sami pridelujejo in si jih izmenjujejo med seboj. Pri slednjem se kažejo statistično značilne razlike med vrtičkarji, ki imajo svoje gredice ob domu (37 %) in tistimi, ki jih imajo stran od doma na zasebnih (76 %) in javnih površinah (71 %). Vrtičkarji na zasebnih površinah si z drugimi vrtičkarji tudi v večji meri izmenjujejo sadike (65 %.) kot drugi dve skupini (ob domu 50 % in od doma na javnih površinah 40 %). Vrtičkarji na zasebnih površinah tudi v največji meri gojijo stare sorte zelenjave (v 39 %), vendar se pri tem ne kažejo statistično značilne razlike. Se pa te kažejo pri namakanju: med tem ko 95 % vrtičkarjev svoje gredice ob domu redno namaka ali po potrebi, jih 45 % vrtičkarjev na zasebnih površinah stran od doma namaka le redko ali nikoli. Na enak način vrtnari 28 % vrtičkarjev na javnih površinah stran od doma.

Polovica vrtičkarjev s svojimi vrtički na javnih površinah stran od doma in dve tretjini vrtičkarjev iz drugih dveh skupin porabi za delo na vrtu 10 ali več ur na teden. Skupaj z drugimi člani gospodinjstva, sorodniki in prijatelji v večji meri obdelujejo vrtiček posamezniki z vrtnimi parcelami ob svojem domu (71 %) kot pa posamezniki z vrtički stran od doma (59 %). Vendar rezultati ne kažejo statistično značilnih razlik med skupinami glede časa, porabljenega za delo na vrtu, kot tudi ne glede druženja z drugimi ljudmi. Razlike se kažejo pri načinu pridobivanja osnovnih znanj za delo na vrtu. V največji meri se vsi (90-100 %) opirajo na lastno opazovanje. Vrtičkarji na zasebnih površinah stran od doma znanje za delo na vrtu v pomembno večji meri pridobivajo tudi preko radija in TV (80 %), interneta (40 %), priročnikov in revij (90 %) kot drugi dve skupini. Vrtičkarji ob domu v pomembno večji meri kot drugi svoj vrtiček obdelujejo s pomočjo znanja, pridobljenega v teku formalnega izobraževanja (40 %).

3.4 V KAKŠNIH RAZMERAH VRTNARIJO?

Prej navedene prakse namakanja na različnih lokacijah kažejo, da pogoji vrtnarjenja niso za vse enaki. To ugotovitev podpirajo rezultati o dostopu do vode in problemih, s katerimi se vrtičkarji spopadajo pri delu na vrtu. Med skupinami se pri tem kažejo pomembne razlike pri neenakih možnostih uporabe odpadne vode iz gospodinjstva in pomanjkanju vode za zalivanje. O tem poroča znaten del vrtičkarjev na zasebnih (44 %) in javnih površinah (29 %), a nihče, ki vrtnari ob domu. Slednji tudi ne poročajo o kraji pridelkov, kar pesti precej

vrtičkarjev na zasebnih (32 %) in javnih površinah (25 %). Vsem vrtičkarjem pa povzročajo težave škodljivci, plevel in bolezni vrtnin, ki jih rešujejo z ročnim odstranjevanjem in raznimi »eko« pristopi: naravni oz. biološki pripravki, ovire in pasti ali se, kot pravijo nekateri: »s tem ne bojujemo«.
Neenakost pogojev se odraža tudi v površini vrtnih parcel. Vrtičkarji ob domu in stran od doma na zasebnih površinah obdelujejo pomembno večje parcele (v povprečju 100 m² ali več) kot vrtičkarji stran od doma na javnih površinah (večinoma 60 m²). Kljub temu so ocene vrtičkarjev o ustrezni velikosti njihovih vrtnih parcel dokaj enotne: o premajhni vrtni parceli poroča 22 % vrtičkarjev na javnih površinah in 16 % vrtičkarjev ob domu ali od doma na zasebnih površinah.

3.5 KAKŠEN JE IZKUPIČEK VRTNARJENJA?

V določeni meri se neenaki pogoji vrtnarjenja odražajo v oceni deleža pridelane zelenjave. Rezultati sicer niso statistično značilni, a nakazujejo tendenco, da vrtičkarji, ki svojo zelenjavo pridelujejo ob domu, pokrijejo svoje potrebe s pridelki s svojega vrta v večjem deležu kot vrtičkarji, ki svojo zelenjavo pridelujejo stran od doma: polovica vrtičkarjev ob domu ocenjuje, da pokrije več kot 70 % svojih potreb po zelenjavi, med tem ko je takih vrtičkarjev na zasebnih površinah le 30 %, na javnih površinah stran od doma pa 40 %. Vrtičkarji na vseh treh lokacijah svoje pridelke tudi izmenjujejo z drugimi vrtičkarji in jih podarjajo svojim sorodnikom, prijateljem in sosedom. Naši rezultati kažejo, da so najbolj »radodarni« tisti vrtičkarji, ki imajo svoje parcele na zasebnih površinah stran od doma. Med njimi tretjina svoje pridelke izmenjuje, dobrih 80 % teh vrtičkarjev svojo zelenjavo podari. Primerljiva deleža pri vrtičkarjih ob domu in na javnih površinah, ki svoje pridelke podarjajo, sta 70 % in 59 %, četrtina vrtičkarjev iz obeh skupin svoje pridelke izmenjuje.
Ob tem velja omeniti, da se vrtičkarji na vseh lokacijah ob pridelavi svoje zelenjave z vso hrano oskrbujejo tudi preko drugih virov, zlasti trgovin in supermarketov. Kljub temu, da razlike niso statistično značilne, je nakazana tendenca, da se vrtičkarji ob domu (55 %) bolj pogosto kot drugi dve skupini (39 % na zasebnih in 28 % na javnih površinah) oskrbujejo z vso hrano tudi pri lokalnih pridelovalcih. Velja omeniti tudi rezultate o stroških, ki jih imajo vrtičkarji z nakupom »repromateriala«. Po oceni mnogih vrtičkarjev se stroški tega ne pokrijejo v celoti (50 % pri vrtičkarjih ob domu, 55 % pri vrtičkarjih na zasebnih in 65 % na javnih površinah), še zlasti ne pri vrtičkarjih, ki imajo majhen pridelek.

4 Sklepi

Iz analize motivacij delno pa tudi učinkov (donosa in stroškov) pridelave je razvidno, da ima vrtičkarstvo v Ljubljani v veliki meri ljubiteljski značaj. V prvi vrsti k vrtnarjenju posameznike in posameznice spodbuja želja po uživanju zdrave, varne in okusne zelenjave ter po sproščanju, rekreaciji in druženju, kar velja za veliko večino vrtičkarjev ne glede na njihove socialno-ekonomske značilnosti in lokacijo njihovih vrtnih parcel. Večina vrtičkarjev se s to dejavnostjo ne ukvarja zaradi varčevanje kot tudi ne pridelave za trg. Naše ugotovitve podpirajo tezo Smitha in Jehličke (2013), da vrtičkarstva v post-socialističnih družbah ne spodbuja pomanjkanje denarja ali slaba preskrba s hrano temveč prednosti sveže zelenjave, zdrave vadbe in sprostitve. Iz rezultatov o praksah obdelovanja vrtičkov je razvidno, da so vrtičkarji v Ljubljani ne glede na lokacijo svojih gredic dokaj »ekološko osveščeni«. Velika večina sprejema ekološko prakso kot edini pravi način kmetovanja in tudi sami si prizadevajo delovati v tej smeri. V tem smislu se zdijo še posebej dejavni vrtičkarji, ki imajo svoje gredice na zasebnih površinah stran od doma. Ti se v največji meri lotevajo bolj alternativnih ali

inovativnih pristopov pridelave, so bolj dejavni pri pridobivanju novih znanj in so tudi bolj občutljivi za biotsko pestrost, kljub temu, da vrtnarijo v manj ugodnih pridelovalnih razmerah. Zdi se, da ta skupina najbolj sledi filozofiji »alternativnih prehranskih omrežij«, a obenem tudi strategiji sprijaznjenja z razmerami; kot je povedala ena izmed naših vrtičkaric: »pustim, da zraste, kar ima zrasti«. S tem primerom kakor tudi z analizo odgovorov vrtičkarjev o okoljskih in družbenih učinkih njihovega delovanja, lahko podpremo tudi tezo Smitha in Jehličke (2013) o »tihi vzdržnosti« lastne pridelave hrane. Kljub temu, da Ljubljanski vrtičkarji na prvo mesto ne postavljajo okoljskih ciljev, ki jih poudarjajo razprave o ekonomiji »ničelnega ogljikovega odtisa«, s svojim ravnanjem »nehote« k temu prispevajo svoj delež. Ugotoviti, kakšen je ta delež, je naloga nadaljnjega preučevanja.

5 Literatura

Alber, J., Kohler, U. 2008. Informal food production in the enlarged European Union. Social Indicators Research., 89: 113–127

Corrigan, M.P. 2011. Growing what you eat: developing community gardens in Baltimore, Maryland. Applied Geography, 3: 1232–1241

Evers, A. 2011. Food choices and local food access among Perth’s community gardeners. Local Environment, 16: 585–602

Ghose, R., Pettygrove, M. 2014. Urban community gardens as spaces of citizenship. Antipode, 46: 1092–1112

Guitart, D., Pickering, C., Byrne, J. 2012. Past results and future directions in urban community gardens research. Urban Forestry & Urban Greening, 11: 364–373

Irvine, S., Johnson, L., Peters, K. 1999: Community gardens and sustainable land use planning: A case study of the Alex Wilson community garden. Local Environment, 4: 33–46

Jarosz, L. 2008. The city in the country: Growing alternative food networks in Metropolitan areas. Journal of Rural Studies, 24, 231–244

Johnston, J., Biro, A., MacKendrick, N. 2009. Lost in the supermarket: the corporate-organic foodscape and the struggle for food democracy. Antipode, 41(3): 509–532

McClintock, N. 2014. Radical, reformist, and garden-variety neoliberal: coming to terms with urban agriculture's contradictions. Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability, 19: 147–171

Smith, J., Jehlička, P. 2013. Quiet sustainability: Fertile lessons from Europe’s productive gardeners. Journal of Rural Studies, 32: 148–157

Touliatos, D. 2011. Growing Urban Agriculture: Using Social Practice Theory to Assess How Transition Norwich can upscale Household Food Gardening in The City of Norwich. Doktorska disertacija. School of Environmental Sciences. University of East Anglia: 86

Tregear, A. 2011. Progressing knowledge in alternative and local food networks: critical reflections and a research agenda, Journal of Rural Studies, 27(4): 419–430

Veen, E.J., Derkzen, P., Wiskerke, J.S.C. 2012. Motivations, reflexivity and food provisioning in alternative food networks: case studies in two medium-sized towns in the netherlands. Int. Jrnl. of Soc. of Agr. & Food, 19(3): 365–382

Wascher, D., Kruit, J., Corsi, S., Groot, J., Bartels, P., van Asselt, E., Priorr, A. Zasada, I., Dörneberg, A., Kneafsey, M., Venn, L., Pintar, M. 2013. D1.1 FoodMetres Conceptual Framework and Innovation Targets. (delovni dokument). http://www.foodmetres.eu/wp-content/uploads/2013/12/D1_1_ConceptInnovation.pdf

Nanotehnologija in kmetijstvo: bibliometrična analiza

Karmen STOPAR[102]

Izvleček
Področje nanoznanosti in nanotehnologije se izjemno hitro razvija, na kar kaže tudi naraščajoče število znanstvenih objav. Močan vpliv nanotehnologije se v prihodnosti obeta prav na vseh področjih človekovega delovanja – tudi v kmetijstvu. Zaradi obetavnih znanstvenih odkritij je področje nanoznanosti in nanotehnologije tudi predmet proučevanja informacijske znanosti, še zlasti bibliometrije. V okviru našega dela smo bibliometrično ovrednotili prepletanje nanotehnologije s področjem kmetijstva in proučevali smeri raziskovanja uporabe nanotehnologije. Pri tem smo uporabili podatke iz bibliografske zbirke CAB, ki velja za najboljši razpoložljivi specializirani vir informacij za širše področje kmetijstva. Med najbolj zastopanimi vsebinami so predvsem tiste z okoljsko tematiko. Vsebina priklicanega gradiva pa se nanaša tudi na uporabo nanotehnologije v povezavi z zdravo hrano ter na nadzor nad pesticidi in drugimi farmacevtskimi sredstvi v povezavi z zdravjem ljudi. Osrednje mesto v omrežju imajo nanosenzorji.
Ključne besede: bibliometrične analize,bibliometrija,scientometrija, kmetijstvo, bibliografske zbirke, nanoznanost, nanotehnologija

Nanotechnology and agriculture: bibliometric analysis

Abstract
Nanoscience and nanotechnologies are a quickly developing research areas, which is evidenced by incremental number of scientific publications. Consequently, an ever stronger impact of nanotechnology is expected in the future in all areas of human activity, including agriculture. Fast development and promising scientific discoveries contribute to nanoscience and nanotechnology becoming model subjects in many studies conducted in the field of information science, especially bibliometrics. In this work, we bibliometricaly assessed relations between nanotechnology and agriculture, and possible future trends in research. We used bibliometric data derived from CAB database, the most authoritative global database for the field of agriculture. Analysis of CAB database shows that the environmental issues are the most frequently represented. The content of the retrieved documents also addresses aspects related to food and nutrition, and pesticides concerning human health. The central place in the network is occupied by nanosensors.
Key words: bibliometrical analysis, bibliometry, scientometry, agriculture, bibliographic databases, nanoscience, nanotechnology

1 Uvod

Pomembna značilnost 21. stoletja je prehod v družbo, temelječo na znanju. V ospredje stopajo nove tehnologije, kot so biotehnologija, nanotehnologija in informacijske tehnologije, ki pospešujejo razvoj tudi na ostalih področjih (Roco in Bainbridge, 2002). Še zlasti nanotehnologiji pripisujejo danes potencial neslutenih razsežnosti, obetavna znanstvena odkritja pa se že kažejo prav na vseh področjih človekovega delovanja (Remškar, 2009).
Pojem nano predstavlja nekaj zelo majhnega. Je grškega izvora in v prevodu pomeni pritlikav. Količina nanometer (nm) opisuje miljardinko (10^{-9}) metra, pojma nanoznanost in nanotehnologija pa raziskave in razvoj tehnologij na ravni atomov in molekul na t.i. nanoskali. Nanodelci, katerih specifične lastnosti nanotehnologija pravzaprav izkorišča, so tisti majhni

[102] Dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: karmen.stopar@bf.uni-lj.si

delčki materiala, pri katerih je vsaj ena dimenzija manjša od 100 nm (Commission …, 2011). Prav majhnost delčka pa je tudi razlog za povsem drugačne fizikalne, kemijske in biološke lastnosti materiala. Glede na delce večjih dimenzij so nanodelci bolj kemijsko aktivni, kar je lahko pozitivno, če si neke kemijske reakcije želimo, ali pa negativno, če le-ta ni zaželena (Remškar, 2009).

Čeprav se tega še ne zavedamo povsem, so nanomateriali (naravni ali namensko proizvedeni) dejansko prisotni tudi v našem vsakdanjem življenju: v kozmetiki, kremah za sončenje, čistilih, detergentih, v tekstilu, elektroniki, medicini, v pesticidih; praktično na vseh podočjih človekovega življenja in delovanja. Nanotehnologija postaja ključno tehnološko področje prihodnosti z velikim potencialo ekonomske rasti (Wood in sod., 2003), za razvoj in tehnologijo pa se namenjajo izdatna finančna sredstva (National …, 2011). Nanomateriali so torej že vključeni v naše vsakdanje življenje, še vedno pa je v povojih razumevanje potencialne toksičnosti (Tarver, 2006; The potential ..., 2009), prav tako skoraj ni predpisov, ki bi urejali možna tveganja za zdravje ljudi in varstvo okolja (Cushen in sod., 2012). Pojavljati so se že začele študije, ki vidijo v nanodelcih tudi potencialno tveganje za zdravje (Ostrowski in sod., 2009).

Z inovativnimi pristopi obeta nanotehnologija možnosti reševanja aktualnih problemov tudi na področjih, povezanih s povpraševanjem po zdravi in varni hrani. Cilj je precizno kmetovati, čim bolj zmanjšati onesnaževanje in povečati pridelke. Potencial je v lastnostih nanomaterialov, pri katerih se zaradi večje površine doseže boljša topnost, zaradi majhnosti delca pa so izboljšane sistemske aktivnosti in mobilnost. S kontroliranim sproščanjem agrokemikalij za prehrano in zaščito rastlin pred škodljivci in boleznimi lahko zmanjšamo toksičnost in onesnaženost okolja. Majhnost delcev omogoča dostavo genetskega materiala do rastlinskih celic. Z občutljivimi senzorji, ki temeljijo na nanooksidih, je mogoče hitro zaznavanje raznih potreb rastlin po hranilih, škodljivcev in ostankov pesticidov. Omenjena tehnologija pa sega tudi na področje varstva rastlin in remediacije tal. Na področje pridelovanje hrane se nanotehnologija sicer danes še ni zelo razširila, napoveduje pa se, da naj bi v prihodnosti popolnoma spremenila celotno prehrambeno industrijo; načine proizvodnje, procesiranja, pakiranja in konzumiranja hrane (Tiju in Morrison, 2006; Rai in Ingle, 2012). Če povzamemo (Nanoscale …, 2003; Opara, 2004; Tiju in Morrison, 2006; Scrinis in Lyons, 2007; Ruffini Castiglione in Cremonini, 2009; Ghormade in sod., 2011; Khot in sod., 2012; Misra in sod., 2013), bi uporabo nanotehnologije na področju pridelave kmetijskih rastlin na grobo razdelili sledeče:

- enkapsulirani pesticidi, gnojila ali druge agro-kemikalije (nanokapsule omogočajo kontrolirano sproščanje učinkovin v določenih pogojih (kislost, vlaga, hitrost sproščanja),
- nadzorovana dostava rastnih hormonov,
- nanodelci za prenos DNK v rastline - molekularna obravnava bolezni rastlin za razvoj odpornosti pri rastlinah na stres, škodljivce in bolezni,
- nanosenzorji za monitoring talnih/ekoloških razmer in rasti rastlin,
- nanosenzorj/biosenzorji za detekcijo škodljivcev in bolezni (občutljivi nanočipi zaznavajo posamezne nukleotidne spremembe prisotnih bakterij in virusov),
- nanosenzorji za detekcije ostankov pesticidov.

Ker se področje nanoznanosti in nanotehnologije izjemno hitro razvija, je zanimivo tudi za bibliometrične raziskave. Pospešena znanstvena in tehnološka aktivnost namreč vzpodbuja tudi zanimanje za merjenje teh dejavnosti (toka znanja, znanstvenega sodelovanja ipd.). Med prvimi, ki so bibliometrično ovrednostili zgodnjo rast nanoznanosti so bili Braun in sod. (1997). Huang in sod. (2011) pa v svojem delu omenjajo preko 120 študij, ki so nanoznanost in nanotehnologijo obravnavali iz tega vidika, pri čemer uporabijo vrsto raziskovalnih metod.

Bibliometrija s pomočjo matematičnih in statističnih metod proučuje kvantitativne vidike informacij in informacijskega procesa, razvija matematične modele in merila za te procese. Raznovrstni podatki in informacije se namreč množijo, uporabniku so z razmahom komunikacijskih omrežij in tehnologije tudi neposredno dostopni, množijo pa se tudi različni informacijski sistemi, ki te podatke, ki dejansko predstavljajo človeško znanje, sistematično obdelujejo, hranijo in dajejo v uporabo. Čeprav so informacije na voljo, pa postaja sledenje in spremljanje informacij v današnjem dinamičnem in nenehno spreminjajočem sistemu znanstvenih odkritij vedno bolj zapletena naloga. Z ekstrakcijo relevantnih podatkov, različnimi kvantitativnimi študijami in prikazi omrežij pa lahko izpostavimo relacije med obravnavanimi elementi. Skupaj z ocenami ekspertov postajajo omenjene metode tako pomembno orodje za monitoring znanstvenih in tehnoloških trendov (Maghrebi in sod., 2011).
Bibliometrična analiza je tudi namen našega dela. Proučiti smo želeli, v kolikšni meri se področje nanoznanosti in nanotehnologije prepleta s področjem kmetijstva, predvsem z vsebinami, ki se nanašajo na rastlinsko pridelavo.

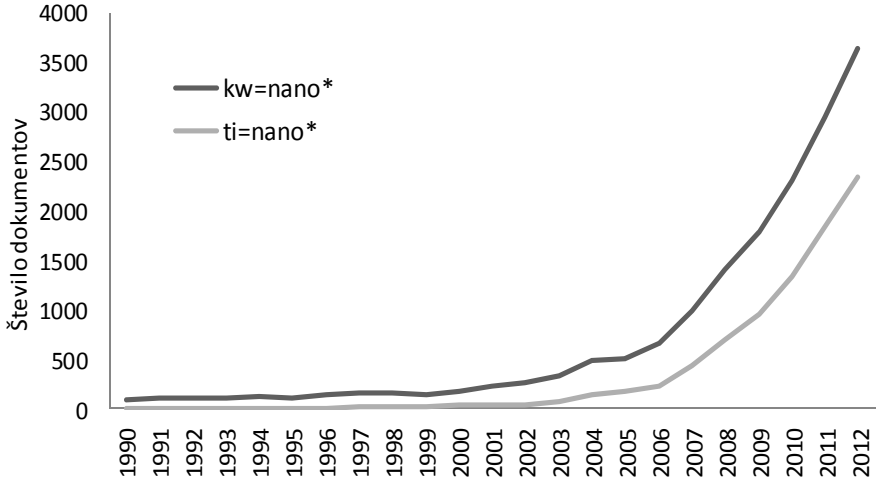
2 Material in metode dela

Podatke za našo analizo smo iskali v zbirki CAB, ki velja za najboljši razpoložljivi specializirani vir informacij za širše področje kmetijstva. Zajema bibliografske podatke vseh vrst gradiva s področij živalske in rastlinske proizvodnje, gozdarstva, lesne industrije, živilske tehnologije, veterine, varstva okolja, človeške prehrane ter drugih področij, ki so povezana s proučevanjem žive narave. Proizvajalec zbirke je CABI - Centre for Agriculture and Biosciences International iz Velike Britanije. Za indeksiranje uporabljajo svoj tezaver.
Za pripravo delovnih zbirk, obdelavo podatkov in pripravo kart smo uporabili programsko opremo MS Office, Bibexcel (Persson, 2010), program Pajek za vizualizacijo omrežij (Batagelj in Mrvar, 2012) in GSview (2012) za prikazovanje vektorskih slik (EPS format). Z enostavno iskalno poizvedbo s korenom nano* po naslovu dokumentov smo za leto 2012 iz zbirke CAB priklicali 2.341 bibliografskih zapisov. Iz posameznih zapisov smo izluščili deskriptorje – kontrolirane ključne besede (angl. 'subject headings'), ki jih določajo na osnovi CAB tezavra in predmetne kode – “CABIcodes”, ki področje vsebinsko opišejo nekoliko širše. Zaradi boljše preglednosti smo uporabili kar opise CABI kod (kode so sicer sestavljene iz dveh črk in treh številk, vsak zapis pa je klasificiran z vsaj eno kodo). Izbrane klasifikacijske oznake smo prikazali v omrežju, povezave med njimi pa smo določali v sobesedni analizi, ki je analiza sopojavljanja (hkratnega pojavlja) posameznih predmetnih oznak v istih zapisih.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 POJAVNOST NANO ČLANKOV V ZBIRKI CAB PO LETIH

Za časovno obdobje 1990 do 2012 smo najprej proučili pojavnost dokumentov, ki vključujejo besede s korenom nano. Posebej smo analizirali pojavnost besed s korenom nano* izključno v naslovu in posebej, če se le-te pojavijo v polju izvleček, originalni naslov ali kot ključna beseda (“cabicodes”, “broad terms” in “heading words”). S slike 1 je razvidno priraščanje števila dokumentov v zbirki po letih. Pojavnost člankov z nano vsebinami se je močneje povečalo zlasti v zadnjih nekaj letih, kar nakazuje na povečevanje števila raziskov na tem področju.



Slika 1: Število bibliografskih zapisov v CAB po letih za dokumente glede na iskanje s korenom nano po naslovu (ti – angl. title) oziroma po besedah iz naslova, izvlečka, originalnega naslova in deskriptorjev (kw – angl. keywords)*

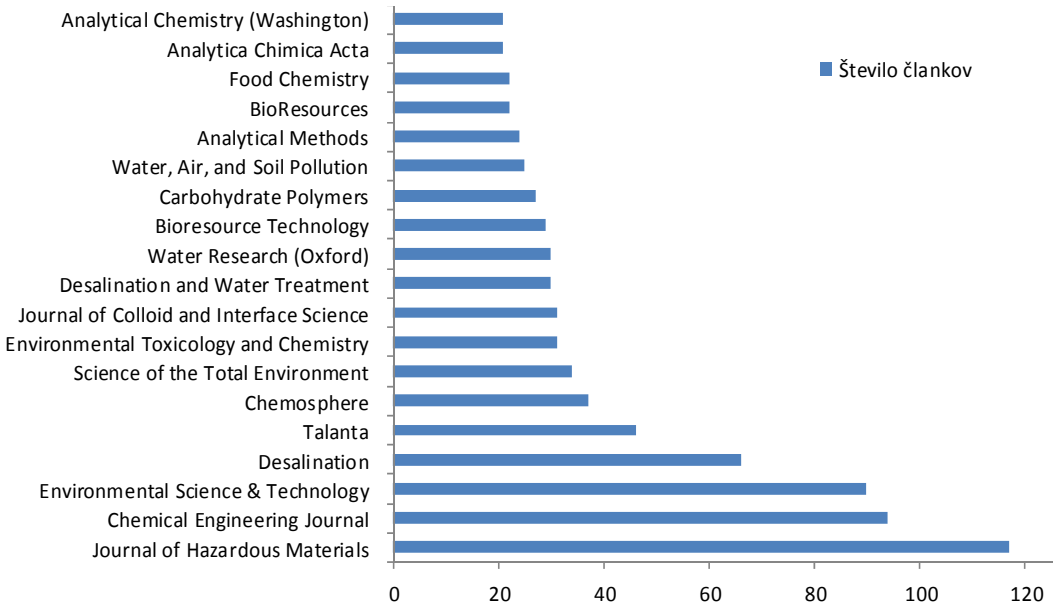
3.2 REVIJE, KJER SO OBJAVLJENI NANO ČLANKI

V tej analizi smo proučevali, v katerih revijah so objavljeni nano članki v zbirki CAB. Izbrali smo dokumente, pri katerih so se besede s korenom nano pojavile v naslovu, gradivo pa je bilo izdano v letu 2012. Izmed 2.341 priklicanih bibliografskih zapisov smo izluščili 74 različnih revij. Na sliki 2 so predstavljene le revije z največjo pojavnostjo člankov, po naslovih sodeč pa so predvsem tiste z okoljsko tematiko.

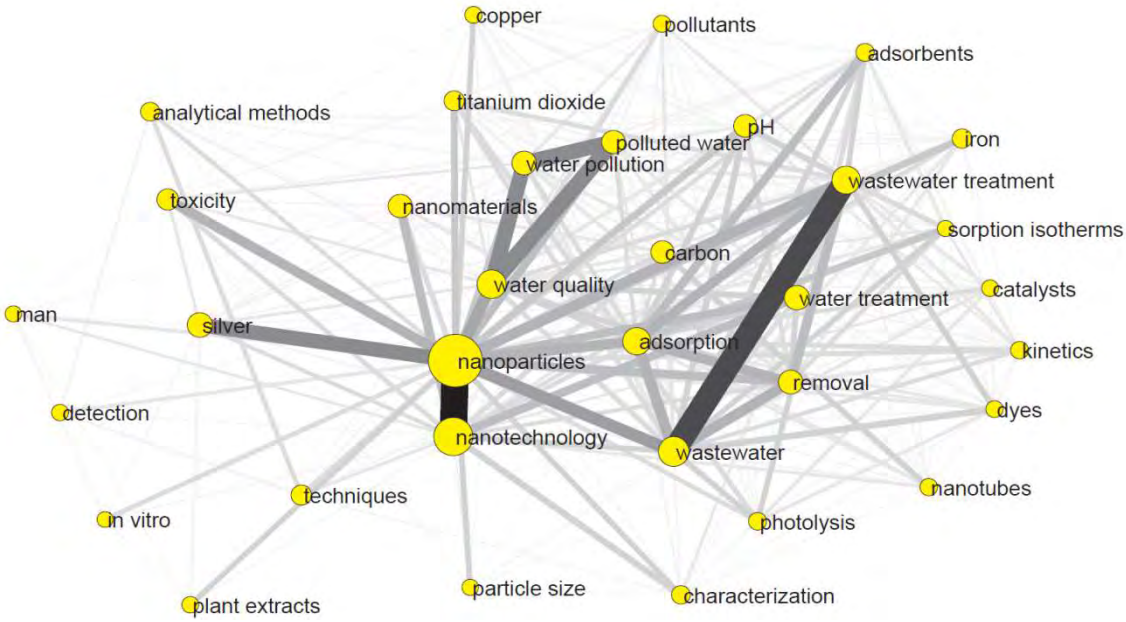
Gradivo, ki smo ga priklicali, po naslovih sodeč ne kaže na 'kmetijstvo' v strogem smislu besede. Predpostavljamo pa, da so pri organizaciji CABI ocenili, da gre za revije, ki zajemajo precejšen delež vsebin, ki so aktualne za širše področje kmetijstva in sorodnih tehnologij.

3.3 ANALIZA PREDMETNIH OZNAK

Na osnovi istega seta podatkov smo pripravili tudi analizo ključnih besed, ki smo jih izluščili iz nabora vseh polj posameznih bibliografskih zapisov. Slika 3 prikazuje omrežje deskriptorjev, slika 4 pa omrežje CABI kod. Povezave med njimi so pripravljene na osnovi analize sopojavljanja, to je hkratnega pojavlja posameznih predmetnih oznak v istih zapisih. Zaradi lažje preglednosti smo omrežje pripravili le za predmetne oznake z najvišjo pojavnostjo. Velikost točk kaže na pojavnost posamezne predmetne oznake v setu podatkov, povezave med njimi pa predstavljajo frekvenco hkratnega pojavljanja predmetnih oznak v posameznih člankih. Iz omrežja deskriptorjev lahko razberemo, da se okrog deskriptorjev, kot so nanoparticles, nanotechnology, nanomaterials, silver, carbon, titanium dioxide pojavijo predmetne oznake, ki opisujejo področje čiščenja voda, odpadne vode, kakovost voda, barvila, druga skupina pa se vrti okrog analitičnih metod, detekcije, tehnik, toksičnosti. Srebro se v povezavi z nanotehnologijo pogosto omenja predvsem zaradi antibakterijskih in fungicidnih lastnosti.



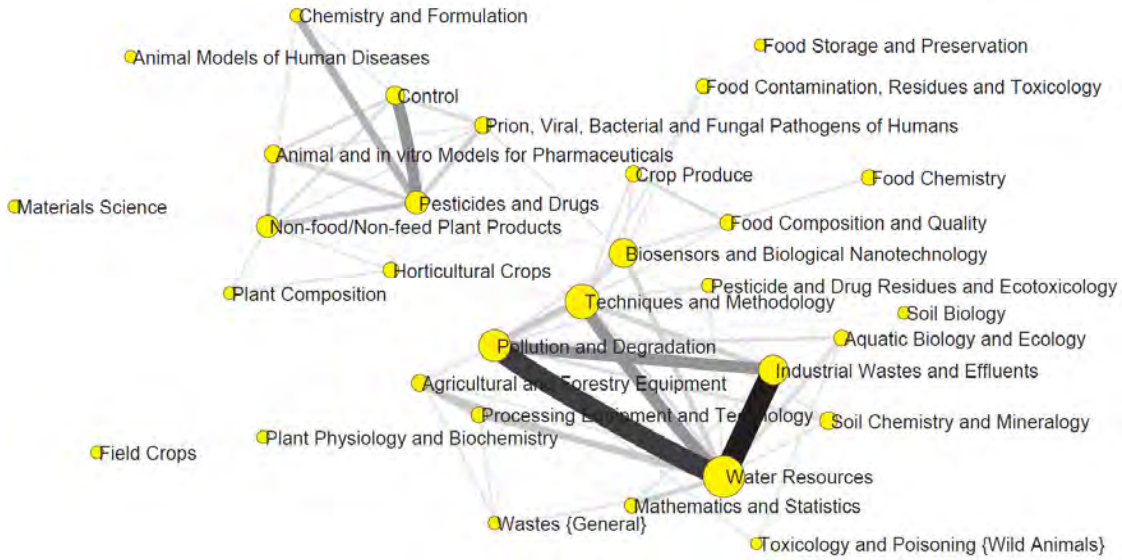
Slika 2: Pojavnost člankov iz posameznih revij v zbirki CAB (leto 2012, beseda nano v naslovu)*



Slika 3: Mreža predmetnih oznak z najvišjo pojavnostjo (leto 2012, nano v naslovu)*

Kot je razvidno s slike 4, kjer so prikazane CABI kode, ki se v setu podatkov najpogosteje pojavijo, najmočneje izstopita povezavi med kodami *Water Resources* in *Pollution and Degradation* oziroma kodo *Industrial Wastes and Effluents.* Velikost točk kaže, da je tudi pojavnost teh kod v omrežju največja. Poleg skupine kod, ki se nanašajo na onesnaženost, v povezavi z odpadki, vodnimi viri, kemijo in biologijo tal, ostanki pesticidov, ekologijo in toksikologijo, bi lahko iz mreže izluščili še dve skupini. Ena se nanaša na različne vidike v

povezavi s hrano (pridelovanje, kakovost, kemija, kontaminacija, toksikologija, ostanki pesticidov, skladiščenje in ohranjanje), pri drugi skupini pa najbolj izstopita kodi, ki opišeta področje pesticidov in drugih fitofarmacevtskih sredstev ter nadzora nad njimi. Te kode se nadalje povezujejo z vsebinami, povezanimi z boleznimi človeka oziroma živali ter različnimi modeli. CAB vključuje tudi kodo *Biosensors and Biological Nanotechnology*, ki se pojavi v središču našega omrežja in se povezuje s kodami iz omenjenih skupin.



Slika 4: Mreža CABI kod z najvišjo pojavnostjo (leto 2012, nano v naslovu dokumentov)*

4 Sklepi

V analizi smo na podlagi podatkov iz zbirke CAB, ki velja za najboljši razpoložljivi specializirani vir informacij za širše področje kmetijstva, ugotavljali smeri raziskovanja uporabe nanotehnologije. Izkaže se, da so močno zastopane predvsem vsebine z okoljsko tematiko, ni pa videti, da bi se nanotehnologija razširila na ožje področje pridelovanja hrane. Poleg skupine CABI kod, ki kaže na onesnaženost, se v mreži pojavijo še vsebine, ki se nanašajo na zdravo in varno hrano ter nadzor nad pesticidi v povezavi zdravjem ljudi. Središčno pozicijo zaseda kategorija *Biosensors and Biological Nanotechnology*, ki se povezuje z drugimi kodami.

Bibliometrične analize se pokažejo kot koristno orodje. Bibliografske podatkovne zbirke sicer same po sebi ponujajo urejene podatke, kljub temu pa iz množice 'surovih' bibliografskih podatkov težko potegnemo kakšne pomembnejše zaključke o pretoku znanja in različnih povezavah, ki iz tega izhajajo. Z bibliometričnimi analizami lahko predstavimo problematiko na način, ki je bližji razumevanju človeka, pokažejo pa se tudi relacije, ki bi si jih sicer težko predstavljali.

5 Literatura

Braun, T., Schubert, A., Zsindely, S. 1997. Nanoscience and nanotechnology on the balance. Scientometrics, 38, 2: 321-325

CAB Abstracts. EBSCOhost. The most comprehensive coverage of applied life sciences content. http://www.ebscohost.com/academic/cab-abstracts (12.10.2014)

Commission recommendation (696/EU/2011) of 18 october 2011 on the definition of nanomaterial (text with EEA relevance). Official Journal of the European Union, L275/38 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF (12.10.2014)

Cushen, M., Kerry, J., Morris, M., Cruz-Romero, M., Cummins, E. 2012. Nanotechnologies in the food industry – recent developments, risk and regulations. Trends in Food Science and Technology, 24: 30-46

Ghormade, V., Deshpande, M.V., Paknikar, K.M. 2011. Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. Biotechnology Advances, 29: 792-803

GSview. 2012. http://pages.cs.wisc.edu/~ghost/index.htm/ (dec. 2012)

Huang, C., Notten, A., Rasters, N. 2011. Nanoscience and technology publications and patents: a review of social science. studies and search strategies. Journal of Technological Transfer, 36: 145-172

Khot, L.R., Sankaran, S., Maja, J.M., Ehsani, R., Schuster, E.W. 2012. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: a review. Crop Protection, 35: 64-70

Maghrebi, M., Abbasi, A., Amiri, S., Monsefi, R., Harati, A. 2011. A collective and abridged lexical query for delineation of nanotechnology publications. Scientometrics, 86:15–25

Misra, A.N., Misra, M., Singh, R. 2013. Nanotechnology in agriculture and food industry. International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology, 16, 2: 1-9

Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. 2003. http://www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf (13.9.2013)

National nanotechnology Initiative. Official website of the United States National. Nanotechnology Initiative. http://www.nano.gov/search?keys=definition (11.11.2011)

Opara, L.U. 2004. Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21st century. Part 1: Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. http://ecommons.library.cornell.edu/bitstream/1813/10397/1/Invited%20Overview%20Opara%20final%2017August2004.pdf (13.9.2013)

Ostrowski, A.D., Martin, T., Conti, J. 2009. Nanotoxicology: characterizing the scientific literature, 2000-2007. Journal of Nanoparticle Research, 11, 2: 251-257

Persson, O. 2010. Bibexcel – a toolbox for bibliometricians. http://www8.umu.se/inforsk/Bibexcel/ (februar, 2011)

Rai, M., Ingle, A. 2012. Role of nanotechnology in agriculture with special reference to management of insect pests. Applications in Microbial Biotechnology, 94: 287-293

Remškar, M. 2009. Nanotehnologija in nanodelci. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje. Urad Republike Slovenije za kemikalije. http://www.kemijskovaren.si./files/nano_knjiga.pdf (okt., 2010)

Roco, M.C., Bainbridge, W.S. 2002. Converging technologies for improving human performance: Integrating from the nanoscale. Journal of Nanoparticle Research, 4: 281-295

Ruffini Castiglione, M., Cremonini, R. 2009. Nanoparticles in higher plants. Caryologia, 62, 2: 161-165

Scrinis, G., Lyons, K. 2007. The emerging nano-corporate paradigm: nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems. International Journal of Food and Agriculture, 15, 2: 22-44

Tarver, T. 2006. Food nanotechnology. Food Technology, 11, 6: 23-25

Tiju, J., Morrison, M. 2006. Nanotechnology in agriculture and food: nanoforum report. Institute of Nanotechnology. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanotechnology_in_agriculture_and_food.pdf (13.9.2013)

The potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety. EFSA Journal, 958: 1-39

Wood, S., Geldart, A., Jones, R. 2008. Crystallizing the nanotechnology debate. Technology Analysis & Strategic Management, 20, 1:13-27