

**Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije
Slovenian Institute of Hop Research and Brewing**

Hmeljarski bilten Hop Bulletin

21(2014)



Žalec, 2014

Izdaja / Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) /
Issued by Slovenian Institute of Hop Research and Brewing (IHPS)
Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija / Slovenia

Urednici /
Editors **dr. Barbara Čeh** in **dr. Andreja Čerenak**

Uredniški odbor /
Editorial Board **dr. Barbara Čeh** (IHPS), doc. dr. **Andreja Čerenak** (IHPS), prof. dr. **Anton Ivančič** (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru / Faculty of Agriculture and Life Sciences University of Maribor.), izr. prof. dr. **Jernej Jakše** (Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani / University of Ljubljana, Biotechnical Faculty), prof. dr. **Branka Javornik** (Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani / University of Ljubljana, Biotechnical Faculty), doc. dr. **Iztok Jože Košir** (IHPS), dr. **Karel Krofta** (Hop Research Institute, Žatec, Češka), izr. prof. dr. **Martin Pavlovič** (IHPS), dr. **Sebastjan Radišek** (IHPS), dr. **Elisabeth Seigner** (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, ZRN / Bavarian State Research Center for Agriculture, Freising, Germany), dr. **Siniša Srečec** (Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Hrvaška / College of Agriculture at Križevci, Croatia), prof. dr. **Anton Tajnšek** (emeritus), prof. dr. **Dominik Vodnik** (Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani / University of Ljubljana, Biotechnical Faculty)

Naslov uredništva /
Address of Editor Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, Slovenija;
e-pošta/e-mail: barbara.ceh@ihps.si, andreja.cerenak@ihps.si

Prispevki so dvojno recenzirani s strani članov uredniškega odbora.

Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji.

/ Papers are reviewed and revised. Authors are fully responsible for proper linguistic structure of the text.

Domača stran /
Home page <http://www.ihps.si>

Financerja /
Financed by Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in IHPS
/ Slovenian Research Agency and Slovenian Institute of Hop Research and Brewing

Naročnina /
Subscription Posamezna številka 20,20 EUR
Individual issue 20.20 EUR

Trans. račun /
Account 06000-0006336339 Banka Celje d.d., Celje

Bilten zajemajo /
Indexed and COBISS, AGRIS, CABI Publishing, EBSCO Publishing
abstracted by

Dokumentacijska Mednarodna: Slovenski nacionalni center AGRIS /
obdelava / International: Slovene National AGRIS Center
Indexing, Domača: mag. Simona Juvan, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani,
Classification and Centralna biotehniška knjižnica /
Networking National: Simona Juvan, M.Sc., University of Ljubljana, Biotechnical Faculty,
Central Biotechnical Library

Tisk /
Printed by Birografika Bori d. o. o.
Natisnjeno v 100 izvodih. / Printed in 100 copies.

Avtorske pravice /
Copyright © 2014 Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije /
© 2014 Slovenian Institute of Hop Research and Brewing

VSEBINA / CONTENTS

Zala KOLENC, Andreja ČERENAK, Dominik VODNIK Kako hmelj (<i>Humulus lupulus</i> L.) uravnava vodno bilanco in se odziva na sušo? / How does hop (<i>Humulus lupulus</i> L.) regulate its water balance and respond to drought?.....	5
Magda RAK CIZEJ, Katja ŠPORAR, Mateja ŠTEFANČIČ, Matej ŠTEFANČIČ, Gregor BELUŠIČ Preizkus led svetlobne vabe pri spremljanju pojava koruzne vešče (<i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER) / Testing of a led light trap monitoring system for European Corn Borer (<i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER).....	14
Tanja GUČEK, Sebastjan RADIŠEK, Jernej JAKŠE, Branka JAVORNIK Biologija interakcij med rastlinami in viroidi / Biology of plant viroid interactions.....	27
Martin PAVLOVIČ Analiza globalnega povpraševanja po hmelju med letoma 1980-2012 / Analysis of the global demand for hops in the years 1980-2012.	38
Matjaž GLAVAN, Andrej UDOVČ, Marina PINTAR Ekonomski učinki predvidene izgradnje suhih zadrževalnikov na kmetijstvo v Spodnji Savinjski dolini / Economic effects of the planned dry detention reservoirs construction on the agriculture in the Lower Savinja valley.....	49
Miha OCVIRK, Iztok Jože KOŠIR Pomen linalola v pivovarstvu / Importance of linalool in brewing	68

Barbara ČEH, Iztok Jože KOŠIR, Saša ŠTRAUS, Monika OSET LUSKAR Kakovost in pridelek ričkovega olja (<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz) glede na sorto in lokacijo / Quality and yield of Camelina oil (<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz) depending on the variety and location	74
Nataša FERANT, Barbara ČEH Vpliv rastišča na pridelek in vsebnost eteričnega olja pri žajblju (<i>Salvia officinalis</i> L.) / Impact of habitat on the yield and essential oil content of sage (<i>Salvia officinalis</i> L.)	85
Boštjan NAGLIČ Reference evapotranspiration calculations: comparisons of sum of hourly and daily time steps / Izračuni referenčne evapotranspiracije: primerjava vsote urnih proti dnevnim izračunom	93
Martin PAVLOVIČ, Vilma ŠUŠTAR, Melanija ŠINKOVEC Tržna analiza vedenja kupcev mesa na območju severovzhodne Slovenije / Market analysis of meat buyers' behaviour in North East of Slovenia.	104

V spomin prof. dr. Tonetu Wagnerju



Vsi ljudje smo povezani z naravo, samo eni bolj, drugi pa manj. Tisti pa, ki jo čutijo z vsem srcem, tisti osvojijo tudi njen ritem. Tako kot se je letos prevesilo poletje v jesen, ko vse odhaja k počitku, tako nas je ravno v tem času dosegla vest, da je svoj tek dokončalo življenje prof. dr. Toneta Wagnerja. Kleno življenje, ki je zvesto slovenski naravi služilo zemlji in svoji družini. Bil je globoko spoštovan tako v znanstvenih krogih doma in posvetu, kot tudi med kmeti v Savinjski dolini, ki ji je posvetil svoje življenje. Bog ve, kdaj je dr. Wagnerja oprasnil hmelj, ta čudovita rastlina, ki se mu je ovila okrog srca skoraj tako močno kot njegova žena, obe hčerki in cela družina.

Življenje profesorja Wagnerja je bilo polno in bogato, tako strokovno kot na ostalih področjih.

Rodil se je 05. januarja 1931 v Ljubljani. Tam je leta 1949 maturiral in se po končani gimnaziji vpisal na Fakulteto za agronomijo, gozdarstvo in veterinarstvo Univerze v Ljubljani, kjer je leta 1955 tudi diplomiral. Leta 1969 je magistriral na Poljoprivrednom fakultetu Univerze v Zagrebu na področju prehrane rastlin in leta 1975 uspešno branil doktorsko disertacijo z naslovom »Divji hmelj v Jugoslaviji« na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Že kot študent je prejel Prešernovo nagrado za obdelavo teme »Ultramehanične metode«.

Po zaključku študija se je 1956 leta zaposlil na takratnem Inštitutu za hmeljarstvo, kjer je bil zaposlen celih 35 let do leta 1991; od leta 1960 kot vodja Oddelka za hmeljarstvo.

Ob prebiranju pisnih virov, ki pričajo o njegovi bogati zapuščini dosežkov v času njegovega aktivnega dela, je težko izluščiti samo nekatere poudarke. Njegovo delovanje namreč ni bilo strogo usmerjeno samo na eno ali dve ozki strokovni področji, temveč je pokrival celo paleto.

Strokovno se je izpopolnjeval na študijskih potovanjih ter specializacijah v tujini; v ZDA, Angliji, takratni Čehoslovaški republiki, Sovjetski zvezi, Kitajski, Franciji in Argentini, kjer je bil izvedenec za hmeljarstvo v tamkajšnji misiji. Za to delo je že leta 1971 prejel priznanje argentinskih hmeljarjev.

Deloval je predvsem na področju agrotehnik in žlahtnjenja hmelja ter zdravilnih rastlin. Bil je avtor in soavtor slovenskih sort hmelja, za kar je kar dvakrat, skupaj s sodelavci, leta 1972 in 1981, prejel nagradi za izume in tehnične izboljšave Sklada Borisa Kidriča, za vzgojo in žlahtnjenje novih sort hmelja Ahil, Apolon, Atlas, Aurora in sort serije B. V tem času so na Inštitutu zasnovali gensko banko hmelja s predstavniki divjih in žlahtnjenih sort hmelja s celega sveta.

V času delovanja na Inštitutu je bil predsednik Hmeljne komisije Slovenije in član znanstvene komisije Evropskega hmeljnega biroja. Za svoje obširno angažiranje in rezultate na področju hmeljarske tematike je leta 1970 prejel priznanje Mednarodne hmeljarske organizacije – Vitez hmeljarskega reda.

Že zelo zgodaj je doumel pomen pridelave zdravilnih in aromatičnih rastlin kot dopolnilne dejavnosti hmeljarstvu. V ta namen je osnoval Vrt zdravilnih in aromatičnih rastlin, ki na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, kot genska banka za raziskovalne, strokovne in izobraževalne namene, s preko 300 rastlinskih vrst, deluje še danes. Iz tega časa imamo monografiji Pridelovanje zdravilnih rastlin in Vrt zdravilnih rastlin.

Rezultate svojega dela in dela svojih sodelavcev je predstavil v številnih predavanjih na strokovnih in znanstvenih srečanjih doma in v tujini, ter sam in s sodelavci napisal dolgo vrsto znanstvenih, strokovnih in poljudnih člankov in razprav v domačih in tujih revijah.

Za svoje raziskovalno delo v Občini Žalec je v letih 1982 in 1984 prejel priznanji za raziskovalno delo: Kategorizacija kmetijskih zemljišč in Pasovni namakalniki za namakanje pod rastlinami. V letu 2006 je za prispevek k razvoju Občine Žalec prejel Grb občine Žalec.

Poleg znanstveno raziskovalnega ter strokovnega dela je bil aktiven tudi na pedagoškem področju, kjer je predajal svoje znanje naslednji generaciji, predvsem agronomom. Že leta 1978 je bil habilitiran v naziv izrednega profesorja za področje pridelovanja rastlinskih drog na Biotehniški fakulteti, kjer je bil leta

1990 habilitiran v naziv rednega profesorja za področje Pridelovanja rastlinskih drog in hmelja. V letu 1993 je prevzel cikel predavanj pridelovanje zelišč na Fakulteti za kmetijstvo Univerze v Mariboru.

Tudi po upokojitvi je nadaljeval svoje delo in leta 1997 izdal monografijo Pridelovanje zelišč.

Bil je izjemen strokovnjak, dober kolega, za mnoge študente čudovit profesor. Svoje življenjsko poslanstvo je torej ob plodovitem delu številnih strokovnih člankov in knjig zaključil še s profesuro, posredovanjem znanja mlajšim generacijam. Predvsem pa posredovanjem iskriivega, inovativnega duha in izjemne širine v vseh pogledih. Lepo je iz časovne distance pogledati na delo strokovnjaka, kot je bil prof. dr. Tone Wagner, in ob tem ugotoviti, da so številne njegove zamisli in dognanja še vedno aktualni tudi v sedanjem času.

V svojih delih sam boš živel večno, pravi Aškerc, in to še kako velja za dr. Wagnerja. V vseh številnih člankih, knjigah in vseh, ki jih je nesebično bogatil s svojim znanjem, bo živel še vedno.

Spat odhaja hmelj, porezali smo njegovo močno rastlino, segajočo v nebo, odcvitajo zdravilne rastline in tokrat z njimi odhaja tudi prof. dr. Tone, verjamemo, da srečen in osvobojen teže bolezni zadnjih let, v spominu z nami pa ostaja za vedno.

Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije

KAKO HMELJ (*Humulus lupulus* L.) URAVNAVA VODNO BILANCO IN SE ODZIVA NA SUŠO?

Zala KOLENC¹, Andreja ČERENAK², Dominik VODNIK³

UDK / UDC 633.791:581:632.112(045)

pregledni znanstveni članek / review scientific article

prispelo / received: 14. oktober 2014

sprejeto / accepted: 25. november 2014

Izvleček

V spreminjajočem okolju se morajo rastline soočiti z različnimi stresnimi dejavniki. Med temi je eden najbolj pogostih in neugodnih suša. Če pomanjkanje vode ni prehudo, si lahko rastline z različnimi mehanizmi zagotovijo ustrezno preskrbo z vodo in omejijo njene nepotrebne izgube. Članek predstavlja teoretične osnove uravnavanja vodne bilance rastlin in izpostavlja mehanizme regulacije vodne bilance pri hmelju (*Humulus lupulus* L.).

Ključne besede: sušni stres, rastline, hmelj, *Humulus lupulus*, vodna bilanca

HOW DOES HOP (*Humulus lupulus* L.) REGULATE ITS WATER BALANCE AND RESPOND TO DROUGHT?

Abstract

Plants in changing environment have to cope with different constraints, the drought being one of the most frequent and challenging. Different mechanisms enable plants to achieve sufficient water supply and to limit unnecessary water losses. This paper presents the theoretical fundamentals of water balance management in plants and exposes mechanisms of water balance regulation that have been studied in hop (*Humulus lupulus* L.).

Keywords: drought stress, plants, hop, *Humulus lupulus*, water balance

1 UVOD

Rastline so tako v naravnih razmerah kot tudi v agroekosistemih izpostavljene delovanju okoljskih dejavnikov, ki lahko povzročajo stres, le-ta neugodno vpliva na rast in razvoj, pri kmetijskih rastlinah pa zmanjšuje pridelek. Eden glavnih stresnih dejavnikov je suša. V zadnjih letih so problemi s sušo vedno večji; v

¹ Mag. inž. živ. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: zala.kolenc@ihps.si

² Doc. dr., prav tam, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

³ Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000, Ljubljana, e-pošta: dominik.vodnik@bf.uni-lj.si

povezavi z globalnimi okoljskimi spremembami se pojavljajo pogostejša in resnejša obdobja pomanjkanja vode v vse več območjih. Suša je pojav, h kateremu ne prispeva samo pomanjkanje vode v tleh, ampak tudi primanjkljaj vode v ozračju, njen učinek pa se izjemno poveča v kombinaciji z visokimi temperaturami in biotskim stresom.

Na zmanjšanje padavin v zadnjih letih in njihovo neenakomerno časovno razporeditev med rastno sezono je občutljiv tudi hmelj (Gloser in sod., 2013). Negativne učinke suše na to kulturo poskušamo zmanjševati z uporabo primernih in učinkovitih namakalnih sistemov in s selekcijo na sušo tolerantnih sort. Predpogoj za oba pristopa pa je razumevanje uravnavanja vodne bilance pri hmelju in poznavanje njegovega fiziološkega odziva na sušo.

2 VODNA BILANCA RASTLIN

Razliko med vodo, ki jo rastlina sprejema iz okolja, in vodo, ki jo v okolje oddaja, imenujemo vodna bilanca rastlin. Bilanca rastline je negativna, kadar je sprejem vode manjši od oddajanja (Kramer in Boyer, 1995). Za vodno bilanco rastline so pomembni razmerje med površinama, preko katerih rastlina sprejema in oddaja vodo, učinkovitost sprejema in transporta vode po rastlini, ter morfološko-anatomske prilagoditve, ki omejujejo njeno oddajanje.

Transport vode v kontinuumu tla-rastlina-ozračje poteka na osnovi razlik v vodnem potencialu. **Vodni potencial** (Ψ ; enota MPa) je mera, ki odraža razpoložljivost vode v nekem sistemu (tla, rastlina, posamezna rastlinska tkiva oz. celice, zrak...). Med dvema povezanima sistemoma voda prehaja iz sistema z večjim Ψ , na področje z manjšim Ψ . Na tej osnovi poteka tudi **sprejem vode v rastlino**. Kljub temu da lahko rastline sprejemajo vodo preko celotne površine, daleč največ vode sprejmejo korenine. Voda iz tal lahko v koreninski sistem prehaja, dokler je vodni potencial korenin bolj negativen kot vodni potencial tal. Prevodnost korenin za vodo je največja v absorpcijskem območju končnih delov korenin, ki so zaradi izločanja koreninskega izločka tudi v dobrem stiku s substratom. V koreninah se mora voda transportirati do centralnega cilindra, kjer so umeščena prevajalna tkiva (ksilem in floem). Voda tu vstopa v ksilem, po katerem poteka **transport v nadzemne dele** rastlin. Gre za snovni tok, ki ga žene tlačna razlika med koreninami in nadzemnimi deli. Ta razlika se večinoma ustvarja v listih ob oddajanju vode v ozračje. Proces oddajanja, poznan pod imenom **transpiracija**, je lahko zaradi velike razlike v Ψ_{zrak} in Ψ_{lista} zelo intenziven (zrak je v primerjavi z notranjostjo lista večinoma zelo suh). S 'sušenjem' celičnih sten v listu se ustvarja podtlak, tenzija, ki vodni stolpec vleče po ksilemu. V razmerah, ko rastlina ne transpirira, se lahko tlačna razlika ustvarja zaradi povečanega tlaka v centralnem cilindru korenine. Ob aktivnem sprejemu ionov mineralnih hranil prihaja do osmotskega sprejema vode, ki poveča tlak v tem delu rastline. Ksilemski transport

je mogoč zaradi strukturnih prilagoditev izdolženih celic, ki gradijo žile. To so traheje in/ali traheide, ki imajo ojačano celično steno ter, ker so mrtve, veliko hidravlično prevodnost. Transport vode po ksilemu je učinkovit zaradi relativno velike natezne trdnosti vode. Vodni stolpec se pretrga šele ob večjih tlačnih razlikah. V takšnem primeru zrak v žili (embolija) blokira nadaljnji transport, kar vodi do večjega primanjkljaja vode v listih. Problem embolij se pojavlja v sušnih razmerah.

Oddajanje vode iz listov, transpiracija, poteka v največji meri skozi listne reže (stomata; stomatalna transpiracija), zaradi zaščite s kutikulo na listni povrhnjici je na drugih mestih bistveno manjše (kutikularna transpiracija). Celice zapiralke, ki gradijo listno režo, omogočajo aktivno regulacijo prevodnosti (stomatalna prevodnost). Ta je regulirana tako, da rastlina pridobi iz zraka zadosti ogljikovega dioksida, fotosintetskega substrata, in ob tem ne igubi preveč vode. Na prevodnost listnih rež vpliva več dejavnikov (temperatura, svetloba, koncentracija CO₂), prevladujoči pa je prav gotovo vodni potencial rastline. Ob splošnem zmanjšanju razpoložljivosti vode v rastlini se lahko reže zapirajo hidropasivno, zaradi zmanjšanja vodnega potenciala v listni povrhnjici. Hidroaktivno zapiranje/odpiranje listnih rež temelji na transportu osmotsko aktivnih ionov iz/v celice zapiralke, ki ga spremljajo premiki vode. Če se vsebnost osmotikov v zapiralki zmanjša, jo voda zapušča, zaradi zmanjšane turgorja zapiralk pa se odprta (prevodnost) reže ob tem zmanjša. V hidroaktivni regulaciji listnih rež ima pomembno vlogo rastlinski hormon abscizinska kislina (ABA), katere koncentracija v listih se ob zmanjšanem vodnem potencialu močno poveča, bodisi zaradi sinteze na novo v koreninah ali zaradi sproščanja iz organelov v celicah lista (Taiz in Zeiger, 2006). V sušnih razmerah lahko v ksilemski tekočini zasledimo povečano koncentracijo ABA, h kateri poleg sinteze ABA v koreninah prispevajo prerazporeditev ABA iz korenin in stebela po alkalizaciji (porastu pH) ksilema, premeščanje ABA iz floema v ksilem in sprostitev ABA iz njenih vezanih oblik - konjugatov ABA (Gloser in sod., 2013). Celice zapiralke zaznavajo povečano koncentracijo ABA v listu z receptorji. Vezava na receptor povzroči iztok osmotikov iz zapiralk ter zmanjšanje prevodnosti rež. Na ta način rastlina omeji izgubo vode.

Z opisanim mehanizmom regulacije se rastlina odziva na spremenjeno razpoložljivost vode v okolju. Ob napredujoči suši se Ψ_{tal} manjša, s časom temu sledi tudi manjšanje $\Psi_{rastline}$, kar pa je močan signal za omejevanje transpiracije. Vodni potencial rastline pa se ne spreminja samo v daljših časovnih obdobjih (npr. v nekaj dneh suše), ima tudi svoj dnevni hod. Zaradi potrebe po dobavi CO₂ se ob odprtih režah voda tekom dneva iz lista izgublja. Izgubljanje vode je ob suhih dnevih najintenzivnejše okoli sredine dneva, ko je zrak zelo suh, med listom in

ozračjem pa je velika razlika v delnem tlaku vodne pare (velik deficit tlaka vodne pare). Tudi te razmere so lahko sprožilec pripiranja listnih rež.

Opoldansko pripiranje listnih rež je značilno za rastline, ki ne dopuščajo večjih nihanj v vodnem potencialu. Te, **isohidre rastline**, v neugodnih razmerah za vodno bilanco vzdržujejo uravnan vodni potencial z zmanjševanjem stomatalne prevodnosti in transpiracije. Po drugi strani **anisohidre rastline** nimajo tolikšne kontrole nad vodnim potencialom in dopuščajo večja nihanja Ψ . Tekom dneva se vodni potencial teh rastlin zaradi povečevanja deficita tlaka vodne pare in večjega oddajanja vode zmanjšuje. Anisohidre rastline v sušnem stresu dosegajo nižje vrednosti Ψ v primerjavi z zalivanimi rastlinami. S takšno strategijo gradient med vodnim potencialom tal in lista ostaja, izmenjava plinov ter fotosinteza pa sta možni tudi pri nizkem Ψ_{tal} (Tardieu in Simonneau, 1998; Domec in Johnson, 2012). Zaradi tega lahko te rastline označimo kot bolj tolerantne v primerjavi z isohidrimi rastlinami (McDowell, 2011). Seveda k večji toleranci poleg regulacije listnih rež prispevajo tudi morfološko-anatomske prilagoditve (npr. zgradba listov). V praksi je težko striktno uvrstiti rastlino med isohidre in anisohidre. Tudi pri isohidrih rastlinah se vodni potencial od začetka dneva, ko je največji ($\Psi_{\text{pred zoro}}$), do poldneva zmanjša ($\Psi_{\text{opoldanski}}$ predstavlja 24-urni minimum), a njegove dnevne spremembe ob naraščajočem deficitu tlaka vodne pare so majhne. Po drugi strani novejša raziskave izpostavljajo, da se tudi anisohidre rastline odzivajo na suh zrak z zmanjšanjem prevodnosti rež, če je razpoložljivost vode ob tleh zelo majhna. Ob močnejši suši je njihov odziv na povečanje deficita tlaka vodne pare podoben kot pri izohidrih rastlinah (Domec in Johnson, 2012).

Ne samo rastlinske vrste, tudi sorte posamezne vrste se lahko v strategiji uravnavanja vodne bilance razlikujejo (Franks in sod., 2007; Domec in Johnson, 2012). To potrjujejo rezultati raziskave na koruzi, kjer je ena izmed sort na sušni stres reagirala s hitrim zapiranjem listnih rež ob povečani vsebnosti ABA (isohidri odgovor), druga pa se je na enako stopnjo suše odzivala s počasnejšim odzivom listnih rež (Gallé in sod., 2013). O podobni raznolikosti odziva sort poročajo tudi za vinsko trto (Schultz in sod. 2005).

3 KAKŠNA JE REGULACIJA VODNE BILANCE PRI HMELJU?

Kljub gospodarskemu pomenu hmelja in dejstvu, da je tudi ta kmetijska rastlina vse bolj podvržena suši (Gloser in sod., 2013), je v literaturi izjemno malo podatkov o njegovi vodni bilanci. Hmelj je vzpenjalca, ki doseže višino 7 do 9 metrov. Za vzpenjalke je v splošnem značilno, da imajo ksilem zgrajen iz daljših trahej večjega premera, ki zagotavljajo veliko hidravlično prevodnost. Ta naj bi, skupaj z velikim razmerjem med listno površino ter prevodno površino stebela, prispevala k hitrejšemu ksilemskemu toku in normalni oskrbi najvišjih delov rastline z vodo (Andrade in sod., 2005). Po drugi strani lahko širše ksilemske žile

pomenijo večje tveganje za embolije. Posebej za vzpenjalke, ki so lahko izpostavljene suši, je zato pomembno, kakšne so hidravlične lastnosti ksilema.

Anatomske raziskave hmelja navajajo, da je povprečni premer trahej sekundarnega ksilema 73 μm (doseže pa tudi 209 μm), premer trahej primarnega ksilema pa 40 μm (82 μm) (Gloser in sod. 2011). Traheje lahko merijo v dolžino 75 (sekundarni ksilem) oz. 30 cm (primarni ksilem). Veliko razmerje med listno površino in prevodno površino ksilema nakazuje, da je transport vode v rastlini hmelja izredno učinkovit (Gloser in sod. 2011). Primerjave treh različnih sort hmelja pa so razkrile, da se te glede dimenzij in hidravličnih lastnosti ksilema malo razlikujejo (Jupa in sod. 2013). To nakazuje, da so te sorte ob suši najbrž podobno izpostavljene problemu prekinitve transporta vode zaradi embolij.

Češki raziskovalci (Gloser in sod. 2013; Korovetska in sod., 2014) navajajo, da se vodni potencial hmelja ob suši lahko precej zmanjša. V lončnem poskusu Korovetske in sod. (2014) so spremljali vodni potencial stebela in ugotovili, da ta pri vsebnosti vode v tleh od 1,4 do 0,8 g g^{-1} tal znaša od 0 do -0,5 MPa, znatno pa se zmanjša v bolj suhih tleh (pri SWC /ang. soil water content; vsebnost vode v tleh/ pod 0,5 g g^{-1} pade pod -1 MPa). O zelo podobni odzivnosti istih sort hmelja so predhodno poročali Gloser in sod. (2013). $\Psi_{\text{pred zoro}}$ je pri zalivanih rastlinah hmelja (pri SWC nad 0,75 g g^{-1}) znašal -0,74 MPa, $\Psi_{\text{opoldanski}}$ pa -1,05 MPa. Pri nezalivanih rastlinah (pri SWC pod 0,75 g g^{-1}) je bil $\Psi_{\text{pred zoro}}$ -1,25 MPa, $\Psi_{\text{opoldanski}}$ pa celo -2,34 MPa.

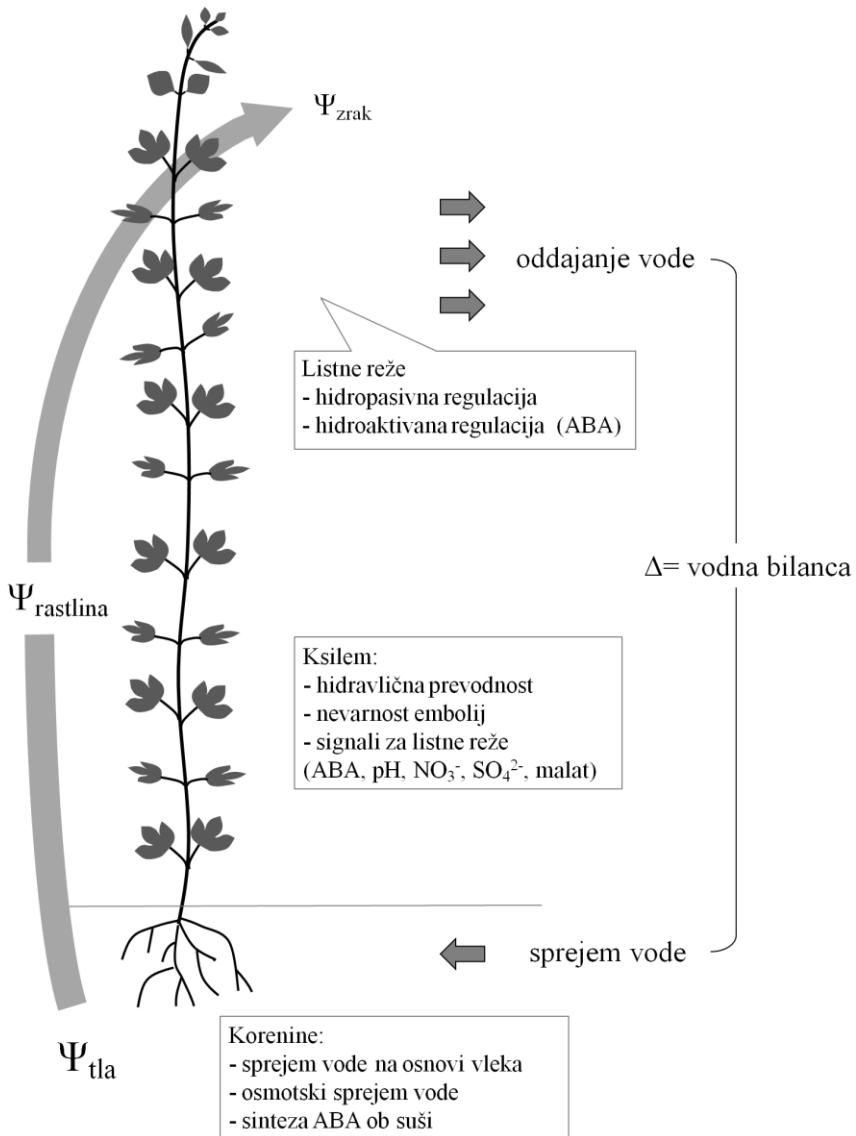
Poskusi, podobni navedenim, so bili v preteklih dveh letih opravljeni tudi na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec (Povše in sod., 2014). Pri vrednotenju odziva sort Aurora in Savinjski golding na sušo smo v primerjavi s češkimi raziskavami izmerili precej manjšo odzivnost vodnega potenciala hmelja na sušenje tal. Vodni potencial listov in tudi drugi parametri so se zmanjšali šele pri močnejši suši, ko je vsebnost vode v substratu (SWC) padla pod 20 vol. %. Pri SWC 60-70 vol. % je vodni potencial znašal od -0,16 MPa do -0,19 MPa, v suhih tleh (pri SWC 10 vol. %) pa vrednosti padejo le do -0,23 MPa. Pri opisanih vrednostih SWC smo pri zalivanih rastlinah izmerili RWC (ang. relative water content; relativna vsebnost vode) v listih 70,2 % do 78,3 %, pri nezalivanih pa je vrednost tega parametra padla od 56,2 % do 65 %. Naše meritve torej ne podpirajo trditve Gloserja in sod. (2013), ki so hmelj zaradi velikih hodov Ψ nedvoumno označili za anisohidro rastlino.

O naravi vodne bilance hmelja je moč sklepati tudi na osnovi transpiracije. Pri tem je zanimivo, da so tudi v poskusu Korovetska in sod. (2014) poročali, da se ob sušenju tal transpiracija zmanjša prej (pri večjih vrednostih SWC), kot se zmanjša vodni potencial rastline (bistven padec zabeležimo šele v bolj suhih tleh). Ta odziv rež hmelja ob blagi suši bi lahko razumeli tudi kot uravnavanje vodnega potenciala

(isohidra narava). V raziskavah Povše in sod. (2014) se je transpiracija oz. prevodnost listnih rež bistveno zmanjšala šele, ko se je SWC od začetnih 60-70 vol% zmanjšala pod 20 vol%, pri čemer sta bila vodni potencial oziroma RWC še vedno relativno visoka. Rezultati meritev vodnega potenciala in transpiracije se torej z navedbami Gloserja in sod. (2013) ter Korovetske in sod. (2014) precej razhajajo. Ta razlika je lahko posledica različnosti med proučevanimi sortami in različne metodologije proučevanja. Transpiracija je bila v enem primeru vrednotena gravimetrično, v drugem pa merjena s porometrom.

Za odziv nadzemnega dela, npr. odziv listnih rež, na zmanjšano razpoložljivost vode v tleh so pomembni hidravlični in kemični signali iz korenin. Hidravlične signale predstavljajo spremembe vodnega potenciala, kemični signali pa poleg ABA vključujejo še: spremembe pH ksilemske tekočine (ta se ob suši poveča), spremembe v koncentraciji ionov mineralnih hranil (nitrat, sulfat), organskih kislin (malat, citrat), proteinov in sladkorjev v ksilemski tekočini. Pri večjih rastlinah je lahko takšna signalizacija zaradi velikih razdalj vprašljiva. Za hmelj so Korovetska in sod. (2014) ugotovili, da se ob suši transpiracija zmanjšuje skladno s povečevanjem pH ksilemske tekočine, h kateri prispeva neravnovesje med anioni in kationi v ksilemski tekočini (zmanjšanje koncentracije nitrata, fosfata). Ob tem se poveča koncentracija ABA v listih kar prispeva k zapiranju listnih rež. Ob močnejšem sušnem stresu k porastu pH v ksilemu dodatno prispeva povečana koncentracija malata; delovanje ABA pa podpira tudi povečanje koncentracije sulfata v ksilemski tekočini. Avtorji zaključujejo, da je v signalizaciji med koreninami in nadzemnim delom vključenih več kemičnih signalov (slika 1).

Poleg zaznavanja vode v tleh pa je ob suši pomembno, kako se listne reže odzivajo na vlažnost zraka. Na žalost nam niso poznane nobene raziskave, v katerih bi bila proučevana odzivnost hmelja na spremembe deficita tlaka vodne pare. V literaturi tudi nismo zasledili navedb o dnevnih hodih transpiracije hmelja v naravnih razmerah, iz katerih bi bilo moč sklepati o povezavah omenjenih parametrov. Po avtorjih Domec in Johnson (2012) je poznavanje odziva rež na vlažnost zraka pri rastlinah, ki rastejo v različno suhih tleh, ključno za razumevanje njihove vodne bilance.



Slika 1: Vodna bilanca hmelja. Oddajanje vode je zaradi poenostavitve prikazano le za del nadzemnega dela. Za razlago glejte besedilo.

Figure 1: Water balance in hop. Transpiration is, for the sake of simplicity, shown only in a part of above-ground plant. See the text for explanation.

4 ZAKLJUČEK

Odziv hmelja na sušo je zelo kompleksen. Z novjšimi raziskavami hmelja so bili storjeni pomembni koraki k razumevanju zaznavanja pomanjkanja vode v tleh. Primerjava rezultatov različnih raziskav pa pokaže precejšnja razhajanja v odzivnosti vodnega potenciala hmelja na napredujočo sušo, različni so tudi zaključki glede narave njegove vodne bilance (isohidra, anisohidra). Te razlike so lahko posledice dejstva, da so bili v poskusih uporabljene različne sorte hmelja, ne smemo pa izključiti tudi vpliva metodologije proučevanja. Za še boljši uvid v odziv hmelja na sušo bi bilo potrebno lončne poskuse dopolniti z raziskavami v realnih razmerah, na hmeljiščih, in proučevanje transpiracije/odziva rež podpreti z neposrednimi meritvami ksilemskega toka ('sap-flow' metode; Smith in Allen, 1996).

5 LITERATURA

- Andrade J. L., Meinzer F. C., Goldstein G., & Schnitzer S. A. Water uptake and transport in lianas and co-occurring trees of a seasonally dry tropical forest. *Trees*. 2005; 19(3): 282-289.
- Domec J. C., Johnson D. M. Does homeostasis or disturbance of homeostasis in minimum leaf water potential explain the isohydric versus anisohydric behaviour of *Vitis vinifera* L. cultivars? *Tree Physiology*. 2012; 32 (3): 245-248.
- Franks P. J., Drake P. L., Froend R. H. Anisohydric but isohydrodynamic: seasonally constant plant water potential gradient explained by a stomatal control mechanism incorporating variable plant hydraulic conductance. *Plant Cell Environ*. 2007; 30:19-30.
- Gallé Á., Jolán C., Benyó D., Lasakay G., Leviczky T., Erdei L., Tari I. Isohydric and anisohydric strategies of wheat genotypes under osmotic stress: Biosynthesis and function of ABA in stress responses. *Journal of Plant Physiology*. 2013; 170: 1389-1399.
- Gloser V., Baláž M., Svoboda P. Analysis of anatomical and functional traits of xylem in *Humulus lupulus* L. stems. *Plant, Soil and Environment*. 2011, 57: 338-343.
- Gloser V., Balaz M., Jupa R., Korovetska H., Svoboda P. The response of *Humulus lupulus* to drought: the contribution of structural and functional plant traits. *Acta Hortic*. 2013; 1010: 149-154.
- Kramer P.J., Boyer J.S. Water relations of plants and soils. San Diego, Academic Press. 1995: 495 str.
- Jupa R., Baláž M., Svoboda P., Gloser V. Inherent variability in structural and functional traits of xylem among three hop varieties. *Plant soil environment*. 2013; 59 (6): 273-279.
- Korovetska H., Novák O., Jůza O. Signaling mechanisms involved in the response of two varieties of *Humulus lupulus* L. to soil drying: I. changes in xylem sap pH and the concentrations of abscisic acid and anions. *Plant soil*. 2014; 380: 375-387.
- McDowell N. G. Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon, metabolism, and vegetation mortality. *Plant Physiol*. 2011; 155: 1051-1059.

- Povše R., Vodnik D., Mandelc S., Javornik B., Čerenak A. Physiological studies of drought stress in hop (*Humulus lupulus* L.). V: DOLENC KOCE, Jasna (ur.), URBANEK KRAJNC, Andreja (ur.), GREBENC, Tine (ur.). *Knjiga povzetkov*, Ljubljana: Slovensko društvo za biologijo rastlin: = Slovenian Society of Plant Biology. 2014, str. 20.
- Schultz H.R. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant Cell Environ.* 2003; 26:1393–1405.
- Smith D. M., Allen S. J. Measurement of sap flow in plant stems. *Journal of Experimental Botany.* 1996; 47(12): 1833-1844.
- Taiz L., Zeiger E. 2006. *Plant physiology*. 4th ed. Sunderland, Sinauer Associates 764 str.
- Tardieu F., Simonneau T. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: Modeling isohydric and anisohydric behaviours. *J. Exp. Bot.* 1998; 49: 419-432.

PREIZKUS LED SVETLOBNE VABE PRI SPREMLJANJU POJAVA KORUZNE VEŠČE (*Ostrinia nubilalis* HÜBNER)

Magda RAK CIZEJ², Katja ŠPORAR³, Mateja ŠTEFANČIČ⁴, Matej
ŠTEFANČIČ⁵, Gregor BELUŠIČ⁶

UDK/ UDC 632.7:595.78:591.5(045)

izvirni znanstveni članek / original scientific paper

prispelo / received: 11. oktober 2014

sprejeto / accepted: 25. november 2014

Izveleček

Trenutno je ena izmed najbolj učinkovitih metod spremljanja koruzne veščice (*Ostrinia nubilalis*) svetlobna vaba z živosrebrno žarnico, katere omejitveni dejavnik je običajna odsotnost ustreznega vira energije na spremljanih lokacijah. Poleg tega je naprava zahtevna za vzdrževanje. Ker feromonske vabe za spremljanje koruzne veščice v našem okolju niso delovale, smo poizkušali najti alternativno različico. V poskus smo vključili običajne vabe Trapview (modificirana delta past z vgrajeno elektroniko za zajem in prenos podatkov) in jih opremili z LED diodami. V letu 2013 so vabe vključevale bele LED diode, vendar ulova koruzne veščice ni bilo, kljub temu da se je na klasično svetlobno vabo ulovilo 438 metuljev koruzne veščice. Z elektrofiziološko raziskavo smo prišli do spoznanja, da barvni vid koruzne veščice ločuje med UV in vidno svetlobo. Meritve so pokazale, da bele LED diode oddajajo samo vidno svetlobo, HBO živosrebrna žarnica pa tudi veliko UV svetlobe, zato smo v letu 2014 vabo Trapview opremili z UV LED sijalkami. Takšna vaba je bila bolj uspešna, a so bili ulovi v primerjavi s klasično svetlobno vabo še vedno relativno majhni. Na lokaciji Žalec je bilo ulovljenih le 10,3 % koruznih vešč v primerjavi od skupnega ulova koruzne veščice na klasični svetlobni vabi, na Rojah pa 7,2 %.

Ključne besede: koruzna veščica, *Ostrinia nubilalis*, barvni vid, svetlobne vabe, živosrebrna visokotlačna sijalka, bela LED svetloba, UV LED svetloba, monitoring, varstvo rastlin, rastlinski škodljivci

² Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Oddelek za varstvo rastlin, Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, e-pošta: magda.rak-cizej@ihps.si

³ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana; e-pošta: sporarkatja@gmail.com

⁴ Dr., Efos informacijske rešitve d.o.o., Razdrto 47b, SI-6225 Hruševje, e-pošta: mateja.stefancic@efos.si

⁵ Dr., prav tam, e-pošta: matej.stefancic@efos.si

⁶ Doc. dr., Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Oddelek za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: gregor.belusic@bf.uni-lj.si

TESTING OF A LED LIGHT TRAP MONITORING SYSTEM FOR EUROPEAN CORN BORER (*Ostrinia nubilalis* HÜBNER)

Abstract

Currently one of the most effective methods of monitoring European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, is the light trap with a mercury lamp. The limiting factor in the use of such trap is the absence of appropriate source of energy in the monitored locations. Such device is also difficult to maintain. As pheromone traps to monitor European corn borer in our environment did not prove to be effective, we tried to find an alternative which would allow monitoring the European corn borer at any selected location. We introduced standard Trapview traps (modified delta trap with built-in electronics for data capturing and data transfer) into field tests and equipped them with LED lights. In 2013 white LED diodes were used, but catches of the European corn borer were zero, despite the fact that we caught 438 corn borers on classic light traps. The electrophysiological studies showed that color vision of corn borer distinguishes between UV and visible light. Measurements showed that the white LED emits only visible light, while the HBO mercury lamp also emits a lot of UV light. Therefore, in 2014, UV LED lamps were built into the Trapview device. Such trap was more successful; however the catches were still relatively small in comparison with a conventional light trap. In location Žalec we caught just 10.3% European corn borers like in comparison with the conventional light traps, and in another location in Roje 7.2%.

Key words: European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, colour vision, light traps, high-pressure mercury bulb, white LED light, UV LED light, monitoring, plant protection, agricultural pests

1 UVOD

Koruzna vešča je polifagna vrsta, saj se prehranjuje z mnogimi rastlinami. V Sloveniji povzroča največjo škodo predvsem na koruzi in hmelju (Vrabl, 1992; Rak Cizej in sod., 2008; Rak Cizej in sod., 2012), čeprav jo vse pogosteje srečujemo tudi pri pridelavi zelenjave (npr. paprike, paradižnika, fižola), kot tudi na okrasnih rastlinah (npr. dalijah, krizantemah, gladijolah) (Maceljski in sod., 1997; Čergan in sod., 2008). V zadnjih letih opažamo njen množičen pojav tako v hmeljiščih kot tudi na koruzi, kar lahko pripisujemo relativno visokim temperaturam zraka, z znatnim odstopanjem od dolgoletnih povprečij, kot tudi neizvajanju fitosanitarnih higienskih ukrepov (Dolinar in sod., 2002; Rak Cizej in sod., 2008; Rak Cizej in sod., 2009). Množično je prisotna na vseh koruznih poljih in tudi na hmelju na celotnem območju Savinjske doline, še posebno v okolici Žalca (Rak Cizej in sod., 2013).

Nočne metulje je mogoče spremljati s svetlobnimi ali feromonskimi vabami. Svetlobna vaba se je izkazala za najbolj zanesljivo metodo spremljanja metuljev koruzne vešče (Gomboc in sod., 1999; Pelozuelo in Frerot, 2007), po dosedanjih podatkih so feromoni namreč manj zanesljivi (Rak Cizej, 2013a). Omejiteni

dejavnik svetlobne vabe je običajna nedostopnost vira električne energije na želeni opazovani lokaciji. Vzdrževanje svetlobnih vab je zahtevno, saj je potrebno vsak dan dodajati kemikalijo, npr. kloroform, ki omamlja ulovljene žuželke, ter dnevno pobirati ulove. Svetlobne vabe so neselektivne in se vanje ujame veliko število različnih žuželk, zato je potrebno ulovljene osebkke sortirati in določiti število ciljnih. Ko koruzno veščo spremljamo s feromonskimi vabami, je potrebno najprej določiti, katero raso koruzne vešče imamo na določenem območju in izbrati najprimernejšo obliko vabe (Pelozuelo in Frerot, 2006; Pelozuelo in Frerot, 2007). Feromonske vabe so selektivne, zato je sortiranje žuželk ni potrebno, pomanjkljivost pa je ta, da feromoni privabijo le moške osebkke in so zato ulovi nereprezentativni (Hein, 2014) in kot ugotavlja tudi Bereš (2012) nezanesljivi, saj se ulovi v feromonske vabe običajno začnejo pojavljati kasneje, kot je mogoče opaziti prva jajčeca na rastlinah.

Na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) v Žalcu že vrsto let spremljamo populacijo koruzne vešče s svetlobno vabo. Tako imamo zbrane podatke o letu metuljev vse od leta 1987. Pred tem so veščo spremljali le občasno. Zaradi razširitve števila opazovanih mest smo koruzno veščo v letu 2010 začeli poskusno spremljati s feromonskimi vabami, da bi pridobili večje število podatkov, ki bi jih lahko uporabili za zanesljivo napoved zatiranja gosenic koruzne vešče na hmelju (Rak Cizej in sod., 2012a). V letu 2010 smo poleg svetlobne vabe uporabljali deltoidno vabo z lepljivo podlago ter pregibnim dnem in feromon tipa E. Na območju Savinjske doline imamo na hmelju in koruzi E raso koruzne vešče, kar so potrdili v laboratoriju na Švedskem (Rak Cizej s sod., 2010), s katero nismo bili uspešni, kljub temu da smo koruzno veščo množično lovili na svetlobno vabo (Rak Cizej, 2013a). Na feromonsko vabo in vabo mrežno stožčaste oblike smo v letu 2011 na lokaciji v Žalcu ulovili 28 moških osebkov koruzne vešče, kar je bilo 10-krat manj, kot je bil skupen ulov moških osebkov na svetlobni vabi preko cele sezone spremljanja (Rak Cizej, 2013a). Z enakim postopkom spremljanja koruzne vešče s feromoni tipa E istega proizvajalca in z vabami iste oblike (mrežna stožčasta vaba) smo na lokacijah v Žalcu nadaljevali tudi v letu 2012. Metulje koruzne vešče smo spremljali od aprila do septembra, na feromonski vabi pa nismo ulovili niti enega metulja koruzne vešče, kljub njihovim ulovom na svetlobni vabi (Rak Cizej, 2013a).

Leta 2013 smo pričeli sodelovati s podjetjem za informacijske rešitve, ki proizvaja Trapview vabe za spremljanje pojava različnih škodljivcev. Njihove klasične vabe smo uporabili v kombinaciji z različnimi LED svetilkami in preverili njihovo učinkovitost v primerjavi s klasično svetlobno vabo z namenom določitve primernosti za splošno rabo. Svetlobne vabe smo načrtovali v sodelovanju s kolegi z Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani, na osnovi

spektrofotometrijskih meritev svetilnosti različnih svetlobnih virov in na osnovi elektrofizioloških raziskav barvnega vida koruzne vešče.

Namen predstavljenega članka je bilo poiskati alternativno možnost klasični svetlobni vabi za spremljanje metuljev koruzne vešče, katero bi lahko uporabili na vsaki izbrani lokaciji, kjer ne bi bilo več glavnega omejitvenega dejavnika in sicer dostopnost in razpoložljivost električne energije.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Spektrofotometrija svetlobnih virov

Emisijo svetlobnih virov smo izmerili s spektrofotometrom USB 2000 (Ocean Optics, Dunedin, ZDA). Spektrofotometer ima merilno območje med 179 nm in 874 nm, natančnost 0,35 nm in vrh občutljivosti pri ~500 nm. Relativno svetilnost svetlobnih virov smo izmerili tako, da smo jih v zatemnjenem prostoru usmerili v difuzor iz MgO, od koder smo vzorčili svetlobo preko svetlobnega vodnika iz kvarčnega stekla.

2.2 Elektrofiziološke raziskave barvnega vida koruzne vešče

Vid koruzne vešče smo raziskali z zunajceličnimi (elektroretinogram, ERG) meritvami spektralne občutljivosti. Metoda je podrobno opisana v publikaciji (Belušič in sod., 2013). Sestavljene oči in pikčaste oči (ocele) koruzne vešče smo dražili s serijami kalibriranih svetlobnih dražljajev v območju od 300 do 700 nm z natančnostjo 5 nm in izmerili napetostni odgovor mrežnice. Odgovor smo preračunali v občutljivost in izrazili odvisnost občutljivosti od valovne dolžine.

2.3 Spremljanje koruzne vešče s svetlobno vabo z visokotlačno živosrebrno sijalko

Na IHPS v Žalcu smo v letu 2013 in 2014 v hmeljišču SN 5 (46°14'S, 15°09'V) in na Rojah pri Žalcu (46°15'S, 15°08'V) koruzno veščo spremljali s svetlobno vabo (slika 1A) opremljeno z visokotlačno živosrebrno sijalko (HBO), 160 W žarnico za mešano svetlobo. Metulje koruzne vešče smo spremljali s svetlobno vabo v letih od 2013 in 2014, in sicer v Žalcu od 28. maja do 22. septembra od 21:00 do 6:00 ure zjutraj. Vsak večer ob 21. uri je iz avtomatske dozirne naprave izteklo od 15 do 35 ml kloroforma v zbiralno posodico pod svetlobno vabo. Količina kloroforma je bila odvisna od temperature zraka in posledično izhlapevanja; višja kot je bila temperatura, večje je bilo izhlapevanje, več kloroforma smo odmerili. Kloroform umori ulovljene metulje. V laboratoriju smo dnevno determinirali koruzne vešče in jim določili spol.



Slika 1: A Svetlobna vaba z živosrebrno sijalko za spremljanje koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis*), B – vaba Trapview aura z UV LED svetlobo.

Figure 1: A - light trap for monitoring European corn borer (*Ostrinia nubilalis*), B – Trap Trapview aura with UV LED light.

2.4 Spremljanje koruzne vešče z vabo Trapview z UV LED svetlobo

V letu 2013 smo spremljali aktivnost metuljčkov koruzne vešče s klasično Trapview napravo z dodanimi belimi LED diodami, katere so svetile od 23:00 do 02:00. Vaba Trapview je sestavljena iz ohišja v obliki prilagojene delta pasti iz zelene valovite plastike, kamor privabimo škodljivce, ki jih poskušamo zadržati na lepljivi plošči ter iz elektronske naprave, ki vsak dan poslika stanje ulova v vabi in sliko pošlje na centralni strežnik. Uporabnik do slik dostopa preko spletne ali mobilne aplikacije. Sama naprava je na terenu neodvisna, baterija se napaja iz lastnih sončnih celic. Let metuljčkov smo v letu 2013 spremljali v hmeljišču na lokaciji IHPS v Žalcu.

V letu 2014 pa smo uporabili vabo Trapview aura (slika 1B). To je modificirana Trapview naprava z vgrajenim obročem UV LED diod z vrhom emisije pri 375 nm, ki ga je izdelalo podjetje Votan (Ljubljana) in s povečano površino odprtih v ohišju za večjo svetilnost. LED diode so nepretrgoma svetile vsako noč od 21:00 do 01:00. Postopek prenosa in prikaza podatkov je bil enak kot opisano zgoraj. Let

metuljčkov smo v letu 2014 spremljali na dveh lokacijah - IHPS v Žalcu in na Rojeh pri Žalcu. Vaba Trapview je bila od klasične svetlobne vabe oddaljena cca. 100 metrov.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

3.1 Načrtovanje svetlobne pasti

Spektrofotometrijske meritve svetilnosti svetlobnih virov, ki so bili uporabljeni v vabah, so dale relativne, vendar dovolj natančne podatke, da smo lahko zanesljivo poiskali relevantne podatke proizvajalcev svetlobnih virov in jih nato primerjali med seboj (slika 2). Izkazalo se je, da bela LED sijalka, ki smo jo uporabili leta 2013, ne oddaja svetlobe z valovnimi dolžinami pod 420 nm, torej v delu spektra, kjer ima HBO sijalka znatne emisijske vrhove. Glede na to, da je bila bela LED sijalka popolnoma neučinkovita, smo jo nadomestili z LED sijalkami, ki emitirajo v UV delu spektra. Natančno valovno dolžino in tip LED smo izbrali na osnovi meritev barvnega vida, energijske učinkovitosti (svetilnost proti porabi električnega toka) in cene. Izbrali smo LED z oznako NSPU510CS (Nichia, Japonska), vrhom emisije pri 375 nm in pasovno širino 20 nm. HBO sijalka ima izrazite emisijske vrhove, ki se pojavljajo vzdolž celotnega UV in vidnega dela svetlobnega spektra. Bela LED emitira svetlobo samo nad 420 nm, ne pa tudi v UV delu spektra. UV LED ima maksimum v UV delu spektra pri 375 nm in pasovno širino približno 20 nm. Učinkovitost HBO sijalke kot vabe je preizkušena. Bela LED je bila popolnoma neučinkovita, zato smo se za izdelavo odločili uporabiti UV LED, ki emitira v tistem delu spektra, kjer bela LED ne emitira, HBO pa ima znatne emisijske vrhove.

3.2 Spektralna občutljivost koruzne vešče

Spektralna občutljivost mrežnice sestavljenega očesa, izmerjena z meritvijo iz velikega števila fotoreceptorskih celic, elektrotinografijo, se ujema z modelom absorbance enega samega vidnega pigmenta z alfa-vrhom občutljivosti v zelenem delu spektra pri 534 nm in dodatnim beta-vrhom v UV delu spektra pri 367 nm (slika 3A). Sklepamo, da ima koruzna vešča v mrežnici en sam vidni pigment oziroma en sam tip fotoreceptorjev z vrhom občutljivosti v zelenem delu spektra. Barvni vid živali temelji na soobstoju različnih fotoreceptorskih celic v organu vida, z najmanj dvema vrstama vidnih pigmentov, z vrhovi občutljivosti v različnih delih spektra. Sestavljeno oko koruzne vešče torej nima barvnega vida in ne more ločevati med UV in vidno svetlobo. Obenem zelo dobro zaznava tako svetlobo HBO, kot tudi svetlobo bele LED sijalke (primerjava slik 2 in 3A), ki pa vešče ne privlači. Vešča torej vsebuje organ vida, ki je sposoben specifično zaznati svetlobo, ki jo oddaja HBO, bela LED pa ne. Zato smo z ERG izmerili še spektralno občutljivost dveh majhnih pikčastih očesc ali ocelov koruzne vešče (slika 3B).

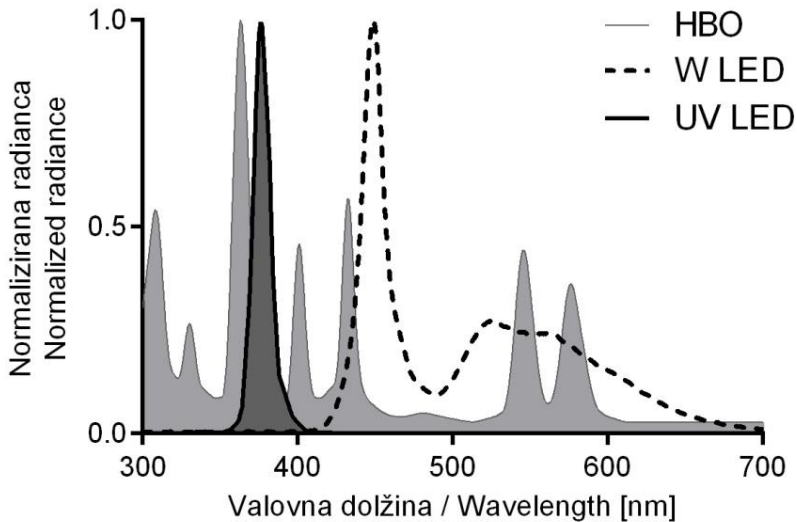
Izkazalo se je, da se njihova spektralna občutljivost ujema z modelom absorbance dveh različnih vidnih pigmentov. En vidni pigment ima z vrh v UV delu spektra pri 357 nm, drugi vidni pigment pa alfa-vrh pri 534 nm in beta-vrh pri 367 nm. Pri dveh poskusih smo z elektrodo ocele poškodovali na takšen način, da je popolnoma izostal vrh občutljivosti v zelenem delu spektra, torej smo selektivno poškodovali populacijo fotoreceptorskih celic, ki so občutljive na zeleno svetlobo. Oceli koruzne vešče so torej sposobni ločevati med UV in vidno svetlobo, saj vsebujejo dve populaciji fotoreceptorskih celic z vrhoma občutljivosti v različnih delih spektra. Celice, ki zaznavajo UV svetlobo, lahko učinkovito dražimo s svetlobnimi viri, ki oddajajo svetlobo v območju med 330 nm in 400 nm, saj je tod relativna občutljivost ocelov višja od 50 %.

3.3 Ulovi koruzne vešče na svetlobnih vabah

V letu 2013 smo metulje koruzne vešče spremljali na lokaciji IHPS Žalec, kjer smo poleg svetlobne vabe z živosrebrno sijalko uporabili tudi z vabo Trapview z belo LED svetlobo. Na omenjeno vabo nismo ulovili nobene koruzne vešče, kljub temu da smo na klasično svetlobno vabo skupno ulovili 438 metuljev (preglednica 1). V letu 2014 smo populacijo koruzne vešče spremljali na dveh lokacijah, in sicer na IHPS Žalec in na Rojah pri Žalcu. Na vsaki lokaciji smo poleg klasične svetlobne vabe HBO uporabili vabo Trapview aura, ki je bila opremljena z UV led diodami. Populacija koruzne vešče je bila na obeh lokacijah primerljiva, med njima ni bilo večjih odstopanj, saj smo v Žalcu skupno ulovili 173 metuljev koruzne vešče, na Rojah pa 180 (preglednica 1). Razmerje med spolom ulovljenih metuljev koruzne vešče je bilo v prid moškim osebkom, ki se jih je na klasično svetlobno vabo ulovilo od 2 do 4-krat več. Čas spremljanja metuljev koruzne vešče je bil pri svetlobni vabi 9 ur na noč, vaba Trapview aura pa je svetila 4 ure, in sicer od 21:00 do 1:00, to je čas, ko je let metuljev koruzne vešče najintenzivnejši. Če primerjamo ulov metuljev koruzne vešče na vabi Trapview aura, smo na lokaciji IHPS Žalec ulovili 10,3 % celotnega ulova v primerjavi s klasično svetlobno vabo, na Rojah pri Žalcu pa 7,2 % (preglednica 1, slika 4). Na vabo Trapview so se lovili večina le moški osebki, ki so tudi sicer prevladovali na klasični svetlobni vabi (preglednica 1).

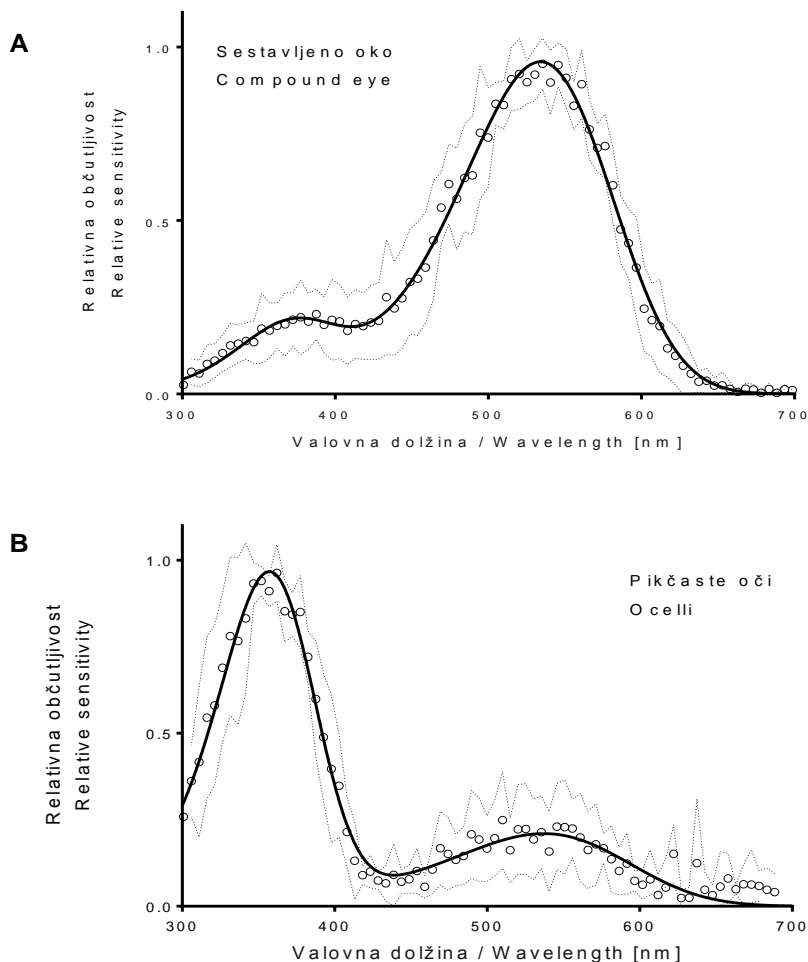
Klasična svetlobna vaba je delovno zelo intenzivna, hkrati pa je podvržena zunanjim negativnim dejavnikom, kot so dež, izpad električne energije, idr. V letu 2014 je bilo veliko število deževnih dni, kar je imelo za posledico redčenje kemikalije kloroform, ki omamlja žuželke. Prav tako so bile v letu 2014 pogoste tudi nevihte in izpad elektrike, zato je bilo pri klasični svetlobni vabi od 12 do 24 % časa spremljanja metuljev koruzne vešče brez podatkov (preglednica 2). Pri vabi Trapview aura izpada v letu 2014 ni bilo, saj se napaja z lastno energijo preko solarnih panelov, prav tako pri tej vabi ne potrebujemo kemikalije. V povprečju je

bil ulov metuljev koruzne vešče pri svetlobnih vabah od 43 dni na Rojah in 50 dni v Žalcu, kar predstavlja od 49 do 53 % vseh dni, ko so se lovile žuželke (preglednica 2). Na vabah Trapview aura je bil ta delež ulova koruzne vešče nižji in sicer v povprečju 10 % od vseh spremljanih dni (preglednica 2).



Slika 2: Spektralne lastnosti svetil, uporabljenih pri spremljanju koruzne vešče, izražene kot odvisnost normalizirane radiance od valovne dolžine. Svetlo-siva krivulja, spekter visokotlačne živosrebrne sijalke (HBO); črtkana krivulja, spekter bele LED (W LED); črna krivulja, spekter UV LED (UV LED). Izvor podatkov: HBO, Zeiss microscopy campus; W LED in UV LED, Roithner lasertechnik.

Figure 2: Spectral characteristics of light sources used for the monitoring of european corn borer moth, expressed as the wavelength dependence of normalized radiance. Light grey trace, spectrum of high pressure mercury bulb (HBO); dotted trace, spectrum of white LED (W LED); black trace, spectrum of UV LED (UV LED). Source of data: HBO, Zeiss microscopy campus; W LED and UV LED, Roithner lasertechnik.



Slika 3: Spektralna občutljivost koruzne večče; prikazane so srednje vrednosti (krožci) in standardna napaka sredine (črtkani krivulji). Mrežnica ima najverjetneje monokromatski vid na osnovi zeleno občutljivega opsina, oceli pa dikromatski vid na osnovi UV- in zeleno-občutljivega opsina. **A**, Spektralna občutljivost mrežnice, izmerjena z elektroretinografijo. Podatki se ujemajo z modelom absorpcije enega opsina z vrhoma absorpcije pri $\lambda_{\max}=534$ nm in $\lambda_{\max}=367$ nm (polna krivulja, nomogram prirejen po Stavenga in sod., 1993). Združili smo podatke za oba spola, saj nismo opazili razlik (N=7 živali). Adaptacija z monokromatsko svetlobo med meritvijo ni izzvala selektivne supresije občutljivosti mrežnice (ni prikazano). **B**, Spektralna občutljivost ocelov, izmerjena z elektroretinografijo. Podatki se ujemajo z modelom absorpcije dveh opsinov z vrhoma $\lambda_{\max,1}=357$ nm in $\lambda_{\max,2}=537$ nm (polna krivulja, nomogram prirejen po Stavenga in sod., 1993).

Nadaljevanje s prejšnje strani

Figure 3: Spectral sensitivity of european corn borer moth; open circles and dotted lines indicate mean and SEM, respectively. The retina has most likely monochromatic vision based on a green-sensitive opsin, while the ocelli have dichromatic vision based upon a UV- and a green-sensitive opsin. **A**, Spectral sensitivity of the retina, measured with electroretinography. The data are fitted with the model of absorbance of a single opsin with peaks at $\lambda_{\max}=534$ nm and $\lambda_{\max}=367$ nm (black trace, nomogram adapted after Stavenga et al., 1993). No differences were found between the two sexes, thus data are merged (N=7 animals). Adaptation with monochromatic light during the measurement has failed to selectively suppress the sensitivity (not shown). **B**, Spectral sensitivity of ocelli measured with electroretinography. The data are fitted with the model of absorbance of two opsins with peaks at $\lambda_{\max,1}=357$ nm and $\lambda_{\max,2}=537$ nm (black trace, nomogram adapted after Stavenga et al., 1993).

Preglednica 1: Ulovi koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis*) na svetlobno vabo (HBO) in v vabo Trapview z belo in UV LED svetlobo v letih 2013 in 2014

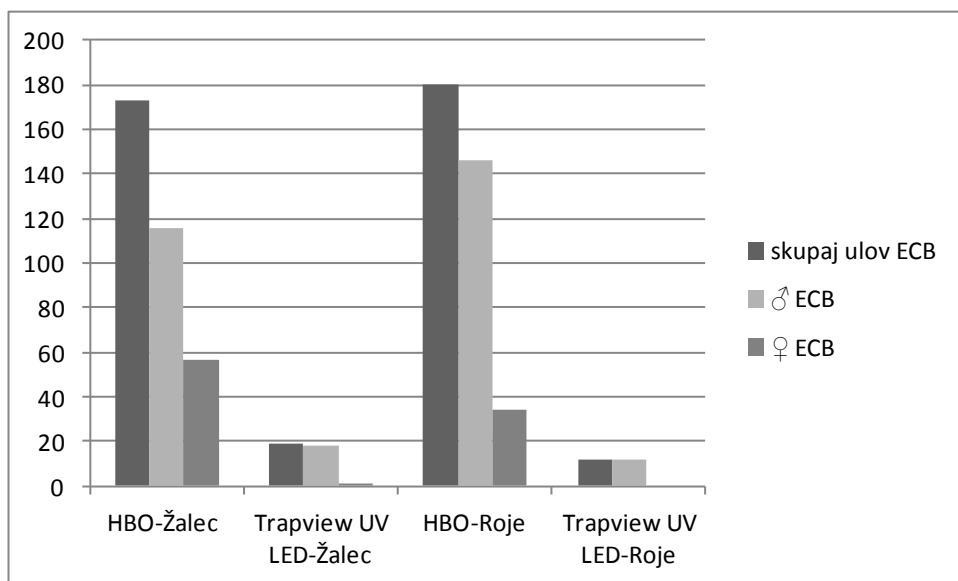
Table 1: Number of captured moths of European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, with classical light traps (HBO) and traps Trapview with white and UV LED light in years 2013 and 2014

			Št. metuljev koruzne vešče		
Leto	Lokacija	Vrsta vabe	♀	♂	Skupaj
2013	IHPS Žalec	svetlobna vaba z živosrebrno sijalko	127	311	438
	IHPS Žalec	Trapview z belo LED svetlobo	0	0	0
2014	IHPS Žalec	svetlobna vaba z živosrebrno sijalko	57	116	173
	IHPS Žalec	Trapview aura z UV LED svetlobo	1	18	19
	Roje pri Žalcu	svetlobna vaba z živosrebrno sijalko	146	34	180
	Roje pri Žalcu	Trapview aura z UV LED svetlobo	0	12	12

Legenda:

♂- osebkni moškega spola

♀- osebkni ženskega spola



Slika 4: Ulovi koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis*), ECB, s svetlobno vabo (HBO) v primerjavi z ulovom na vabo Trapview UV LED svetlobo v letu 2014.

Figure 4: Comparison captured moths of European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, ECB, with classical light traps (HBO) and trap Trapview with UV LED light in year 2014.

Preglednica 2: Tehnični podatki svetlobnih vab za spremljanje koruzne (*Ostrinia nubilalis*) vešče v letu 2014.

Table 2: Technical data of light traps for monitoring European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) in 2014.

	Žalec- IHPS		Roje pri Žalcu	
	Klasična svetlobna vaba (HBO)	Svetlobna vaba Trapview aura	Klasična svetlobna vaba (HBO)	Svetlobna vaba Trapview aura
Dolžina spremljanja (dni)	118	118	111	111
Št. dni brez ulova - tehnične težave; izpad elektrike, dež	15	0	27	0
Št. dni z ulovom žuželk	103	118	84	111
Št. dni brez ulova koruzne vešče	50	106	43	101
Št. dni z ulovom koruzen vešče večji od 0	53	12	41	10

4 SKLEPI

S pridobljenimi podatki spremljanja koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis*) s svetlobno vabo z živosrebrno žarnico (HBO) v primerjavi z vabami Tapview z UV LED svetlobo lahko zaključimo, da so bile bele LED diode neučinkovite pri spremljanju metuljev koruzne vešče. Če primerjamo vabe Trapview aura z UV LED svetlobo in klasično svetlobno vabo, lahko zaključimo, da je bil ulov koruzne vešče z vabo Trapview aura v absolutnem smislu mnogo manjši, saj predstavlja od 7,0-10,3 %, ulova na klasično svetlobno vabo. Vsekakor pa to ne pomeni, da je svetlobna vaba Trapview aura manj učinkovita od klasične pasti z živosrebrno žarnico. Preprost izračun pove, da je električna moč LED vabe (pribl. 0,48 W) 300 krat manjša od moči HBO sijalke (160 W), razlika med njunima učinkovitostma pa je le 10- do 14-kratna. Z drugimi besedami, izkoristek LED vabe, v smislu izlova glede na porabo električnega toka, je 23- do 33-krat višji od izkoristka HBO sijalke. Izračun je konservativen, saj je bila vaba HBO vsako noč prižgana 5 ur dlje (res, da je razlika nastala v suboptimalnih časih, od 20. do 21. ure in od 1. do 6. ure) od LED vabe. Svetlobni učinkovitosti obeh vrst svetlobnih virov sta primerljivi (svetlobna energija predstavlja 8-12 % porabljene električne energije). Kaže, da ves učinek HBO kot svetlobne vabe temelji na njeni emisiji v UV delu spektra, medtem ko je emisija HBO v vidnem delu spektra jalova in neuporabna za privabljanje koruzne vešče. V bodoče bo potrebno vabo Trapview aura še dodatno tehnično dopolniti, da bomo dosegli večji ulov metuljev koruzen vešče, ki bo še bolj primerljiv s klasično svetlobno vabo, kar bomo lahko s pridom uporabili pri prognozi napovedovanja zatiranja koruzne vešče.

5 VIRI

- Belušič G., Piriš P., Stavenga DG. A cute and highly contrast-sensitive superposition eye – the diurnal owlfly *Libelloides macaronius*. *Journal of experimental biology*, 2013, 216, 2081-2088.
- Bereš P. K. Flight dynamics of *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lep., Crambidae) based on the light and pheromone trap catches in Nienadówka (south-eastern Poland) in 2006-2008 *Journal of Plant Protection Research*, 2012, 52:1
- Čergan, Z., Jejčič, V., Knapič, M., Modic, Š., Molj, B., Poje, T., Simončič, A., Sušin, J., Urek, G., Verbič, J., Vrščaj, B., Žerjav, M. Koruza. *Kmečki glas*, 2008: 125-128.
- Dolinar M., Ferant N., Žolnir M., Simončič A., Knapič V. Bolezni, škodljivci in pleveli v hmeljskih nasadih. Proseni vešča (=koruzna vešča) (*Ostrinia nubilalis*). *Priročnik za hmeljarje*. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, 2002: 70-71.
- Gomboc, S., Carlevaris, B., Vrhovnik, D., Milevoj, L., Celar, F. Bionomija koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis*) v Sloveniji. *Zbornik predavanj in referatov s 4. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Portorož*, 1999: 459-467.
- Hadžistević, D. *Ostrinia nubilalis*. Priručnik izveštajne i prognozne službe zaštite poljoprivrednih kultura. Savez društava za zaštitu bilja Jugoslavije, Beograd, 1983: 222-228.

- Hein G. Monitoring European Corn Borer Moth Flight.
https://cropwatch.unl.edu/potato/euro_corn_borer_monitoring, dostopano 19. november 2014
- Maceljški, M., Cvjetković, B., Ostojčić, Z., Igrc Barčić, J., Pagliarini, N., Oštrec, L., Čizmić, I. Zaštita povrća od štetoinja. Znanje d.d., Zagreb, 1997: 157.
- Pelozuelo, L., Frerot, B. 2007. Monitoring of European corn borer with pheromone-baited traps: Review of trapping system basics and remaining problems. Journal of economic entomology, 2007, 100(6): 1797-1807.
- Pelozuelo, L., Frerot, B. Behavior of male European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lep., Crambidae) towards pheromone-baited delta traps, bucket traps and wire mesh cone traps. 2006, J. Appl. Entomol. 130(4): 230-237
- Rak Cizej, M., Cilensek, A., Persolja, J. Beginning of monitoring European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) on hop (*Humulus lupulus* L.) with pheromone traps in Slovenia. IOBC/WPRS Conference of Semio-chemicals and pheromone, Turčija, Bursa. 2012a: str. 130.
- Rak Cizej, M., Kárpáti, Z., Leskošek, G., Radišek, S. Določitev rase koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis* Hübner) v Savinjski dolini; preliminaren poskus spremljanja moških metuljev s feromonsko vabo. Hmeljarski bilten, 17 (2010); str. 65-73.
- Rak Cizej, M., Leskošek, G., Radišek, S. Koruzna vešča v slovenskih hmeljiščih. Zbornik seminarja o hmeljarstvu. Žalec, 2009: 107-113.
- Rak Cizej, M., Radišek, S., Leskošek, G. Koruzna (prosená) vešča vse pogostejša škodljivka naših hmeljišč. Hmeljar, 2008, letnik 70, št. 8/12: 90-92.
- Rak Cizej, M., Radišek, S., Leskošek, G. Koruzna vešča, znana škodljivka hmelja. Hmeljar, Žalec, 74 (2012), št. 1/8: 23-25.
- Rak Cizej, M., Škerbot, I., Persolja, J. Koruzna vešča (*Ostrinia nubilalis* Hübner) je pomembna škodljivka koruze (*Zea mays* L.) v Savinjski dolini *Novi izzivi v agronomiji 2013: zbornik simpozija, Zreče*, 2013, str. 289-295.
- Rak Cizej, M. Spremljanje koruzne vešče (*Ostrinia nubilalis* Hübner) na hmelju (*Humulus lupulus* L.) s feromonskimi vabami. Hmeljarski bilten, 20 (2013a); str. 38-47.
- Stavenga, D.G., Smits, R.P., Hoenders, B.J. Simple exponential functions describing the absorbance bands of visual pigment spectra. Vision research, 1993, 33, 1011-1017.
- Vrabl, S. Škodljivci poljščin. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, 1992: 59-62, 92.

BIOLOGIJA INTERAKCIJ MED RASTLINAMI IN VIROIDI

Tanja GUČEK⁷, Sebastjan RADIŠEK⁸, Jernej JAKŠE⁹, Branka JAVORNIK¹⁰

UDC / UDK 577.2:632(045)
pregledni znanstveni članek / review article
received / prispelo: 15. oktober 2014
accepted / sprejeto: 19. november 2014

Izveček

Viroidi so najmanjši rastlinski patogeni, katerih genom je kratka, enoverižna, nekodirajoča, krožna molekula RNA. Okužijo lahko tako kulturne kot okrasne rastline in povzročajo bolezni, ki imajo ekonomsko pomemben vpliv. Obramba rastline pred viroidi poteka preko mehanizma utišanja RNA. Viroidi se zaradi kompaktne sekundarne strukture in lokalizacije v organelih temu mehanizmu lahko izognejo in mehanizem utišanja RNA obrnejo v svojo korist, tako, da sami utišajo izbrane gene svojih gostiteljev. Preko mehanizma utišanja RNA lahko viroidi utišajo gene, povezane z obrambo rastline, prenosom signala, strukturo celične stene in številne druge. To vodi v razvoj simptomov, kot so zaostajanje v rasti, zvižanje listov, nekroze stebela in listov, izkrivljenje plodov, v nekaterih primerih pa lahko rastline tudi odmrejo. Za lažje preprečevanje bolezni je ključnega pomena razumevanje mehanizma viroidne okužbe in odgovora rastline.

Ključne besede: rastlinski patogeni, viroidi, obramba rastline, utišanje RNA, viroidne okužbe, interakcije

BIOLOGY OF PLANT VIROID INTERACTIONS

Abstract

Viroids are the smallest plant pathogens; their genome is short, single-stranded, non-coding, circular RNA molecule. They can infect various cultivated and ornamental plants and cause diseases that may have a major economical impact. The plants defence against viroid pathogens is based on the mechanism of RNA silencing. Viroids can avoid this mechanism due to compact secondary structure and localization in organelles. Furthermore they can turn mechanism of RNA silencing in their favour, therefore they are able to silence selected host genes. By using the RNA silencing mechanism viroids can silence genes associated with plant defence, signal transmission, cell wall structure and many others. This leads to the development of symptoms such as dwarfing, leaf curling, stem and leaves

⁷ Uni. dipl. biokem., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Oddelek za varstvo rastlin, Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, e-naslov: tanja.gucek@ihps.si

⁸ Dr., prav tam, e-naslov: sebastjan.radisek@ihps.si

⁹ Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: jernej.jakse@bf.uni-lj.si

¹⁰ Prof. dr., prav tam, e-naslov: branka.javornik@bf.uni-lj.si

necrosis, distortion of the fruits, in some cases, plants may also die. In order to facilitate disease prevention, it is crucial to understand the mechanism of viroid infection.

Key words: plant pathogens, viroids, plant defence, RNA silencing, viroid infections, interactions

1 UVOD

Rastline imajo v boju proti viroidom in ostalim patogenom razvite zelo zapletene obrambne mehanizme, ki potekajo na več ravneh. Prvo obrambno linijo predstavljajo kemične in fizične prepreke. Če patogenom uspe preiti te ovire, se sprožijo obrambni sistemi in specifično prepoznavanje povzročitelja bolezni (Carr in sod., 2010). Obrambna reakcija v rastlini povzroči biokemijske in morfološke spremembe kot so kopičenje fitoaleksinov, sprememba toka ionov, sinteza reaktivnih kisikovih zvrsti (ang. reactive oxygen species, ROS), sinteza proteinov povezanih s patogenezo (ang. pathogenesis related proteins, PR) in indukcija programirane celične smrti (Suzuki, 2002).

O samem razvoju bolezni na rastlinah odloča prisotnost specifičnih genov v patogenih, ki določajo obseg patogenosti, specifičnost in virulenco na določenem gostitelju. Rastline so lahko proti določenemu patogenu odporne, ker spadajo v taksonomsko skupino izven obsega patogenosti, ker so se okužbi izognile, ker so razvile mehanizme tolerance ali ker imajo gene za odpornost (ang. resistance, *R*). Tako ločimo tri tipe odpornosti rastlin: negostiteljsko, navidezno in pravo odpornost. Negostiteljska odpornost pomeni, da patogen napade rastlino, za katero nima ustreznih specifičnih virulencnih genov, zato do razvoja bolezni ne pride. Pri navidezni odpornosti lahko pride do izogiba bolezni ali pa do tolerance, ko rastlina kljub prisotnosti patogena brez posledic nadaljuje svoj razvoj. Prava odpornost pomeni, da je v rastlini prisoten en ali več genov za odpornost proti patogenom. Delimo jo na horizontalno in vertikalno odpornost. Horizontalna odpornost je poligenske narave, ki le delno zaščiti rastline pred okužbo oziroma samo upočasni napredovanje bolezni. Vertikalna odpornost je mono- ali oligogenska, ki s specifičnimi *R*-geni lahko poskrbi za visoko stopnjo odpornosti rastlin. Pri tem lahko rastlina na prisotnost patogena odgovori s preobčutljivostno reakcijo (ang. hypersensitive reaction, HR) (Vanderplank, 1984; Agrios, 2004).

2 OBRAMBA RASTLIN PRED PATOGENI

Rastline se pred patogeni branijo s kombinacijo predobstoječe strukturne obrambe in biokemičnih reakcij, ki so v različnih sistemih gostitelj-patogen različne. Fizične prepreke, kot so dlakavost listja, količina in kakovost kutikularnega voska in kutikule, struktura epidermalnih celičnih sten, velikost in oblika rež, patogenu

preprečijo vstop in širjenje po rastlini. V primeru vdora patogena v rastlino pa v biokemičnih reakcijah nastajajo spojine toksične za patogene (Agrios, 2004).

Obrambni odgovor proti patogenom poteka na molekularni ravni na dveh ravneh. Osnova prve je zaznavanje molekularnih vzorcev, ki so povezani s patogeni (ang. pathogen-associated molecular patterns, PAMPs), s transmembranskimi receptorji, ki prepoznajo te vzorce (ang. pattern recognition receptors, PRRs), lociranimi v zunajcelični membrani (Jones in Dangl, 2006; Katagiri in Tsuda, 2010). To sproži obrambni odgovor, ki vključuje spremembe encimske aktivnosti in izražanja genov ter vodi v aktivacijo s PAMPi sprožene imunosti (ang. PAMP-triggered immunity, PTI) (Pitzschke in sod., 2009; Šamajová in sod., 2013).

Na drugi ravni obrambe pride do neposredne ali posredne interakcije med produkti genov za odpornost rastline in produkti avirulenčnih genov (ang. avirulence, Avr) patogenov. Geni za odpornost nosijo zapis za R-proteine, ki delujejo kot znotrajcelični receptorji za patogene efektorje in sprožijo preobčutljivostno reakcijo. Ta odziv se imenuje z efektorji sprožena imunost (ang. effector-triggered immunity, ETI) in predstavlja pospešen PTI-odgovor, ki vodi v odpornost (Göhre in Robatzek, 2008; Šamajová in sod., 2013). Najbolj pogost odgovor na okužbo je preobčutljivostna reakcija (HR), ki pomeni smrt okužene celice in s tem zmanjšanje razvoja patogenih faktorjev na mestu okužbe. HR sledi sekundarna odpornost, ki se razširi po celi rastlini in jo imenujemo sistemska pridobljena odpornost (ang. systemic acquired resistance, SAR) (Agrios, 2004; Carr in sod., 2010).

Poleg genov za odpornost ima rastlina tudi obrambne gene, ki zapisujejo PR-proteine. PR-proteini, ki delujejo kot encimi, sodelujejo pri sintezi fitoaleksinov, celjenju tkiv in obrambi celice pred oksidativnim stresom (Kyrychenko in Kovalenko, 2011).

V odgovor na okužbo s patogeni rastline aktivirajo signalne kaskade, ki vodijo v nakopičenje endogenih hormonov. Salicilna kislina (SA), jasmonska kislina (JA), abscizinska kislina (ABA), etilen (ET) in dušikov oksid (NO) so rastlinski hormoni, ki samostojno ali v kombinacijami z drugimi signalnimi potmi sodelujejo pri obrambi pred povzročitelji bolezni (Rojo in sod., 2003).

2.1 Utišanje RNA

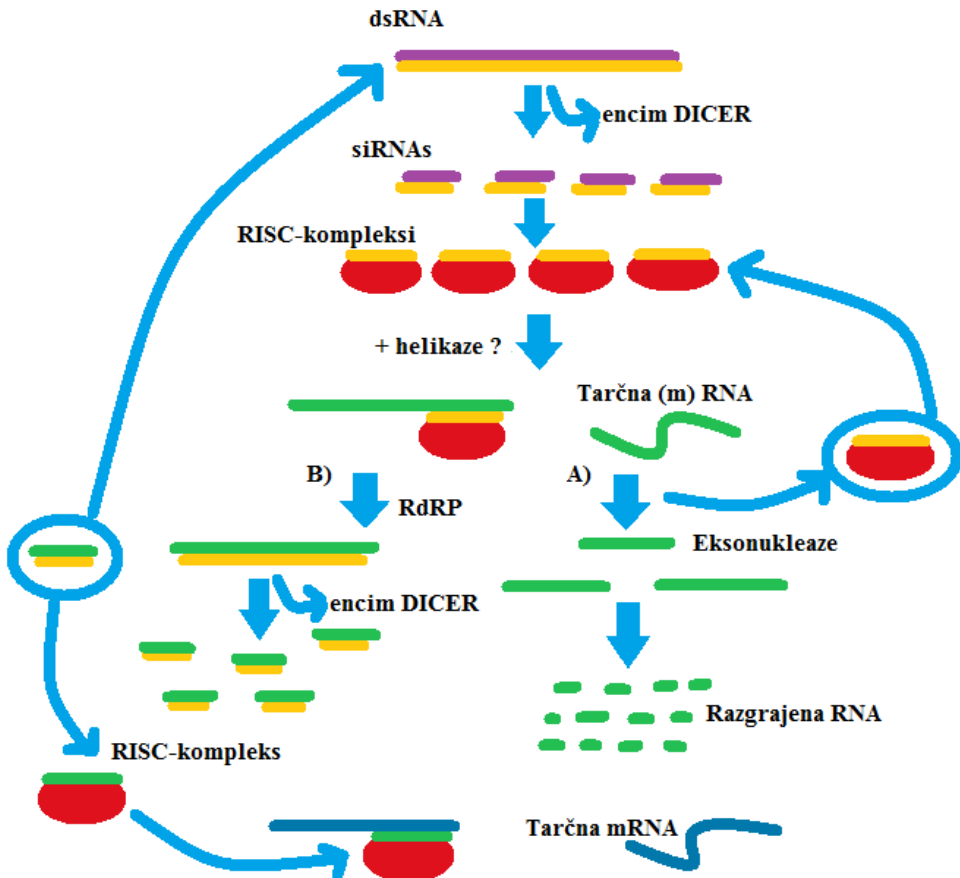
Poleg omenjenih mehanizmov odpornosti je utišanje RNA eden izmed načinov s katerim se rastline odzovejo na napad RNA virusov in viroidov (Gómez in sod., 2009). Proces lahko razdelimo na z RNA povezano transkripcijsko utišanje genov (ang. transcriptional gene silencing, TGS) in post-transkripcijsko utišanje genov (ang. post-transcriptional gene silencing, PTGS). Oba procesa sprožijo endogene

ali eksogene dvoverižne RNA molekule (dsRNAs), ki jih v različne razrede majhnih RNA molekul (sRNAs) razreže ribonukleazi III-podoben encim imenovan Dicer (ang. Dicer-like, DCL). V glavna razreda rastlinskih sRNAs štejemo mikro RNA molekule (miRNAs) in male interferenčne RNA molekule (siRNAs). Nastanek sRNAs je proces odvisen od ATP (adenozin-5'-trifosfat) in vključuje številne proteine, kot so dsRNA vezavni proteini in RNA helikaze. V naslednjem od ATP odvisnem procesu pride do denaturacije sRNAs in ena od verig sRNAs se veže v RISC-kompleks (ang. RNA-induced silencing complex, RISC). Tarče aktivnega kompleksa RISC so mRNA, ki so komplementarne sRNAs, in se na koncu razgradijo. Pri rastlinah lahko sRNAs služijo tudi kot začetni oligonukleotidi za sintezo dsRNA s pomočjo RNA-odvisne RNA polimeraze (ang. RNA-dependant RNA polymerase, RdRP). To vodi v nastanek še večjega števila sRNAs in ojačanje mehanizma utišanja genov (slika 1) (Sano in sod., 2010; Parisi in sod., 2010).

3 VIROIDI

Viroidi so najmanjši in najenostavnejši rastlinski patogeni. Sestavlja jih enoverižna, krožna RNA molekula velikosti med 239-475 nukleotidov (Tabler in Tsagris, 2004; Hammond in Owens, 2006). RNA molekula vsebuje informacije potrebne za znotrajcelični transport in lokalizacijo, reprodukcijo, sistemski transport in patogenost (Ding in Itaya, 2007). Viroidi povzročajo boleznih podobne virusom, čeprav so vsaj 10-krat manjši od njih, ne kodirajo niti enega zapisa za protein in nimajo kapside. Glede na strukturo in funkcijo več kot 30 znanih viroidov (preglednica 1) razdelimo v dve družini: *Pospiviroidae* in *Avsunviroidae* (Navarro in sod., 2012).

Viroidi imajo zelo širok spekter gostiteljev in lahko povzročajo boleznih, ki imajo velik vpliv na gospodarstvo. Okužijo lahko kulturne, okrasne rastline in nekatere drevesne sorte (Hadidi in sod., 2003). Simptomi okužbe z viroidi se kažejo kot zaostajanje v rasti, zvijanje listov, nekroze stebela in listov, izkrivljenje plodov, v nekaterih primerih pa lahko rastline tudi odmrejo (Hammond in Owens, 2006).



Slika 1: Mehanizem utišanja RNA. Dvoverižne molekule RNA se z encimom DICER razgradijo v siRNAs, ki se vključijo v RISC-kompleks. Tarčne mRNAs se v kompleksu razgradijo (A) ali pa z encimom RdRP sintetizirajo nove dsRNA (B). To privede do ojačanja mehanizma, ker z delovanjem encima DICER nastane še več siRNAs (povzeto po Parisi in sod., 2010).

Figure 1: RNA silencing mechanism. Double-stranded RNAs are cleaved with DICER into siRNAs, which interacts with RISC complex. Target mRNAs are in RISC complex degraded (A), or with RdRP help synthesize new dsRNA (B). This amplifies the mechanism because DICER produces even more siRNAs (adapted from Parisi et al., 2010).

Preglednica 1: Taksonomija in seznam viroidov. Rod, ime, okrajšava in dolžina viroidov (prirejeno po Hammond in Owens, 2006).

Table 1: Taxonomy and list of viroids. The genus, name, abbreviation and length of viroids (addapted from Hammond and Owens, 2006).

Rod viroida	Ime viroida (ang.)	Okrajšava viroida	Dolžina (nt)
<i>Družina Pospiviroidae</i>			
<i>Pospiviroid</i>	Potato spindle tuber viroid	PSTVd	341-364
	Chrysanthemum stunt viroid	CSVd	348-356
	Citrus exocortis viroid	CEVd	366-475
	Columnea latent viroid	CLVd	359-456
	Iresine viroid	IrVd	370
	Mexican papita viroid	MPVd	359-360
	Tomato apical stunt viroid	TASVd	360-363
	Tomato chlorotic dwarf viroid	TCDVd	360
	Tomato planta macho viroid	TPMVd	360
<i>Hostuviroid</i>	Hop stunt viroid	HSVd	294-303
<i>Cocadviroid</i>	Coconut cadang-cadang viroid	CCCVd	246-301
	Coconut tinangaja viroid	CTiVd	254
	Citrus bark cracking viroid	CBCVd	284-286
	Hop latent viroid	HLVd	255-256
<i>Apscaviroid</i>	Apple scar skin viroid	ASSVd	329-333
	Apple dimple fruit viroid	ADFVd	306
	Apple fruit crinkle viroid	AFCVd	368-372
	Australian grapevine viroid	AGVd	369
	Citrus bent leaf viroid	CBLVd	315-329
	Citrus dwarfing viroid	CDVd	291-297
	Grapevine yellow speckle viroid 1	GYSVd-1	365-368
	Grapevine yellow speckle viroid 2	GYSVd-2	363
	Pear blister canker viroid	PBCVd	314-316
<i>Coleviroid</i>	Coleus blumei viroid 1	CbVd-1	248-251
	Coleus blumei viroid 2	CbVd-2	295-301
	Coleus blumei viroid 3	CbVd-3	361-364
<i>Družina Avsunviroidae</i>			
<i>Avsunviroid</i>	Avocado sunblotch viroid	ASBVd	239-251
<i>Pelamoviroid</i>	Chrysanthemum chlorotic mottle viroid	CChMVd	397-401
	Peach latent mosaic viroid	PLMVd	335-351
<i>Elaviroid</i>	Eggplant latent viroid	ELVd	332-335

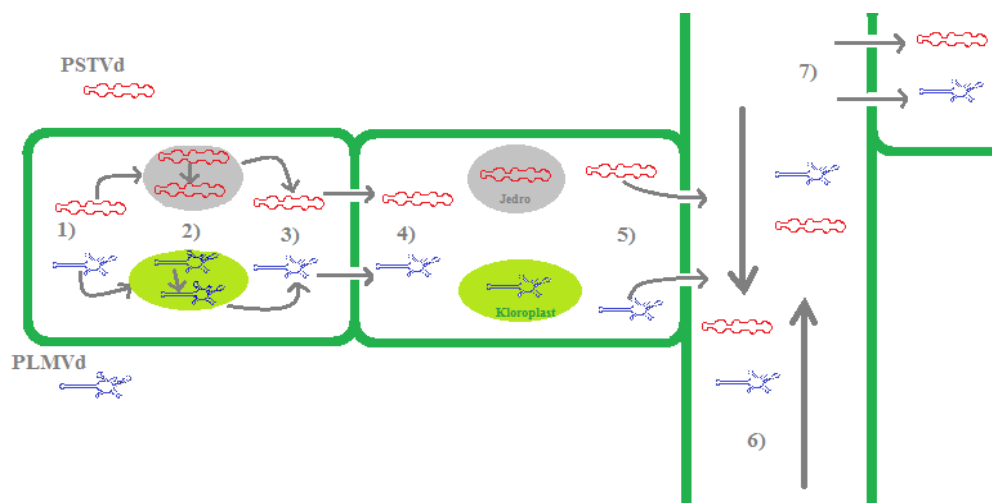
Za številne viroide je znano, da povzročajo bolezni, ki vplivajo tako na zmanjšanje kvalitete, kot tudi količine pridelka. Na Filipinih je uničenje kokosovih palm zaradi prisotnosti CCCVd od leta 1950 povzročilo gospodarske izgube v obsegu 66 milijonov ameriških dolarjev letno (Randles in Rodriguez, 2003). Na količino in kakovost pridelka krompirja močno vpliva okužba s PSTVd, ki lahko ob močnejših okužbah povzroči zmanjšanje pridelka tudi do 70 % (Owens in sod., 2009).

Primer bolezni z zelo hudimi simptomi je viroidna zakrnelost hmelja, ki jo povzroča HSVd. Obolele rastline hmelja po nekaj letih razvijejo šibkejšo in zbito rast, s prizadetimi listi in izrazito manjšimi storžki (Sano, 2003). Zakrnelost hmelja so najprej odkrili na Japonskem v 40 letih prejšnjega stoletja, kjer se je bolezen do leta 1960 razširila na glavna hmeljarska območja (Yamamoto in sod., 1973; Sano, 2003). Iz analiz izvora izbruhov HSVd je bilo ugotovljeno, da se je ta viroid na hmelj prenesel iz vinske trte, ki je rasla v bližini hmeljišč (Sano, 2003).

Izražanje simptomov je pri viroidih močno odvisno od razvojne faze rastline in vpliva okolja (Matoušek in sod., 2012). Okužba ene gostiteljske rastline je lahko latentna pri drugi pa isti viroid povzroča zelo agresivna bolezenska znamenja. Velikokrat se zgodi, da pride do hkratnih okužb z več viroidi, kar lahko zmanjša ali poveča intenzivnost obolenja. Viroidi se lahko širijo preko vegetativnega razmnoževanja rastlin, semen, medsebojnega stika rastlin in mehanskega prenosa, ki nastaja pri uporabi okuženega orodja in strojev (Hammond in Owens, 2006).

Za nastanek okužbe morajo viroidi v prvem koraku vstopiti v ustrezne organele rastlin, jedro za *Pospiviridae* in kloroplaste za *Avsunviridae*, v katerih se replicirajo. Replikaciji viroidov sledi izstop iz organelov in medcelični transport skozi plazmodezmo. Viroidi nato vstopijo v vaskularno tkivo in se skozi floem razširijo po celem rastlinskem sistemu. Ko viroidi izstopijo iz floema v neokužene celice se cikl ponovi (slika 2) (Ding in Itaya, 2007).

Viroidi aktivirajo obrambni sistem rastline na osnovi s patogenom povezanih proteinov (PR) in povzročijo kopičenje za viroide specifičnih malih RNA molekul (Flores in sod., 2005; Matoušek in sod., 2012). Kako viroidi povzročijo nastanek bolezni še vedno ostaja neznanka. Dosedanje študije so dokazale, da lahko viroidi regulirajo izražanje genov svojih gostiteljev, modificirajo fosforilacijo gostiteljevih proteinov in se povezujejo z gostiteljevimi proteini, ki so ključni pri transportu RNA in fosforilaciji proteinov. Viroidi lahko modificirajo izražanje genov vključenih v odgovor na stres in obrambo rastlin, prenos signala, transport aminokislin, strukturo celične stene in zatiranje utišanja RNA (Parisi in sod., 2010).



Slika 2: Širjenje viroidov v rastlini. 1) Viroidi najprej vstopijo v ustrezen organel, PSTVd v jedro, PLMVd pa v kloroplast. 2) Sledi replikacija viroidov in izstop iz organelov (3). 4) Nato viroidi skozi plazmodezmo okužijo naslednjo celico. 5) V naslednjem koraku vstopijo v vaskularni sistem in se skozi floem razširijo po celi rastlini (6). 7) Ko izstopijo iz floema v neokužene celice se cikel ponovi (povzeto po Ding in Itaya, 2007).

Figure 2: Trafficking of viroids through the plant. 1) Viroids first enter proper organelle, nucleus for PSTVd and chloroplast for PLMVd. 2) The following is a replication of viroids and exit from the organelle (3). 4) Then viroids infect the next cell through plasmodesma. 5) The next step is entering of the vascular system and the whole plant transport through the phloem (6). 7) When they exit the phloem they invade an uninfected cells and the cycle is repeated (adapted from Ding and Itaya, 2007).

4 MEHANIZEM INTERAKCIJE RASTLINA-VIROID

Mehanizem interakcije med rastlino in viroidom je še vedno slabo poznan, obstajajo hipotetični mehanizmi patogeneze viroidov, ki temeljijo na utišanju RNA. Kot že omenjeno je mehanizem utišanja RNA, ki ga rastline uporabljajo kot obrambo pred viroidi, dejansko način s katerim viroidi uveljavljajo svojo patogenost. Obstaja več hipotez na kakšen način se viroidi izognejo utišanju RNA: mehanizem, ki omogoča razgradnjo RNA, se nahaja v citoplazmi, medtem ko so viroidi locirani v jedru in kloroplastih, kompaktna sekundarna struktura in povezovanje z različnimi proteini pa jim omogoča, da so nedostopni za encime mehanizma utišanja (Parisi in sod., 2010). Viroidna RNA inducira utišanje RNA, za viroid specifične molekule sRNA, ki ob tem nastanejo, lahko delujejo na

utišanje izražanja fiziološko pomembnih genov gostitelja in inducirajo z razvojem bolezni povezane simptome (Gómez in sod., 2009). Na ravni TGS z viroidom inducirana RNA usmerja metilacijo genomske DNA, ki se kaže kot utišanje genov rastline. Aktivacija PTGS pa vodi v akumulacijo za viroid specifičnih malih RNA, ki se znotraj RISC-kompleksa povezujejo z različnimi zaporedji gostitelja. To vodi v utišanje mRNA gostitelja in razvoj različnih simptomov (Sano in sod., 2010).

Simptomi nastanejo zaradi direktne povezave med viroidno RNA in gostiteljskimi faktorji (proteini ali RNA) v citoplazmi ali organelih kot sta jedro in kloroplasti. Tako viroidi družine *Pospiviroidae* kot *Avsunviroidae* v celico vstopijo skozi plazmodezmo. V jedro nato vstopijo skozi jedrne pore, vstop v kloroplaste pa je še vedno nepoznan. Za viroid specifične molekule siRNA nastanejo v jedru in citoplazmi, kjer so prisotni encimi DCL. Molekule siRNA se v citoplazmi vežejo v RISC-kompleks ali pa s pomočjo encima RdRP tvorijo nove dsRNA. Vezava molekul siRNA v kompleks RISC ustavi translacijo gostiteljeve mRNA, vodi v njeno razgradnjo ali pa v metilacijo gostiteljeve DNA. Molekule siRNA lahko vežejo tudi genomsko RNA viroidov in s tem vplivajo na število viroidov (Flores in sod., 2005).

5 ZAKLJUČEK

Rastline so skozi evolucijo razvile zelo zapletene obrambne mehanizme, ki potekajo na več ravneh. Nekatere rastline so že v osnovi odporne na določene patogene, druge pa odpornost gradijo med samim napadom patogena. Kljub zelo uspešnim načinom obrambe, je viroidom na nek način uspelo mehanizme, ki bi jih med okužbo morali ustaviti, spreobrniti v svojo korist. Kako je to mogoče še vedno ostaja nepojasnjeno, obstajajo samo hipoteze, ki predvidevajo, da viroidi svojo patogenezno uveljavljajo preko mehanizma utišanja RNA.

Razvejana in kompaktna sekundarna struktura ter replikacija znotraj organelov jim omogoča, da se lahko izognejo obrambnim mehanizmom rastline. Preko mehanizma utišanja genov delujejo na izražanje gostiteljevih genov, ki so vključeni v odgovor rastline na stres, obrambo, prenos signala, strukturo celične stene in utišanje RNA. Ta način jim omogoča, da lahko povzročijo zelo hude simptome, v nekaterih primerih celo odmrtnje rastlin. Celotno razkritje interakcij med viroidi in rastlinami bi lahko v prihodnosti omogočilo nove pristope pri preprečevanju viroidnih bolezni.

6 LITERATURA

- Agrios, G.N. Plant pathology. Fifth edition. ELSEVIER academic press, California, USA. 2004.
- Carr, J.P., Lewsey, M.G., Palahaitis, P. Signaling in Induced Resistance. *Advances in Virus Research*. 2010; 76: 57-103.
- Ding, B., Itaya, A. Viroid: A useful model for studying the basic principles of infection and RNA biology. *MPMI*. 2007; 20: 7-20.
- Flores, R., Hernández, C., Martínez de Alba, A.E., Daròs, J.-A., Di Serio, F. Viroids and viroid-host interactions. *Annual Review of Phytopathology*. 2005; 43: 117-139.
- Göhre, V., Robatzek, S. Breaking the barriers: Microbial effector molecules subvert plant immunity. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2008; 46: 189-215.
- Gómez, G., Martínez, G., Pallás, V. Interplay between viroid-induced pathogenesis and RNA silencing pathways. *Trends in plant science*. 2009; 14: 264-269.
- Hadidi, A., Flores, R., Randles, J.W., Semancik, J.S. Viroids. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. 2003.
- Hammond, R.W., Qwens, R.A. Viroids: New and continuing risks for horticultural and agricultural crops. Online: *APSnet Features*. doi: 10.1094/APSnetFeature-2006-1106. 2006.
- Jones, J.D.G., Dangl, J.L. The plant immune system. *Nature*. 2006; 444: 323-329.
- Katagiri, F., Tsuda, K. Understanding the plant immune system. *MPMI*. 2010; 23: 1531-1536.
- Kyrychenko, A.M., Kovalenko, O.G. Genetic Basis and Functioning of the Signal Transduction System in Plants under Conditions of Viral Resistance. *Cytology and Genetics*. 2011; 45: 249-258.
- Matoušek, J., Riesner, D., Steger, G. Viroids: The smallest known infectious agents cause accumulation of viroid-specific small RNAs. From nucleic acids sequences to molecular medicine. *RNA technologies*. DOI 10.1007/978-3-642-27426-8_26. 2012.
- Navarro, B., Gisel, A., Rodio, M.-E., Delgado, S., Flores, R., Di Serio, F. Viroids: How to infect a host and cause disease without encoding proteins. *Biochimie*. 2012; 94: 1474-1480.
- Owens, R.A., Girsova, N.V., Kromina, K.A., Lee, I.M., Mozhaeva, K.A., Kastalyeva, T. Russian isolates of Potato spindle tuber viroid exhibit low sequence diversity. *Plant Disease*. 2009; 93: 752-759.
- Parisi, O., Lepoivre, P., Jijakli, M.H. Plant-RNA viroid relationship: a complex host pathogen interaction. *Biotechnol. Agron. Soc. environ*. 2010; 14: 461-470.
- Pitzschke, A., Schikora, A., Hirt, H. MAPK cascade signalling networks in plant defence. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009; 12: 1-6.
- Randles, J.W. in Rodriguez, M.J.B. Palm tree viroids: Coconut cadang cadang viroid. In: Hadidi A, Flores R, Randles JW, Semancik JS (eds). Viroids. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. 2003: 233-241.
- Rojo, E., Solano, R., Sánchez-Serrano, J.J. Interactions Between Signaling Compounds Involved in Plant Defense. *J. Plant Growth Regul.* 2003; 22: 82-98.
- Sano, T. Hop stunt viroid. In: Hadidi A, Flores R, Randles JW, Semancik JS (eds). Viroids. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 2003: 207-212.

- Sano, T., Barb, M., Li, S.-F., Hadidi, A. Viroids and RNA silencing. *GM Crops*. 2010; 1:2: 80-86.
- Suzuki, K. MAP kinase cascades in elicitor signal transduction. *J. Plant Res.* 2002; 115: 237-244.
- Šamajová, O., Plíhal, O., Al-Yousif, M., Hirt, H., Šamaj, J. Improvement of stress tolerance in plants by genetic manipulation of mitogen-activated protein kinases. *Biotechnology Advances*. 2013; 31: 118-128.
- Tabler, M., Tsagris, M. Viroids: petite RNA pathogens with distinguished talents. *Trends in plant science*. 2004; 9: 339-348.
- Vanderplank, J. E. Disease Resistance in Plants. 2nd Ed. Academic Press, Orlando, FL. 1984.
- Yamamoto, H., Kagami, Y., Kurukawa, M., Nishimura, S., Kubo, S. Studies on hop stunt disease in Japan. *Report of the Research Laboratories of Kirin Brewery Co., Ltd.* 1973; 16: 49-62.

ANALIZA GLOBALNEGA POVPRASEVANJA PO HMELJU V LETIH 1980-2012

Martin PAVLOVIČ¹¹

UDK / UDC 633.791:631.559:339.133(045)
pregledni znanstveni članek / review scientific paper
prispelo / received: 11. oktober 2014
sprejeto / accepted: 20. november 2014

Izvleček

Tržna pridelava hmelja je razširjena v približno 30 državah sveta severne in južne poloble. Med najpomembnejše države pridelovalke uvrščamo Nemčijo in ZDA, sledijo Kitajska, Češka, Slovenija in Poljska. Namen članka je v orisu značilnosti svetovnega trga s hmeljem in v analitičnem pregledu ključnih dejavnikov globalnega povpraševanja po hmelju za obdobje 33 let – od 1980 do 2012. Pregled izbranih statistik povpraševanja po hmelju pojasnjuje del zakonitosti oblikovanja cen hmelja na globalnem trgu.

Ključne besede: hmelj, hmeljarstvo, pridelava, povpraševanje, globalni trg

ANALYSIS OF THE GLOBAL DEMAND FOR HOPS IN THE YEARS 1980-2012

Abstract

Market production of hops is found in about 30 countries globally in Northern and Southern hemisphere. Among the most important producer countries we count Germany and the USA, followed by China, the Czech Republic, Slovenia and Poland. The purpose of this article is to outline the characteristics of the world market for hops and the review of the key factors of the global demand for hops for a period of 33 years, from 1980 until 2012. An overview of the selected statistics explains a part of the background in formation of prices for hops on the global market.

Key words: hop, hop industry, yield, demand, global market

1 SPLOŠNE ZNAČILNOSTI TRGA S HMELJEM

Kmetijski trg omogoča stike pridelovalcev in kupcev, ki so pripravljeni in zmožni pridelek bodisi prodati, bodisi kupiti. Na ta način trg povezuje ponudbo in povpraševanje, ki sta ključna vzvoda delovanja tržnega mehanizma. Trg tudi uravnava razmeščanje pridelovalcev po prostoru, času in dejavnostih. Za kmetijske

¹¹ Izr. prof. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: martin.pavlovic@ihps.si

pridelke sta običajna dva tipa osrednjih trgov, avkcija in blagovne borze. Avkcije so oblika trženja s hitro pokvarljivimi kmetijskimi pridelki, medtem ko je kmetijska blagovna borza poseben, stalno organiziran trg, ki poteka v obliki dražbe (Vadnal, 2008).

Hmeljarstvo je izjema v kmetijstvu, saj se v povprečju več kot 97 % hmelja uporablja v pivovarski industriji (Hintermeier in sod., 2012), zato hmelja ne prodajajo na avkcijah ali blagovnih borzah. Pivovarne večinoma kupujejo hmelj pri maloštevilnih organiziranih trgovcih s hmeljem. Glede na potrebe oz. povpraševanje pivovarn pa za tem trgovci iščejo pridelek pri hmeljarjih oz. njihovih posrednikih (Pavlovič, 2012a).

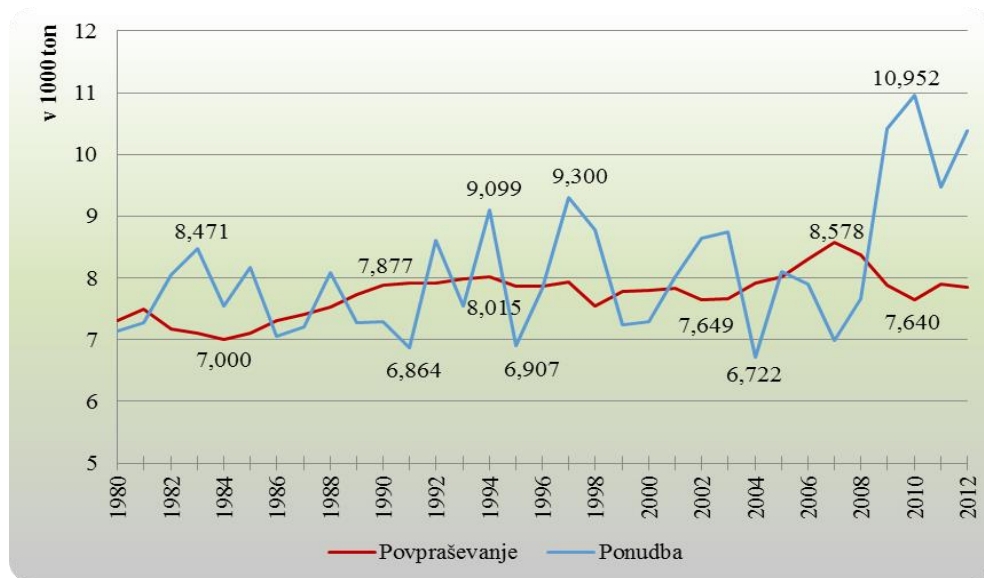
Hmeljarji se redko odločajo za samostojno trgovino s hmeljem, saj taka odločitev zahteva precej dodatnega podjetniškega znanja in stalni poslovni stik s tujimi hmeljarji, trgovci in pivovarji. Tako večina hmeljarjev po svetu svoj pridelek proda na lokalnih trgih znotraj različnih poslovnih oblik organiziranosti, lokalni trgovci, ki so lahko tudi sami hmeljarji, pa za tem ponudijo pridelek mednarodno organiziranim trgovcem s hmeljem, redkeje tudi neposredno pivovarnam (Pavlovič, 2012b).

Trg s hmeljem ima značilnost oligopsona, kjer je majhno število povpraševalcev in ogromno ponudnikov. Ima tudi značaj t.i. dvojnega trga, saj trgujejo z njim na t.i. pogodbenem in na prostem trgu. Podobno velja npr. še za kavčuk, tropski les, baker, svinec, sladkor. Dvojni trg pomeni tudi dvojne cene. Na zaprtem oz. oligopsonskem delu trga – trga srednjeročnih in dolgoročnih pogodb, so le-te mnogo stabilnejše kot na prostem trgu. Proste cene so tem bolj spreminjajoče, čim manjši je delež prostega trga v celotni svetovni menjavi.

Kot je razvidno iz slike 1, je povpraševanje po hmelju precej bolj konstantno kot ponudba. To je razumljivo, saj je ponudba v veliko večji meri odvisna od zunanjih dejavnikov, predvsem vremenskih razmer ter posledično pojava različnih boleznih in škodljivcev. Leta 1980 je povpraševanje po hmeljnih grenčicah (alfa-kislinah) znašalo 7.315 t in je do leta 2012 naraslo za 7,4 % na 7.855 t. Najvišjo vrednost je doseglo v letu 2007, ko je znašalo 8.578 t, najnižja raven pa je bila leta 1984, ko je znašalo 7.000 t hmeljnih grenčic. Ponudba hmelja je v letu 1980 (pridelek 1979) znašala 7.142 t hmeljnih grenčic in je do leta 2012 narasla za 45,3 % na 10.378 t. Najvišjo raven je dosegla v letu 2010, ko je znašala 10.952 t, najnižjo pa v letu 2004, 6.722 t.

V letu 2009 beležimo na trgu presežek hmeljnih grenčic, enako stanje se je ohranilo vse do 2013. Ponudba se je sicer nekoliko znižala, ob napovedih dviga povpraševanja pa se je situacija na trgu za hmeljarje postopoma izboljšala. V veliki meri je izboljšanje stanja potrebno pripisati industriji butičnih piv (angl. *craft*

beers) v ZDA in vedno več novim posnemovalcem po svetu. Butična piva vsebujejo med drugim precej večjo količino hmelja, kar posledično pomeni povečanje povpraševanja (Barth-Haas Group, 2013).



Slika 1: Ponudba in povpraševanje po hmeljnih grenčicah (alfa-kislinah) 1980-2012

Figure 1: Supply and demand for alpha-acids in hops 1980-2012 (Vir: Barth-Haas Group, The Barth Report, Hops 1980/1981-2012/2013)

1.1 Pogodbena prodaja hmelja

Odstopanja med ponudbo in povpraševanjem so v preteklosti že povzročala primanjkljaje oz. presežke pridelka hmelja, kar je vplivalo na izrazito kratkoročno spreminjanje cen hmelja. Zaradi tega so v 60-ih letih prejšnjega stoletja trgovci s hmeljem uvedli pogodbeno prodajo hmelja. Na ta način je cena hmelja več let ostala nespremenjena oz. pogodbeno določena glede na sorto, območje pridelave, kakovost hmelja in dobavitelja. Tak način omogoča hmeljarjem večleten stabilen prihodek od prodaje hmelja, s tem pa tudi lažje dolgoročno podjetniško poslovanje (Pavlovič, 2012b).

Pogodbena prodaja hmelja se uvršča med terminske transakcije (angl. *forward transactions*). Gre za posle, ki se sklenejo danes za dobavo hmelja v prihodnjem, točno določenem času, za določeno količino, kakovost in ceno hmelja. Take transakcije štejemo med izvedene finančne instrumente (angl. *financial*

derivatives), za katere je značilno, da se navezujejo na neko blago oz. drug vrednostni papir (Mrak, 2002).

Pogodbena prodaja hmelja se vrši po fiksnih cenah za 3-5 let vnaprej, redkeje več. V povprečju prodajo hmeljarji na globalni ravni od 80 do 90 % pridelka po vnaprej določenih cenah še pred obiranjem (Pavlovič, 2012c).

Dolgoročno ima odkupna cena velik vpliv na ponudbo, saj lahko hmeljarji le kratkoročno pridelujejo pod lastno ceno. Če je prodajna cena hmelja na ravni spremenljivih oz. variabilnih stroškov, dolgoročno vsekakor ni sprejemljiva, saj pridelujemo negospodarno – z izgubo. Dolgoročno pa nedobičkonosnost prinaša opuščanje pridelave hmelja. Prodajna cena hmelja, ki je višja, kot so celotni modelni stroški pridelave, pa omogoča povprečno uspešnim hmeljarjem zaslužek oz. dobiček, s čimer lahko sprejemajo nove podjetniške odločitve o povečanju pridelave (Pavlovič, 2012b). Riziko prenizkih cen hmeljarji zmanjšujejo s sklepanjem poslov o prodaji hmelja na pogodbenem trgu.

1.2 Prosta prodaja hmelja

Poleg pogodbene prodaje hmelja se je ohranila tudi prodaja na prostem trgu – predvsem na pridelovalnih območjih Srednje in Vzhodne Evrope. To je prodaja brez dolgoročnih dogovorov in brez pogodbenih obveznosti. Hmeljarji so torej podvrženi veliko večjim podjetniškim rizikom, saj je v ozadju špekulacija o globalnem pomanjkanju hmelja, ki omogoča zaslužke. Glede na visoko tveganje je taka prodaja upravičena le ob dobrem poznavanju globalnega trga in za manjši del količin pridelka, t.j. do 25 % (Pavlovič, 2012b).

Prodajo na prostem trgu lahko označimo tudi kot promptni posel (angl. *spot transaction*). Gre za učinkovite posle, kjer se kupci in prodajalci dogovorijo o ceni in pogodbeni količini ter kakovosti hmelja za takojšnjo dobavo. Promptni posli imajo nekatere pomanjkljivosti, saj gre za pogodbe, ki so sklenjene med dvema strankama, kar v primeru, da se ena od strank premisli, povzroča problem vzpostavitve sekundarnega trga, če ta sploh obstaja (Jamnik, 1999).

Na splošno velja, da so cene surovin (kamor lahko uvrščamo tudi cene hmelja na prostem trgu) nagnjene k pogostim in ostrim fluktuacijam. Gre za krožna nihanja, pri katerih si sledijo zdrsi in vzponi cen. Industrijske cene so veliko bolj stabilne kot cene surovinskih proizvodov. Razlog je v tem, da se ponudba in povpraševanje pri industrijskih proizvodih prilagajata spremembam na trgu preko sprememb v proizvodnji in zalogah, medtem ko se pri surovinskih preko sprememb cen, saj se pridelovalci ne morejo odzvati s prilagajanjem količine. Elastičnost ponudbe (odnos med nihanjem cen in spremembami ponudbe na trgu) je pri kmetijskih

pridelkih zelo majhna, če ne enaka nič, saj je izredno težko in pogosto v kratkem roku nemogoče prilagoditi proizvodnjo/ponudbo povpraševanju (Flere, 1995).

Temeljni zakon povpraševanja je takšen, da je pri višji ceni količina povpraševanja manjša (Lah in sod., 2007). Pri prosti prodaji hmelja to ne drži. Pomemben vidik pri prodaji hmelja na prostem trgu je, da je hmelj ena izmed osnovnih surovin v pivu, predstavlja običajno okoli en odstotek stroškov proizvodnje piva (ARDD, 2009). Zato velja, da v obdobjih pomanjkanja hmelja - cena ni najbolj bistven dejavnik za odkup hmelja. Pivovarne so v kratkoročnem času, ko obstaja potreba, pripravljene plačati takšno ceno, kot se na trgu oblikuje - ne glede na njeno višino. V času globalnega primanjkljaja to dejstvo hmeljarjem omogoča špekulativne zasluzke. V nadpovprečno dobrih letinah, oz. visokih zalogah, pa je slika obratna (Pavlovič, 2012b). Navedeno kaže na visoko cenovno neelastičnost povpraševanja oz. celo popolno neelastičnost na kratkoročnem trgu. Ob spremembi cene se povpraševanje po hmelju ne spremeni (Lah in sod., 2007) ob predpostavki, da zalog ni.

2 DEJAVNIKI POVPRASEVANJA PO HMELJU

Povpraševanje pomeni vse tržne sile, ki se uveljavljajo z delovanjem kupcev in vplivajo na njihovo pripravljenost za nakup določene količine blaga ali storitve po raznih cenah. Individualno povpraševanje je odvisno od (Kramar, 2008; Prašnikar in sod., 2005) **subjektivnih dejavnikov** (potrebe, intenzivnost potreb, želje, okusi, običaji, stil življenja, rekreacija ipd.) in **objektivnih dejavnikov**, ki določajo kupno moč kupca (denarni dohodek, cene dobrine, cene substitutov, število prebivalstva, struktura prebivalstva, raven razvitosti ipd.). Iz navedenega lahko opredelimo naslednje glavne dejavnike povpraševanja po hmelju: (i) količina proizvedenega piva, (ii) tehnologija hmeljenja (odmerek hmeljnih grenčic v pivu), (iii) zaloge hmelja pri trgovcih in pivovarjih, (iv) cena hmelja, (v) količina in vrste substitutov, (vi) svetovno prebivalstvo, (vii) svetovni BDP, itd. V nadaljevanju osvetljujemo nekatere izbrane elemente povpraševanja po hmelju. Gradivo obsega analizirane statistične podatke v okviru že uveljavljene metodologije Mednarodne hmeljarske organizacije (www.ihgc.org) ter statistike iz različnih poslovnih poročil hmeljarskih organizacij in trgovskih podjetij s hmeljem (Pavlovič in Koumboulis, 2004; IHGC, 2014).

2.1 Količina proizvodnje piva

Okoli 97 % hmelja se porabi v pivovarske namene (Hintermeier in sod., 2012). Povpraševanje po hmeljnih grenčicah tako narekujejo pivovarne po vsem svetu. V preglednici 1 je predstavljenih 15 največjih pivovarskih skupin v letu 2012, ki imajo skupaj malo manj kot 70 % svetovni tržni delež v proizvodnji piva. Pet

največjih pivovarskih skupin pa skupaj obvladuje že okoli polovico svetovnega trga.

Preglednica 1: Pregled 15 največjih pivovarskih skupin na dan 31. 12. 2012 (Vir: JBS, 2012)

Table 1: The 15 biggest brewing groups on 31.12.2012

	Pivovarske skupine	Država	Proizvodnja piva v mio hl	Tržni delež
1	AB InBev	Belgija	352,9	18,1
2	SAB Miller	Anglija	190,0	9,7
3	Heineken	Nizozemska	171,7	8,8
4	Carlsberg	Danska	120,4	6,2
5	China Resource Brewery Ltd.	Kitajska	106,2	5,4
6	Tsingtao Brewery Group	Kitajska	78,8	4,0
7	Grupo Modelo	Mehika	55,8	2,9
8	Molson-Coors	ZDA/Kanada	55,1	2,8
9	Yanjing	Kitajska	54,0	2,8
10	Kirin	Japonska	49,3	2,5
11	Efes Group	Turčija	28,4	1,5
12	BGI/Groupe Castel	Francija	26,7	1,4
13	Ashai	Japonska	21,2	1,1
14	Gold Star	Kitajska	19,7	1,0
15	Diageo (Guinness)	Irska	19,2	1,0
	Ostale pivovarne		601,9	30,8
	SKUPAJ		1.951,3	100,0

Največja pivovarska skupina na svetu je belgijska AB InBev, ki nadzoruje kar 18 % svetovne proizvodnje piva. Pivovarska skupina je lastnik več kot 200 pivovarskih znamk, med drugimi tudi takšnih, kot so Budweiser, Stella Artois, Beck's, Skol in Jupiler. Skupaj ima podjetja v 23 državah in približno 116.000 zaposlenih. Da gre za pivovarskega velikana, dokazuje tudi promet v letu 2011, ki je dosegel kar 39 milijard dolarjev. Podjetje ima tudi spoštovanja vredno tradicijo, ki sega v leto 1366, ko je v Leuvenu že delovala pivovarna Den Hoorn (Delo.si, 2012).

Gospodarska kriza in z njo padec potrošnje sta v zadnjih letih vplivali na prestrukturiranje pivovarskega sektorja, ki ga je povzročila konsolidacija dejavnosti tako v EU kot po vsem svetu. Zaradi svetovnih razmer, želje po čim nižjih stroških in potrebe po vstopih na nove trge so v zadnjih letih tako na področju pivovarstva značilne različne kapitalske povezave. Hkrati pa se je v vseh državah povečalo tudi število manjših pivovarn, s čimer se je povečala raznolikost ponudbe za potrošnika (Jirovec in sod., 2013).

Vmesni člen med ponudniki in povpraševalci so trgovci s hmeljem. V zadnjih 60-ih letih se je število trgovcev po svetu močno zmanjšalo. V 21. stoletju prevladuje na mednarodnem trgu s hmeljem majhno število velikih mednarodnih trgovcev. V večini izhajajo iz Nemčije in imajo zastopnike v ZDA in drugje po svetu. Večina trgovcev je vertikalno organizirana in imajo v lasti tudi svoje hmeljne nasade, s katerimi lažje zadovoljujejo povpraševanje oz. nadzorujejo ponudbo hmelja na trgu. Največji dve trgovski podjetji s hmeljem in njegovimi različnimi proizvodi, ki skrbita za pridelavo, predelavo in trženje hmelja sta Joh. Barth & Sohn in Hopsteiner. Nadzorujeta več kot dve tretjini količin svetovne dobave pivovarnam (Pavlovič, 2012c).

2.2 Tehnologija hmeljenja oz. odmerek hmeljnih grenčic v pivu

Okuse potrošnikov pri pitju piva lahko v grobem opredelimo tudi v odmerku hmeljnih grenčic v pivu. V odmerku se odraža tehnologija hmeljenja. Tehnološki napredek in z njim spreminjajoča se tehnologija proizvodnje piva z boljšim izkoristkom sestavin v surovinah in pa rastoči trend pitja tipov piva polnega okusa (angl. *craft beers*) vplivajo na povečevanje globalnega povprečnega odmerka grenčičnih snovi v pivu (hmeljnih grenčic oz. alfa-kislin). Velike spremembe na področju razvoja tehnologije imajo velik vpliv tako na hmeljarsko pridelavo, kot na proizvodnjo piva. Največje spremembe beležimo na področjih kot so (Pavlovič, 2012c):

- **proizvodnja piva:** avtomatično doziranje, odmerki dodatkov hmelja, čas slajenja, pogosta uporaba hmeljnih proizvodov;
- **predelava hmelja:** briketi 90 in 45, ekstrakti iz hmelja, izomerizirani hmeljni proizvodi;
- **pridelava hmelja:** spremembe v sortni strukturi;
- **analitične metode;**
- **ekološke izboljšave;**
- **varnost in zaščita zdravja.**

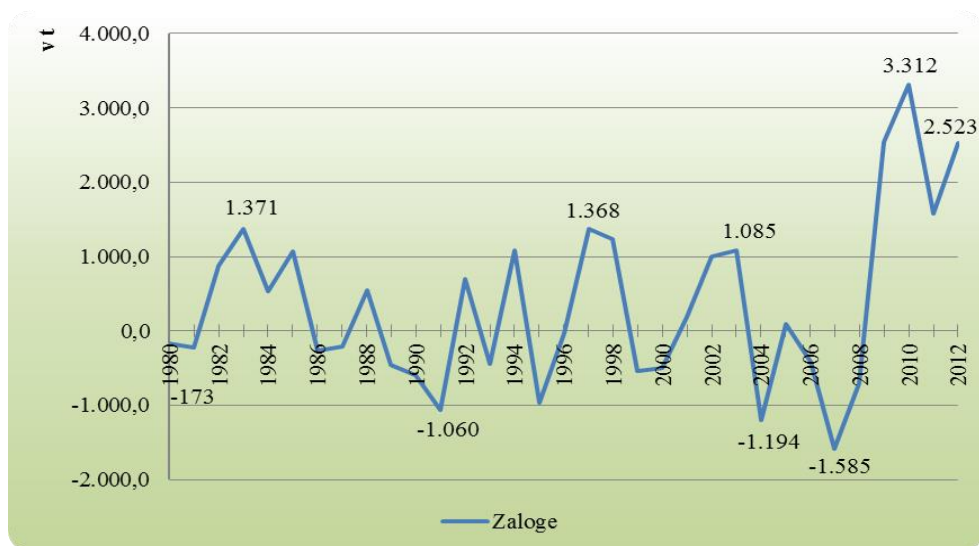
Na zmanjševanje odmerka hmelja v pivu vpliva tudi naraščanje prodaje piva predvsem v državah, kjer je pitje piva tradicionalno povezano z manjšo vsebnostjo hmeljnih grenčic (Majer in sod., 2002; The Barth Report, 1997). Predvsem je tu v ospredju Kitajska, kjer kljub visokemu povečanju proizvodnje piva povpraševanje po hmelju ostaja relativno nizko (Dornbusch in sod., 2011). Na podlagi posrednega izračuna iz razmerja med proizvedenimi količinami piva in pridelanimi količinami hmelja v predhodnem letu, smo v letu 1980 beležili porabo 7,8 gramov hmeljnih grenčic na hektoliter piva. V letu 2012, pa je odmerek znašal le še 4,5 g/hl piva. Pri proizvodnji tipov piva polnega okusa v ZDA velja ocena, da so odmerki hmelja oz. vsebnosti grenčic v pivu tudi nekajkrat višji.

Na drugi strani pa se v preučevanem obdobju nenehno povečuje povprečna vsebnost grenčičnih snovi v novih, visoko-grenčičnih sortah hmelja (angl. *super alpha hops*). Ta je bila leta 1980 na mednarodni ravni 6,0 %, v letu 1998 pa že 7,7 % in pomeni, da se v globalni sortni strukturi v preučevanem obdobju na račun aromatičnih in z grenčico manj bogatih sort povečuje delež t.i. visoko-grenčičnih kultivarjev hmelja (Majer in sod., 2002). V letu 2012, kjer zaključimo analizirano obdobje, pa znaša povprečna vsebnost alfa-kislin v globalni pridelavi hmelja že 10,3 %. Trend sprememb okusov pivcev piva pa že nakazuje jasen zasuk - v povečevanje svetovnega deleža aromatičnih (angl. *aroma hops*) in dodatno še t.i. dišavnih sort hmelja (angl. *flavour hops*).

Iz statistik v letih 1980-2012 jasno zaznamo dolgoletni trend zmanjševanja porabe hmelja na hl piva, na drugi strani pa se zaradi svetovnega povečevanja proizvodnje piva povečuje globalna poraba hmeljnih grenčic.

2.3 Zaloge produktov hmelja

Vsakoletne razlike med ponudbo in povpraševanjem ustvarjajo zaloge, ki se na eni strani lahko kopičijo pri hmeljarjih ali trgovcih, na drugi strani pa tudi v pivovarnah. Ustvarjene zaloge v preteklem letu vplivajo na povpraševanje v tekočem letu. Gibanje zalog hmeljnih grenčic od leta 1980 do 2012 je prikazano na sliki 2.



Slika 2: Zaloge hmeljnih grenčic v tonah v obdobju od 1980–2012 (Prirejeno po: Barth-Haas Group, The Barth Report, Hops 1980/1981–2012/2013)

Figure 2: Alpha-acid stocks in tons in the period 1980–2012

Zaloge hmelja preko ponudbe in povpraševanja uravnavajo trg in gibanje cen. V primeru, ko na trgu obstajajo obilne zaloge hmelja, cene padejo, hmeljarji pa posledično zmanjšujejo pridelavo. V primeru primanjkljaja pa je situacija obratna.

Največji primanjkljaj hmelja v obravnavanem obdobju 33 let je bil leta 2007, ko je znašal 1.585 t hmeljnih grenčic, največji presežek pa 3 leta kasneje, 3.312 t. Najdaljše obdobje primanjkljaja je dolgo 3 leta, in je bilo od leta 1989 do 1992 in od leta 2006 do 2008. Najdaljše obdobje presežka pa se je pričelo z letom 2009 in je trajalo vse do zaznane podpovprečne letine hmelja v 2013 (Pavlovič, 2013).

2.4 Substituti pivu

Industrija pijač deluje v zelo konkurenčnem okolju z ogromno blagovnimi znamkami, ki vplivajo na kupce. Trg pijač ni enoten, je skupek manjših trgov z različnimi izdelki in zahtevami. Vse te različne trge lahko razdelimo v dve skupini: alkoholne (pivo, vino, žganje) in brezalkoholne pijače (sokovi, vode ipd.). Substituti pivu so tako na eni strani druge alkoholne pijače in vse brezalkoholne pijače. Vsaka kategorija pijač pa ima svoje tržne zakonitosti.

Trgi v razvitih državah se krčijo, mlajše generacije se obračajo k drugim pijačam. Tako pivovarne vedno težje dosegajo mlajše potrošnike. Nova multimedijaska generacija se vedno bolj nagiba k eksotičnim pijačam. Družba za raziskovanje potrošništva je ugotovila, da v Nemčiji 61 % ljudi v starosti od 24 do 29 let redko ali sploh ne pije piva (Jurkas, 2009).

Spletni vir Companies and Markets (Global Beverage Market) navaja, da je rast pivovarskega trga stabilna, vendar beleži nizke stopnje rasti. Medtem pa rast proizvodnje industrije brezalkoholnih pijač na zrelih, razvitih trgih stagnira, na trgih v razvoju pa se visoke stopnje rasti upočasnjujejo, a prinašajo še vedno visoke dobičke. Po količini prodaje prednjači v letu 2013 ustekleničena voda z načrtovano stopnjo rasti 5,4 %. Svetovna poraba energijskih pijač se je povečala za 14 % v 2011 (4,8 mrd. l) glede na leto 2007. Povprečna letna rast v obdobju 2009-2013 je znašala kar 10 %. Tudi trg žganja dosega visoke stopnje rasti. Do leta 2015 beležijo oceno 11 % rast količine prodanega žganja (CM.com, 2013).

V prispevku zgoščeno primerjamo kot substitut pivu količine vina. Za razliko od proizvodnje piva, ki strmo narašča, kažejo podatki na področju pridelave vina drugačno sliko. Od leta 1980, ko je bila pridelava vina na nivoju 29,4 mio l, je do leta 1991 strmo upadla. Zmanjšala se je za 23,7 % in je v letu 1991 znašala 22,4 mio l. Od tega leta naprej je zaznati stagnacijo oz. nizko rast - do leta 2009 je narasla za 2,7 % na 23,0 mio l. Enako kot potrošnja piva na prebivalca nad 15 let konstantno upada tudi potrošnja vina na prebivalca v starosti nad 15 let. V letu

1980 je znašala 10,2 l na prebivalca in se je do leta 2009 zmanjšala za 54,8 %, na 4,6 l na prebivalca.

3 ZAKLJUČEK

Gospodarska pridelava hmelja je razširjena v približno 30 državah sveta severne in južne poloble. V letu 2014 sta bili globalno najpomembnejši državi pridelovalki hmelja, oz. alfa-kislin Nemčija (40% oz. 42%) in ZDA (34% oz. 39%). Po pridelku na svetovni ravni sledijo v 2014 Kitajska, Češka, Slovenija in Poljska (IHGC, 2014).

Povpraševanje po produktih hmelja za potrebe pivovarstva je precej bolj konstantno kot pa ponudba hmelja – vezana na pridelavo v hmeljiščih. Namen preglednega članka je v orisu značilnosti svetovnega trga s hmeljem – s poudarkom na analizi izbranih elementov globalnega povpraševanja po hmelju za obdobje 33 let – od 1980 do 2012. Pregled izbranih statistik povpraševanja po hmelju (proizvodnja piva, odmerki grenčic oz. t.i. alfa-kislin v pivu, zaloge produktov hmelja, substituti) pojasnjuje del zakonitosti oblikovanja cen hmelja na globalnem trgu.

Članek je del gradiva diseminacije mednarodnega projekta *Micro-brewing learning and training program (LdV Beer School)* LLP-LDV-TOI-2013-1-SII-LEO05-05341 - v okviru finančne sheme EU Leonardo da Vinci. Avtor članka in vodja projekta se zahvaljuje ustanovi CMEPIUS in projektni skupini za sodelovanje.

4 LITERATURA

- ARRD, Agriculture and Rural Development Directorate – General. *Evaluation of the CAP measures related to hops. Executive summary, 2009, s. 8.* http://ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/hops/exec_sum_en.pdf (17.6.2014).
- Barth-Haas Group. *The Barth Report, Hops 1980/1981 – 2012/2013.* Nuremberg: Joh. Barth & Sohn GmbH & Co KG.
- Delo.si. (2012). Carlos Brito, skromni šef največje pivovarne na svetu. *Delo.si.* <http://www.delo.si/druzba/republikapivonija/carlos-brito-skromni-sef-najvecje-pivovarne-na-svetu.html> (12.3.2012).
- Dornbusch, H., Drexler, G., König, W., Ward, I. (2011). 2011 World Barley and Hops Harvest. *The New Brewer*, 28(6): 38-53.
- Flere, J. (1995). *Surovine v svetovnem gospodarstvu.* Ljubljana: Center za mednarodno sodelovanje in razvoj - CMSR.
- CM.com. 2013. *Global Beverage Market.* <http://www.companiesandmarkets.com/MarketInsight/Food-and-Drink/Global-Beverage-Market/NI6953> (15.9.2014).
- Hintermeier, P., Cooberg H. J. *Market Report. November 2012.* Nuremberg: Economic Committee of the IHGC.

- IHGC. (2014). International Hop Growers' Convention. Economic Committee country report. Nuremberg.
- Jamnik, D. (1999). *Mednarodni trgi kave in konkurenčna analiza slovenskega trga kave* (magistrsko delo). Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
- Jirovec, L. & Calleja, E. (2013). *Osnutek mnenja posvetovalne komisije za spremembe v industriji (CCMI) o spodbujanju potenciala rasti v evropskem pivovarstvu (mnenje na lastno pobudo)*. Bruselj: Evropski ekonomsko-socialni odbor. https://toad.eesc.europa.eu/ViewDoc.aspx?doc=ces%5Cccmi%5Cccmi114%5CSL%5CCES2391-2013_00_00_TRA_PA_SL.doc&docid=2931128 (12.10.2013).
- JBS, Joh. Barth & Sohn GmbH & Co. KG. (2012). *Beer Production. Market Leaders and their Challengers in the Top 40 Countries in 2012*. Nuremberg.
- Jurkas, A. (2009). *Značilnosti in posebnosti integriranega tržnega komuniciranja v pivovarski industriji (primerjava slovenski in hrvaški trg)* (diplomsko delo). Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
- Kramar, B. (2008). *Ekonomika poslovanja*. Ljubljana: LEILA, Višja strokovna šola – poslovni sekretar d.o.o.
- Lah, M., & Ilič, B. (2007). *Temelji ekonomije*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
- Majer, D., Virant, M., Pavlovič, M. (2002). Hmeljarstvo v svetu in pri nas. V D. Majer (ur.), *Priročnik za hmeljarje*, 17-19. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
- Mrak, M. (2002). *Mednarodne finance*. Ljubljana: GV Založba.
- Pavlovič, M., Koumboulis, F. N. (2004). Methodology of an IHGC market supply data collation. *Hmeljarski bilten*, 11: 17-24.
- Pavlovič, M. (2012a). Mednarodna razsežnost hmeljarstva. V B. Čeh (ur.), *Hmelj od sadike do storžkov*, 11-12. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
- Pavlovič, M. (2012b). Gospodarnost pridelave hmelja. V B. Čeh (ur.), *Hmelj od sadike do storžkov*, 125-129. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
- Pavlovič, M. (2012c). *EU Hop industry. Production, organization, policy and marketing*. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing.
- Pavlovič, M. (2012d). Production Character of the EU Hop Industry. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(2): 233-239.
- Pavlovič, M. (2013). Signali povečanega povpraševanja po hmelju na trgu pivovarskih surovin. *Hmeljar*, 75: 4-5.
- Prašnikar, J., Domadenik, P. (2005). *Mikroekonomija*. Ljubljana: GV Založba, d.o.o.
- Vadnal, K. (2008). *Kmetijsko trženje*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta.

EKONOMSKI UČINKI PREDVIDENE IZGRADNJE SUHIH ZADRŽEVALNIKOV NA KMETIJSTVO V SPODNJI SAVINJSKI DOLINI

Matjaž GLAVAN¹², Andrej UDOVČ¹³, Marina PINTAR¹⁴

UDK/UDC 627.51:627.53:631(045)

izvirni članek / original article

prispelo / received: 15. oktober 2014

sprejeto / accepted: 17. november 2014

Izveček

Z namenom zmanjšati poplavno ogroženost v Spodnji Savinjski dolini je Republika Slovenija z Državnim prostorskim planom predvidela izgradnjo 10 velikih suhih zadrževalnikov vzdolž strug rek Savinje in Bolske. Zadrževalniki bodo z visokimi in širokimi nasipi močno spremenili podobo pokrajine. Ob predvidenih večjih poplavah bodo služili za shranjevanje presežne poplavne vode, s čimer bi pred poplavami zaščitili mesti Celje in Laško. Poplavna voda, ki bi suhe zadrževalnike ojezerila, bi tako lahko vplivala na lastnosti tal, količino in kakovost pridelka. Ta protipoplavni ukrep bo najbolj vplival na kmetijstvo, še posebno tista kmetijska gospodarstva, ki imajo velik delež kmetijskih zemljišč znotraj zadrževalnikov. Najbolj bo vplival na hmeljarje, sadjarje in drevesničarje. Kljub majhni verjetnosti dogodka se ob najbolj neugodnem scenariju ojezeritve vseh 10 suhih zadrževalnikov v času polne vegetacije ocenjuje, da bi škoda na kmetijskih pridelkih lahko preseгла 1.500.000 EUR.

Ključne besede: poplavna ogroženost, suhi zadrževalnik, poplavne vode, Savinja, kmetijstvo, ekonomski učinki

ECONOMIC EFFECTS OF THE PLANNED DRY DETENTION RESERVOIRS CONSTRUCTION ON THE AGRICULTURE IN THE LOWER SAVINJA VALLEY

Abstract

The Republic of Slovenia with the national spatial plan envisages the construction of 10 large dry detention reservoirs along the rivers Savinja and Bolska in order to reduce the risk of flooding in the Lower Savinja valley. Reservoirs with high and wide levees will change the landscape significantly. At expected major floods will serve for storage of excess flood water in order to protect cities of Celje and Laško from flooding. Excess water would flood

¹² Doc. dr., univ. dipl. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

¹³ Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: andrej.udovc@bf.uni-lj.si

¹⁴ Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

dry reservoirs and thus have an impact on soil properties, crop quality and yield quantity. This flood measure will have the greatest impact on agriculture, especially those agricultural holdings, which have a large part of the agricultural land within the dry reservoirs. It will mostly affect the hop growers, fruit growers and tree nurseries. Despite low probability of the event is in the worst case scenario, where water would flood all of 10 dry detention reservoirs during the full vegetation, estimated that damage on crops could exceed 1.5 million EUR.

Key words: flood risk, dry detention reservoirs, flood waters, Savinja, agriculture, economic effects

1 UVOD

Območje ob rekah Savinji in Bolski je poplavno zelo ogroženo, kar izkazujejo pogoste poplave na urbaniziranih območjih v Sp. Savinjski dolini, kot tudi na območju Laškega in Celja. Z namenom reševanja te problematike je bil natančno analiziran obstoječi obseg poplav 10, 100, 500 in 5000-letnih vod za območji Savinje in Bolske s Trnavco in pripravljen projekt ureditve stanja. V tem okviru se z Državnim prostorskim načrtom (DPN) načrtuje gradnja suhih zadrževalnikov. Opis problematike obstoječega stanja poplavne ogroženosti na območju Spodnje Savinjske doline obravnava poročilo, pripravljeno v okviru izdelave Kart poplavne nevarnosti in kart razredov poplavne nevarnosti (Savinja, Bolska, Trnavica) (IZVO-R, 2012). V času javne razgrnitve osnutka DPN so bile dane zahteve po izdelavi analiz vpliva zadrževalnikov na ekonomiko kmetijstva in posledično vpliv na kmetijska gospodarstva, predvsem z vidika dohodka, razvoja gospodarstev in njihove tržne vrednosti. Dana so bila tudi opozorila glede možnosti poslabšanja delovanja obstoječih namakalnih in osuševalnih sistemov, kar posledično lahko pomeni vpliv na kmetijstvo v Spodnji Savinjski dolini. Z vidika kmetijske pridelave in obstoječe infrastrukture je bilo v tej raziskavi preučeno vplivno območje načrtovanega posega na območju DPN na ravni poplavnega dogodka s 100 letno povratno dobo. Na večjem delu območja, predvidenem za izgradnjo suhih zadrževalnikov, se poplave ob večjih poplavnih dogodkih pojavljajo že sedaj in tako povzročajo občasno zasedbo, s svojim načinom poplavljanja pa tudi škodne dogodke na kmetijskih kulturah in zemljiščih. Sedanje poplave so plitvejše, v obliki razpršenega vodnega toka preko površin, njihov površinski obseg in čas trajanja je odvisen od gladine vode v strugi.

Območja načrtovanih nasipov pomenijo za kmetijstvo trajno zasedbo kmetijskih zemljišč, ostala območja (znotraj načrtovanih zadrževalnikov) pomenijo občasno zasedbo kmetijskih zemljišč, v smislu, da bo na območju občasno motena kmetijska pridelava (npr. posledično zmanjšanje pridelka zaradi posredne ali neposredne škode poplavne vode, onesnaženje pridelka s sedimentom in kemijskimi snovmi, ki jih nosi poplavna voda). Zaradi izgradnje suhih

zadrževalnikov bo kmetijska pridelava motena, kar bo lahko povzročilo izpad pridelka in prihodka kmetijskega gospodarstva. Predviden način poplavljanja bo globlji (več metrov), v obliki umirjenega dvigovanja gladine v zadrževalniku. Njihov površinski obseg je omejen z zadrževalnim prostorom zadrževalnika, njihov čas trajanja je odvisen od hidroloških razmer v celotnem porečju Savinje.

Učinki suhih zadrževalnikov na kmetijstvo se lahko odražajo na več načinov (npr. kakovost pridelka, kakovost tal, težave pri obdelavi tal, vrednost zemljišč). Glede na posledice za kmetijstvo, ki jih lahko ima poplavna voda na kmetijske rastline, zemljišča in pridelovalno tehniko znotraj zadrževalnikov, lahko učinke poplav razdelimo na neposredne in posredne. K neposrednim negativnim učinkom poplav na kmetijsko zemljišče/posevke prištevamo mehanično uničenje zaradi sile vode in onesnaženje posevka, ki nastane zaradi nanosa talnih delcev in ostalega materiala (kamenje, vejevje, kemične snovi, ipd.) na posevek. K posrednim negativnim učinkom prištevamo vplive na večjo verjetnost pojava nekaterih bolezni in škodljivcev ter slabšo rast posevka zaradi pomanjkanja kisika v tleh in zmanjšanja hidravlične prevodnosti tal. Pri tem je velikost posledic odvisna predvsem od vrste kmetijske rastline, tržnih razmer, stadija razvoja posevka, globine poplavne vode, trajanja poplav, temperature tal in vremena po poplavi. Tako neposredni kot posredni učinki poplav imajo lahko za posledico zmanjšanje pridelka ali popoln izpad pridelka v vegetacijski dobi. Treba je poudariti, da predstavlja poplava nekega kmetijskega zemljišča zmanjšanje potenciala kmetijskega zemljišča za rastlinsko pridelavo, neodvisno od tega ali na kmetijskem zemljišču poteka tržna ali netržna rastlinska pridelava.

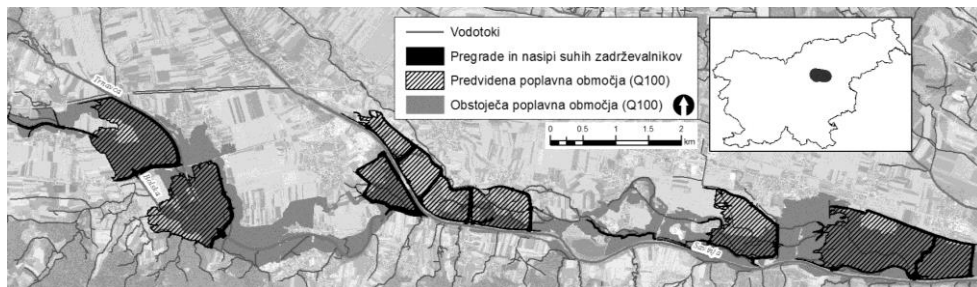
Namen predstavljanje raziskave je oceniti možne ekonomske učinke umestitve načrtovanega posega na kmetijsko pridelavo.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Opis območja

Območje DPN obsega 934 ha. Suhi zadrževalniki ob Savinji so zasnovani tako, da se bo v veliki meri sedanje poplavno območje ob vodotoku preoblikovalo v zadrževalni prostor (slika 1). Z izgradnjo prečnih nasipov pretežno pravokotno na os vodotoka Savinje in priključkom na zaledni teren se bo preprečilo pretakanje poplavnih vod po poplavnem območju. Ob Savinji se bo za omejitev območja uporabilo obstoječi nasip Savinje, ki se ga bo na posameznih območjih dogradilo in nadvišalo. Začetek prelivanja v zadrževalnik je predviden ob nastopu visokovodnega vala, za kar bo izvedeno spremljanje poteka visokovodnega vala pri potovanju od Mozirja proti Letušu in dalje proti Celju. Poseben primer so zadrževalniki Levec in Šempeter 1 in 2, kjer se zadrževalniki polnijo s pomočjo vtočnega objekta v zgornjem zadrževalniku. Za njihovo praznjenje je predviden

iztočni objekt za kontroliran izpust vode v Savinjo, ki bo hkrati služil kot varnostni izpust za primer nenadnega zvišanja gladine v zadrževalniku. Pri zadrževalnikih na Bolski se bo polnjenje in praznjenje zadrževalnikov izvajalo z regulacijo zapornic na pretočnem objektu, zgrajenem neposredno na potoku Bolska. Z delnim pripiranjem zapornic se bo spuščal dalje po koritu Bolske le kontroliran pretok, ki je usklajen s pretokom v Savinji (Hidrosvet, 2010; Knapič in sod., 2011).



Slika 1: Območje trajne in začasne zasedbe kmetijskih zemljišč na območju predvidenih suhih zadrževalnikov v Spodnji Savinjski dolini

Figure 1: The area of permanent and temporary occupation of agricultural land in the area of planned dry reservoirs in the Lower Savinja Valley

Globina in obseg poplavljanja se bosta zelo spremenila (preglednica 1). Ker se bo poplavljanje po ureditvi skoncentriralo na območja zadrževalnikov, bo preko 295 ha območja, ki je danes ob najneugodnejšem možnem izidu poplavljen, po izgradnji suhih zadrževalnikov varnega pred poplavami (preglednica 1) (IZVO-R, 2012). Dolžina trajanja poplave v novo zgrajenih zadrževalnikih bo odvisna od obsega poplavnega dogodka (povratna doba, dolžina trajanja, razmere na ostalih vodotokih). Zaradi načina polnjenja in praznjenja zadrževalnikov bo zadrževalni prostor do globine 0,5 m napolnjen zadnji in prvi izpraznjen, kar pomeni »razmeroma kratek« čas poplavljenosti v tem delu zadrževalnega prostora. Medtem bo zadrževalni prostor z globino nad 1,5 m napolnjen prvi in zadnji izpraznjen, kar naj bi predvidoma pomenilo največ 2 dni poplavljenosti (Inženiring za vode, 2010). K temu pa je potrebno dodati še čas, ki je potreben, da se tla osušijo in dosežejo optimalno vlago v tleh pri poljski kapaciteti.

Analiza dejanske rabe tal za območje DPN iz leta 2011 izkazuje, da večino zasedajo njive in vrtovi (1100) in sicer 329,5 ha, 254,8 ha trajni travniki (1300), 206,8 ha hmeljišča (1160), 85,9 ha gozd (2000), 44,4 ha drevesa in grmičevje (1500), 20,9 ha kmetijska zemljišča v zaraščanju (1410) in 11,0 ha intenzivni sadovnjaki. Kmetijske rabe, ki zasedajo manj kot 10 ha, so neobdelano kmetijsko zemljišče (1600) s 7,1 ha, trajne rastline na njivskih površinah (1180) s 6,5 ha, ostala zamočvirjena zemljišča (4220) z 1,8 ha, kmetijsko zemljišče poraslo z

gozdnim drevjem (1800) z 1,6 ha, ekstenzivni oziroma travniški sadovnjaki (1222) z 1,4 ha, in vinogradi (1211) z 0,3 ha površine. Prisotne so tudi nekmetijske rabe prostora, pri čemer pozidana in sorodna zemljišča (3000) obsegajo 42,5 ha, odprta zemljišča brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom (6000) obsegajo 1,2 ha, medtem ko suha odprta zemljišča s posebnim rastlinskim pokrovom (5000) pokrivajo 0,6 ha. Vodne površine pokrivajo 97,7 ha.

Preglednica 1: Obstoječi in načrtovani obseg poplav 100-letnih vod (Q100) v razredih globine vode

Table 1: Existing and planned extent of 100-year flood waters (Q100) in water depths classes

Razredi globine vode	Površina (ha)		
	Obstoječe stanje	Načrtovano stanje	Razlika
do 0,5 m	502,18	71,33	- 430,85
med 0,5 m in 1,5 m	319,43	171,89	- 147,54
nad 1,5 m	44,61	326,32	+ 281,71
Skupaj	866,22	570,54	- 295,68

Za območje DPN je opravljena tudi analiza pojavljanja kmetijskih kultur in tipičnih kolobarjev. Najpomembnejše pridelave na območju DPN so hmelj (20,2 %), silažna koruza (12,3 %), ječmen (8 %), pšenica (6,5 %) in koruza za zrnje (5,3 %), veliko je tudi trajnega travinja (24,7 %). Sledijo oljna ogrščica (2,4 %), deteljno-travne (3,7 %) in travno-deteljne mešanice (2,0 %) in vrtnine na prostem (2,3 %), od sadnih vrst pa jabolana (2,9 %) (ARSKTRP, 2012). Najpogostejši kolobarji na območju DPN, ki izhajajo iz podatkov za obdobje 2007-2011 (ARSKTRP, 2012), so (a) koruza za zrnje/ozimna pšenica/oljna ogrščica/ozimni ječmen; (b) koruza za zrnje/jari ječmen/metuljnica (lucerna, grah)/ozimna pšenica, (c) silažna koruza/jari ječmen/deteljno travna mešanica/travno deteljna mešanica, (d) oljna ogrščica/koruza za zrnje/grah/sončnice, (e) vrtnine na prostem/ozimna pšenica/oljna buča/jječmen/krompir.

2.2 Simulacije ekonomskih učinkov poplav

Metodologija ekonomskega izračuna zajema oceno in simulacijo ekonomskih učinkov suhih zadrževalnikov v primeru poplavnega dogodka na kmetijstvo za območje trajne in občasne zasedbe DPN za zagotavljanje poplavne varnosti v Spodnji Savinjski dolini. Opredeljeni so tudi parametri, na podlagi katerih se oceni zmanjšanje oz. izpad pridelka, ki ga utrpijo lastniki oz. obdelovalci zemljišč. Na tej podlagi je oblikovana simulacija ekonomskih izračunov škode. Metodologija je

nadgradnja predhodno uporabljene v študijah za zadrževalnike Razori na reki Gradaščici in zadrževalnik Brdnikova na reki Glinščici (Pintar in sod., 2009, 2012).

Preglednica 2: Pokritja stroškov pri popolni izgubi povprečnega pridelka in pri povprečni ceni za kmetijske kulture pridelane v letu 2011

Table 2: Gross margin of the costs at the total loss of the average yield and at average price for crops grown in 2011

Kmetijska kultura		Pokritje stroškov pri popolni izgubi pridelka (EUR/ha)
ŽITA	Pšenica - ozimna (5 t/ha, 150 EUR/t)	-505
	Koruza za zrnje (8 t/ha, 130 EUR/t)	-810
	Koruza za silažo (45 t/ha)	-810
	Ječmen - ozimni (4,5 t/ha, 130 EUR/t)	-417
	Tritikala (4,5 t/ha, 150 EUR/t)	-417
DETELJE, DTM, TDM Silaza (40 t/ha)	3 košnje brez baliranja	-265
	1 košnja brez baliranja	-88
	3 košnje z baliranjem	-746
	1 košnja z baliranjem	-249
TRAJNI TRAVN IK Silaza (40 t/ha)	3 košnje brez baliranja	-488
	1 košnja brez baliranja	-163
	3 košnje z baliranjem	-969
	1 košnja z baliranjem	-323
Buče	Suha bučna semena (0,8 t/ha, 2.900 EUR/t)	-2.170
Hmeljišče	Hmelj (1,9 t/ha, 3.650 EUR/t)	-4.855
Drevesnica	Drevesnica (25.000 sadik, 3.5 EUR/sadika)	-69.668
Sadovnjak	Jablana (40 t/ha, 230 EUR/t)	-7.842
Vrtnine	Solata (25/ha, 600EUR/t)	-11.845

V okviru raziskave je bil izdelan izračun potencialne izgube dohodka za (a) območje **občasne zasedbe** (poplavljanja) zaradi poplavnega dogodka znotraj zadrževalnih prostorov s 100 letno povratno dobo, (b) območje **začasne zasedbe** v

času gradnje zaradi odzemnih mest, sanacije krovne plasti in zasipov depresij in (c) območje **trajne zasedbe** (trajno uničenje kmetijskih zemljišč), kjer bodo kmetijska zemljišča odvzeta za namen nasipov, vtočno-iztočnih objektov in pregrad suhih zadrževalnikov. V oceno ekonomskih učinkov poplav (vrednotenje škode) smo vključili (a) prostorsko lego kmetijskega zemljišča (trajna zasedba - nasip, občasna zasedba - zadrževalni prostor, začasen odzem za čas gradnje) na vplivnem območju 100 letnih poplavnih vod; (b) rabo kmetijskega zemljišča in vrsto kmetijske kulture (npr. pšenica, hmelj, itd.); (c) čas nastopa poplavnega dogodka 100 letnih vod v odvisnosti globine poplav in razvojne faze (fenofaza) kmetijske kulture; (d) termin in z polnjenja zadrževalnikov (poletni in jesenski). Pri izračunih smo upoštevali tudi Katalog kalkulacij za izbrane kmetijske kulture (Jerič in sod., 2011), ki ga uporablja Kmetijska svetovalna služba in Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (preglednica 2) ter Tehnološka navodila za kmetovalce na poplavljenih območjih (KGZS, 2010).

Oblikovali smo tri vrste scenarijev za simulacijo ekonomskih učinkov poplavnih dogodkov na območju predvidne izgradnje suhih zadrževalnikov v Spodnji Savinjski dolini.

Scenarij 1: Najneugodnejši možni izid ne glede na čas poplave

Ta scenarij predstavi najneugodnejši možni izid poplavnega dogodka, ko so vsi zadrževalniki polni in je pridelek vseh glavnih kmetijskih kultur (glede na stanje 2011) uničen, ali zaradi zadušitve, ali zaradi zamuljenja rastlin. Scenarij ne vključuje ozelenitev. Tak scenarij je možen tudi v primeru onesnaženja pridelka ali tal z nevarnimi snovmi, ko je potrebno ves pričakovan pridelek zavreči in izvesti posebne ukrepe za sanacijo tal. Glede na statističen izračun časa in pogostnosti povratnih dob večjih poplavnih dogodkov (Inženiring za vode, 2010) je tak scenarij zelo malo verjeten, a ga ne gre izključiti.

Scenarij 2: Najneugodnejši možni izid glede na mesec poplave

Ta scenarij predstavi najneugodnejši možni izid poplavnega dogodka glede na to, v katerem mesecu se pojavi poplava. Tak scenarij je možen zaradi zadušitve, zamuljenja ali onesnaženja pridelka. Podatki učinkov so prikazani po posameznih mesecih. Scenarij uporabi podatke iz matrike predvidenih učinkov poplavnih vod na rastlinsko pridelavo (mesec poplave/fenofaza rastline, globina poplavne vode). Analiza je narejena za glavne kmetijske kulture in tudi ozelenitve. Kot relevantne za analizo smo iz matrike uporabili neposredne učinke, ki povzročijo popolno izgubo pridelka. Na ta način pridobimo podatke, v katerem delu leta poplave povzročijo največ škode in v katerem delu leta je škoda minimalna.

Scenarij 3: Najneugodnejši možni izid glede na zaporedje polnjenja zadrževalnikov

Ta scenarij predstavi najneugodnejši možni izid poplavnega dogodka glede na zaporedje polnjenja zadrževalnikov. Scenarij se opira na predlog zaporedja polnjenja suhih zadrževalnikov glede na predviden termin poplav (Knapič in sod., 2011). Scenarij 3 uporabi tudi podatke iz matrike predvidenih učinkov poplavnih vod na rastlinsko pridelavo (mesec poplave/fenozafa rastline, globina poplavne vode). Analiza je narejena za glavne kmetijske kulture in tudi ozelenitve. S tem je omogočeno primerjanje posameznih zadrževalnikov glede na višino ekonomske škode zaradi izpada pridelka, ki se lahko pojavi ob različnih poplavnih dogodkih, ko se ne polnijo vsi zadrževalniki naenkrat. To pripomore k zmanjšanju ekonomske škode na pridelkih.

V izračune smo vključili vse površine (A) kmetijskih kultur, ki se pridelujejo na območju trajne,časne in občasne zasedbe in so jih pridelovalci vključili v prijavo neposrednih plačil pri ARSKTRP. Za občasno zasedbo smo v primeru njivske kmetijske kulture, hmelja in sadovnjakov iz tabel kalkulacij (Jerič in sod., 2011) uporabili podatke o povprečnem pridelku in o pokritju pri ceni ob izgubi pridelka (E). To velja tudi za kmetijske kulture detelja, DTM, TDM, trave na njivah ter trajni travnik, le da smo v kalkulacijah upoštevali kalkulacijo za navadno travno silažo za namen uporabe krme na domači kmetiji in le za en odkos. Pri trajni in začasni zasedbi trajnih travnikov in njiv s kulturami trava na njivah, detelja, TDM in DTM smo upoštevali izgubo vseh odkosov.

Izračun za vse vrste zasedbe je narejen na podlagi sledeče enačbe (1):

$$SZP = \sum_{i=1}^n (A \times E) \quad (1)$$

kjer je: SZP skupno zmanjšanje pridelave (EUR), A površina kmetijske kulture (ha) in E pokritje pri dani ceni pridelka zaradi izgube povprečnega pridelka (EUR/ha).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Trajna zasedba

Skupni enkratni izpad prihodka od pridelave na območju trajne zasedbe (84,22 ha) je na podlagi podatkov o gojenih kulturah v letu 2011 ocenjen na 307.540 EUR/letno (preglednica 3). Trajni travniki obsegajo največji del površin (34,97 %), ki jih bo prizadela trajna zasedba. Skupen izpad pridelka je ocenjen na 1.178 t travne silaže/letno oziroma 17.405 EUR/letno. Kar 60 % vsega izpada prihodka od pridelave odpade na drevesnice, ki so delovno zelo intenzivna panoga. Zaradi trajne zasedbe le 2,67 ha kmetijskih zemljišč, na katerih se letno pridelava 66.685

sadik sadnih vrst, je izpad prihodka od pridelave ocenjen na 185.835 EUR/letno. Pomemben izpad pridelave je pričakovati tudi za hmelj (7,99 ha) v višini 38.786 EUR/letno pri povprečni ceni hmelja 3,5 EUR/kg. Ob tem velja opozoriti, da cene hmelja med leti nihajo in so vezane na kakovost hmelja in pogodbe z odkupovalci. To pomeni, da bi lahko nekateri pridelovalci utrpeli še večje škode. Najbolj prizadeto kmetijsko gospodarstvo bi s trajno zasedbo izgubilo 5 ha površin, kar je 6 % površin na celotnem območju trajne zasedbe. Največji izpad prihodka od pridelave bi imeli kmetijski gospodarstvi, ki se pretežno ukvarjata s sadjarstvom in drevsničarstvom s 157.827 EUR/letno in 27.201 EUR/letno.

Preglednica 3: Simulacija zmanjšanja obsega pridelave (ha, EUR) na kmetijskih zemljiščih na območju trajne zasedbe – prikaz za izbrane kmetijske kulture v letu 2011

Table 3: Simulation of production reduction (ha, EUR) on agricultural land in the area of permanent occupation - presented for selected crops grown in 2011

Kmetijska kultura	Površina		Ocena zmanjšanja pridelave		
	ha (A)	%	EUR/ha (E)	EUR/leto	%
Drevesnice (sadike)	2,67	3,17	69.668	185.835	60,43
Hmelj	7,99	9,49	4.855	38.786	12,61
Intenzivni sadovnjak	2,05	2,43	7.842	16.066	5,22
Koruza za silažo	16,43	19,51	810	13.310	4,33
Koruza za zrnje	6,43	7,63	810	5.207	1,69
Oljna buča	1,09	1,29	2.170	2.365	0,77
Pšenica	4,91	5,83	505	2.478	0,81
Trajno travinje	29,45	34,97	591	17.406	5,66
Vrtnine na prostem	1,73	2,05	11.845	20.434	6,64
Ostalo	11,47	13,63	-	5.653	1,84
Skupaj (SZP)	84,22	100	-	307.540	100

SZP - skupno zmanjšanje pridelave (EUR), A - površina kmetijske kulture (ha) in E - pokritje pri dani ceni pridelka zaradi izgube povprečnega pridelka (EUR/ha)

Od vseh podatkov je tu najbolj zaskrbljujoč podatek o površini trajne zasedbe, saj gre pretežno za najboljša ravninska njivska kmetijska zemljišča, ki jih ne bo možno nadomestiti v nobeni drugi obliki. Za primerjavo 84,22 ha je enako površini trinajstim slovenskim povprečnim kmetijam (6,5 ha). Ta površina lahko nahrani 280 ljudi oziroma 70 štiričlanskih gospodinjstev ob predpostavki, da gre za vegetarijansko prehrano (0,3 ha na prebivalca).

3.2 Začasna zasedba

V času izgradnje suhih zadrževalnikov v Sp. Savinjski dolini se bodo izvajala tudi različna dela, ki bodo zasedala kmetijska zemljišča le začasno v času gradnje. Če se bodo dela izvajala v času rastle sezone, je na podlagi podatkov o gojenih kulturah iz leta 2011 ocenjeno, da bo skupni enkratni izpad pridelave na 56 ha kmetijskih zemljišč 44.649 EUR/letno (Preglednica 4). Trajni travniki obsegajo največji del površin (37 ha, 66 %), ki jih bo prizadela začasna zasedba. Skupen izpad pridelka je ocenjen na 1.491 t travne silaže/letno z ocenjenim izpadom prihodka v višini 22.032 EUR/letno, kar je 49% vsega izpada prihodka od pridelave. Zaradi začasne zasedbe le 2,32 ha hmeljišč je letni izpad prihodka od pridelave ocenjen na 11.285 EUR/letno pri povprečni ceni hmelja 3,5 EUR/t. Pomemben izpad prihodkov je ocenjen tudi za koruzno silažo, kjer je ocenjen izpad prihodkov iz pridelave na skoraj 5 ha v višini 3.921 EUR/letno. Od registriranih kmetijskih gospodarstev, ki kmetujejo na območju začasne zasedbe, bi največje zmanjšanje obdelovalnih površin, ki predstavlja več kot 5 % od skupne površine začasne zasedbe, odpadlo na tri kmetijska gospodarstva. Največji izpad prihodka od pridelave v višini 6.534 EUR/letno, kar je 14 % vsega izpada prihodkov od pridelave, bi odpadel na hmeljarja, ki v času začasne zasedbe ne bi mogel obdelovati 1,35 ha kmetijskega zemljišča.

Na teh zemljiščih bo predvsem potrebno zagotoviti, da bodo dela izvedena kvalitetno in bodo tla po končanih delih primerljive kakovosti kot pred pričetkom del. V ta namen se izvedla tudi posebna študija (Kraj in sod., 2012).

Preglednica 4: Simulacija zmanjšanja obsega pridelave (ha, EUR) na kmetijskih zemljiščih na vplivnem območju začasne zasedbe – prikaz za izbrane kmetijske kulture v letu 2011

Table 4: Simulation of production reduction (ha, EUR) on agricultural land in the area of temporary occupation - presented for selected crops grown in 2011

Kmetijska kultura	Površina		Ocena zmanjšanja pridelave		
	ha (A)	%	EUR/ha (E)	EUR/letno	%
Deteljno-travne mešanice	3,41	6,04	368	1.255	2,81
Hmelj	2,32	4,12	4.855	11.286	25,28
Koruzna silaža	4,84	8,57	810	3.922	8,78
Koruzna zrnje	1,71	3,03	810	1.386	3,10
Njivska zelišča na prostem	0,29	0,51	5.088	1.458	3,27
Trajni travnik	37,28	66,03	591	22.032	49,34
Ostalo	6,61	11,70		3.311	7,42
Skupaj (SZP)	56,46	100	-	44.650	100,00

SZP - skupno zmanjšanje pridelave (EUR), A - površina kmetijske kulture (ha) in E - pokritje pri dani ceni pridelka zaradi izgube povprečnega pridelka (EUR/ha)

3.3 Občasna zasedba

Scenarij 1: Najneugodnejši možni izid ne glede na čas poplave

Z izgradnjo predvidenih suhih zadrževalnikov v Sp. Savinjski dolini je ob dogodkih s 100-letno povratno dobo pričakovati poplavljenost vseh razlivnih površin zadrževalnih prostorov, to je 520,15 ha površin, ki so na karti dejanske rabe opredeljene kot kmetijska zemljišča (preglednica 5). Ocena je pokazala, da bi bil ob takem scenariju skupen izpad pridelave glede na stanje kmetijskih kultur, povprečnih pridelkih, povprečni vrednosti pridelkov in povprečnih spremenljivih stroških iz leta 2011, ocenjen na 1.739.189 EUR/dogodek. Opozarjamo, da se dogodek Q100, ki bi istočasno poplavljal površine ob Savinji in Bolski, v obdobju opravljanja meritev pretokov na obeh vodotokih še ni pojavil, a ga ne moremo izključiti.

Preglednica 5: Simulacija scenarija 1 – najneugodnejši možni izid (Q100) – prikaz za kmetijske kulture brez ozelenitev v letu 2011

Table 5: Simulation of the scenario 1 - the worst possible outcome (Q100) - presented for selected crops grown in 2011

Kmetijska kultura	Površina		Ocena ekonomske škode popolne izgube pridelka		
	ha (A)	%	EUR/ha (E)	EUR/dogodek	%
Drevesnica	9,50	1,83	69.668	662.132	38,07
Hmelj	124,79	23,99	4.855	605.860	34,84
Intenzivni sadovnjak	11,85	2,28	7.842	92.924	5,34
Koruza za silažo	95,14	18,29	810	77.061	4,43
Koruza za zrnje	29,95	5,76	810	24.257	1,39
Trajno travinje	107,59	20,68	197	21.196	1,22
Vrtnine na prostem	15,79	3,04	11.845	187.034	10,75
Ostalo	125,54	24,13		68.725	3,96
Skupaj (SZP)	520,15	100	3.184	1.739.189	100

SZP - skupno zmanjšanje pridelave (EUR), A - površina kmetijske kulture (ha) in E - pokritje pri dani ceni pridelka zaradi izgube povprečnega pridelka (EUR/ha)

Glede na površine kmetijskih kultur v letu 2011 je največja škoda ocenjena za delovne intenzivne panoge, kot je drevesničarstvo in hmeljarstvo (preglednica 5), saj nanju odpade kar 72,91 % vse ekonomske škode ob popolni izgubi pridelka. Drevesnice obsegajo 9,5 ha (1,84 %) površin občasne zasedbe, kjer se prideluje 237.603 sadik. To je kar 38 % vse predvidene ekonomske škode (662.132 EUR/dogodek), kar je največ med vsemi kmetijskimi rabami. Takoj za drevesnicami so hmeljišča, ki obsegajo 124,79 ha (23,99 %), kjer se povprečno

pridelal 237 ton hmelja letno. To je skoraj 35 % vse predvidne ekonomke škode zaradi poplavnega dogodka. Glede na površine kmetijskih kultur v letu 2011 je ocenjeno, da bi predviden izredni poplavni dogodek poplaval še več kot 125 ha koruznih polj in več kot 107 ha trajnega travinja. Večje ekonomske škode bi utrpeli še intenzivni sadovnjaki (92.923 EUR/dogodek) in vrtnine na prostem (187.003 EUR/dogodek).

Od gospodarstev, ki obdelujejo površine na območju občasne zasedbe, bi največjo ekonomsko škodo z izgubo prihodka od pridelka, ob dogodku s 100 letno povratno dobo, utrpela gospodarska družba, ki se ukvarjata z drevsničarstvom in sadjarstvom, in sicer v višini 672.925 EUR/dogodek, kar je 38,69 % od vse predvidene ekonomske škode ob popolni izgubi pridelka. Ob morebitnem izrednem poplavnem dogodku bi večjo ekonomsko škodo utrpeli tudi hmeljarji. Trije najbolj prizadeti bi lahko utrpeli škodo v višini 73.693 EUR/dogodek, 88.625 EUR/dogodek in 101.644 EUR/dogodek. Za bolj natančno oceno učinka poplavnih dogodkov na ekonomski položaj kmetijskih gospodarstev bi bilo potrebno na željo nosilcev kmetijskih gospodarstev izvesti individualne poslovne načrte, ki bodo opredelili tudi, kolikšen delež od vseh kmetijskih zemljišč gospodarstva bo poplavljen.

Scenarij 2: Najneugodnejši možni izid glede na mesec poplave

V zimskih mesecih (december – marec) ne gre pričakovati večjih vplivov na kmetijske kulture, saj so rastline (hmelj, drevesnice, sadno drevje), ki so prisotne na površinah, v fazi mirovanja in so zato bolj prilagojene na izredne poplavne dogodke. Veliko površin je tudi praznih ali zasejanih z žiti in travami, ki so v zimskih mesecih manj občutljive na poplave. To velja, če so izvedeni vsi ukrepi, ki minimalizirajo posredne učinke na rast in razvoj rastlin kot je usedanje mulja, erozija tal in obdobje daljšega zastajanja vode od predvidenega (2 dni) – pomanjkanje kisika. Z nastopom rastle sezone v aprilu, ko začno rastline pospešeno rasti in se razvijati, lahko poplavni dogodek povzroči uničenje mladih poganjkov in celih rastlin (hmelj, vrtnine) in cvetočih rastlin (sadno drevje). Z nadaljevanjem rastle sezone in razvojem rastlin poplavni dogodek vpliva na rastline v odvisnosti od kultur, ki se gojijo, in njihove fenozafe ter globine vode (preglednica 6).

Preglednica 6: Simulacija scenarija 2 - najneugodnejši možni izida (Q100) glede na mesec poplave v času rastle sezone – prikaz za kmetijske kulture brez ozelenitev v letu 2011

Table 6: Simulation of the scenario 2 - the worst possible outcome (Q100) in regard to month of flooding during the growing season - presented for selected crops grown in 2011

Kmetijska kultura	Ocena ekonomske škode popolne izgube pridelka (EUR)										
	Mesec										
	april	maj	junij	julij	avgust	september (do 20.9.)	september (po 20.9.)	oktober	november		
Koruza za zrnje	-	20.906	20.906	20.906	20.906	20.906	20.906	20.906	-	-	
Koruza za silažo	-	67.196	67.196	67.196	67.196	67.196	67.196	-	-	-	
Ječmen	-	13.310	13.563	13.563	-	-	-	-	-	-	
Oljna buča	-	16.897	16.897	16.897	16.897	16.897	16.897	-	-	-	
Trajno travinje	-	21.195	21.195	21.195	21.195	21.195	21.195	21.195	-	-	
Vrtnine na prostem	187.034	187.034	187.034	187.034	187.034	187.034	187.034	187.034	-	-	
Njivska zelišča	6.027	6.027	6.027	6.027	6.027	6.027	6.027	6.027	-	-	
Hmelj	605.860	605.860	538.664	538.664	538.664	538.664	-	-	-	-	
Jablana	91.393	91.393	91.393	91.393	91.393	91.393	91.393	91.393	91.393	91.393	
Drevesnica	662.132	662.132	662.132	662.132	662.132	662.132	662.132	662.132	-	-	
Ostalo	9.153	26.885	26.885	26.234	14.263	13.280	13.280	7.341	1.546	1.546	
Skupaj	1.561.599	1.718.834	1.651.892	1.651.241	1.625.707	1.624.725	1.086.061	996.029	92.939	92.939	

Del hmeljišč se nahaja tudi na območju, ki bo predvidoma poplavljen do višine 0,5 metra. Pri teh se ocenjuje, da bo imel poplavni dogodek od junija naprej nekoliko manjši učinek na izgubo pridelka hmelja, saj je v tem času že višji od 0.5 metra (preglednica 6). Kako visoka mora biti poplavna voda in koliko časa mora stati, da resno škoduje rastlinam oz. hmelju, je lahko predmet široke razprave na katero še ni bilo izvedene nobene resne raziskave. Pri našem delu smo si pomagali s oceno Kmetijske svetovalne službe. Vsekakor ne gre zanemariti dejstva, da bodo pregrade določenih zadrževalnikov tako visoke, da bo potopljena celotna žičnica. Prav tako bi voda v zadrževalnikih stala kar je drugače od sedanjega stanja, ko teče preko površine. Kakšen učinek bi to imelo na rast in pridelek hmelja je praktično nemogoče vedeti, saj se s takim primerom v Sloveniji še nismo srečali, našli ga nismo niti v literaturi.

Odvisno od meseca pojava škodnega dogodka je pričakovati najvišjo škodo na pridelku v maju (1.718.834 EUR/dogodek). Po spravi hmelja je pričakovati škodo v višini 1.086.061 EUR/dogodek in v oktobru 996.029 EUR/dogodek in v novembru, če predpostavimo, da bi bile v sadovnjakih pozne sorte jabolk, 92.939 EUR/dogodek. Če bi bila jabolka obrana prej, je novembrske škode le za 1.546 EUR/dogodek (preglednica 6). Ocenjene škode so izračunane kot maksimalne za vse zadrževalnike skupaj. Če ob določenem poplavnem dogodku vsi zadrževalniki ne bodo napolnjeni, bo škoda ustrezno nižja, kar je razvidno iz rezultatov scenarija 3.

Scenarij 3: Najneugodnejši možni izid glede na zaporedje polnjenja zadrževalnikov

Najnižja ekonomska škoda zaradi poplavnega dogodka, ki nikoli v letu ne preseže 10.000 EUR škode je izračunan za suhi zadrževalnik (SZ) Latkova vas (preglednica 7). Sledijo mu SZ, ki ne presežejo 20.000 EUR škode, kot so v spomladansko-poletnem in jesenskem terminu Dobrteša vas in v jesenskem terminu Šempeter 1 in 2. Šempeter 1 in Roje tudi v preostalem letu ne presežeta 32.000 EUR škode na dogodek. Najvišjo pričakovano škodo na kmetijskih kulturah ob izrednem poplavnem dogodku je pričakovati na območju SZ Petrovče, Dobriša vas, Trnava, Levec in Kaplja vas s škodami na pridelku kmetijskih rastlin v spomladansko poltenem terminu (1. april - 20. september) od 106.000 do 556.000 EUR/dogodek in v jesenko zimskem terminu (20. september – 31. oktober) od 65.000 do 385.000 EUR/dogodek.

Preglednica 7: Simulacija scenarija 3 - najneugodnejšega možnega izida (Q100) glede na zaporedje polnjenja suhih zadrževalnikov – prikaz za kmetijske kulture brez ozelenitev v letu 2011

Table 7: Simulation of the scenario 3 - the worst possible outcome (Q100) in regard to sequence of flooding dry detention reservoirs - presented for selected crops grown in 2011

Spomladansko poletni termin polnjenja							
Zadrževalnik	Zaporedje polnjenja	Ekonomska škoda popolne izgube pridelka (EUR)					
		april	maj	junij	julij	avgust	sept. (do 20. 9.)
Latkova vas	1	2,026	9,115	9,115	9,115	8,553	8,553
Roje	2	17,313	32,209	31,465	31,465	30,298	30,366
Šempeter 1	3	23,777	30,495	30,495	30,495	29,531	29,531
Šempeter 2	4	91,598	94,826	94,826	94,826	94,432	94,432
Dobert. vas	5	1,276	12,523	12,523	12,523	11,116	11,116
Dobriša vas	6	341,801	358,992	324,320	323,945	319,676	319,167
Kaplja vas	7	106,969	133,881	125,496	125,496	122,679	122,679
Levec	8	181,459	199,243	199,496	199,496	194,576	194,576
Petrovče	9	541,428	565,118	556,230	556,230	549,996	549,599
Trnava	10	253,952	282,432	267,925	267,650	264,849	264,706
Skupaj (EUR)		1,561,599	1,718,834	1,651,892	1,651,241	1,625,707	1,624,725

Jesensko zimski termin polnjenja				
Zadrževalnik	Zaporedje polnjenja	Ekonomska škoda popolne izgube pridelka (EUR)		
		september (po 20.9.)	oktober	november (pozne sorte jablan)
Latkova vas	1	8,553	6,623	58
Šempeter 1	2	5,819	4,062	106
Šempeter 2	3	3,004	818	-
Dobrtiša vas	4	11,116	2,985	70
Roje	5	24,410	15,162	180
Dobriša vas	6	254,199	248,675	325
Kaplja vas	7	84,435	65,772	603
Levec	8	178,544	169,768	12
Petrovče	9	385,445	374,940	91,457
Trnava	10	130,535	107,222	127
Skupaj (EUR)		1,086,061	996,029	92,939

Dva scenarija polnjenja zadrževalnikov, spomladansko-poletnega (1. februar – 20. september) in jesensko-zimskega (20. september – 31. januar) sta bila določeni na podlagi statističnega pregleda pojava poplavnih voda v obdobju izvajanja meritev pretokov na Savinji (Knapič in sod., 2011). Tak način delovanja služi kot omilitveni ukrep za zmanjšanje škode, kadar se bi polnili vsi zadrževalniki hkrati. Termina sta oblikovana na predpostavki, da je škoda na travinju najmanjša ter da poplave na hmeljiščih po 20. septembru ne povzročajo neposredne škode na pridelku tekoče rastne sezone. Pri oblikovanju scenarijev so upoštevali tezo, da je stabilnost hmeljarske pridelave pomembnejša od poljedelske in da je prihodek od pridelave hmelja na hektar večji kot pri običajne poljedelskem kolobarju.

4 SKLEPI

Izgradnja suhih zadrževalnikov v Sp. Savinjski dolini bo zmanjšala površino vplivnega območja 100 letnih vod. Predvidena izgradnja bo v največji meri zagotovila večjo poplavno varnost za naseljeno in kmetijsko območje ob Savinji in Bolski in dolvodno od zadrževalnikov. Za kmetijsko pridelavo ima predvidena izgradnja suhih zadrževalnikov v Sp. Savinjski dolini dvojni učinek. Po eni strani bo vpliv uvedbe suhega zadrževalnika občutno izboljšal pridelovalne pogoje na kmetijskih površinah izven in dolvodno od pregrad. Po drugi strani bo kmetijska kulturna krajina za pregradami postala mesto, kjer se bo v primeru nastopa 100 letnih vod, poplavna voda zadrževala na omejeni površini, v večinoma večjih globinah in v daljših časovnih intervalih kot pred izgradnjo. Čas zadrževanja vode v posameznem zadrževalniku bo močno odvisen od obsežnosti poplavnega dogodka in zaporedja polnjenja zadrževalnikov, ki je opisan v strokovnih podlagah s področja kmetijstva, ki jih je pripravilo podjetje Constructa (Knapič in sod., 2011).

Pričakujemo, da bo v večini primerov povečana globina poplavne vode, predvsem na izlivnem območju. Daljši bo lahko tudi čas zastajanja poplavne vode na za to namenjenih površinah suhih zadrževalnikov, kar bo neugodno vplivalo na kmetijsko pridelavo na poplavnem območju. Ob najbolj neugodnih izidih lahko zaradi 100 letnega poplavnega dogodka pričakujemo na posevkih škodo, ki bi pomenila popolno izgubo pridelka. Kakršnakoli motnja v rasti rastlin pomembno vpliva tudi na hranilno vrednost pridelka. Še posebej problematični so poplavni dogodki v obdobju jesenske setve ozimnih žit, ko lahko pride do prekinitve kaljenja ali celo do odplavite semen. Veliko gospodarsko škodo bi pomenili tudi poplavni dogodki v času dozorevanja in obiranja hmelja (avgust, september), ko bi v poplavna voda lahko z muljem onesnažila hmeljeve storžke in povzročila obolenja in neprimernost pridelka za prodajo. Zaradi poplavnih dogodkov se lahko posamezni delovni procesi na kmetijskih zemljiščih zamaknejo, saj niso dostopna dokler se tla dovolj ne osušijo in dosežejo poljske kapacitete. Podrobna navodila,

kako ravnati z muljem na poplavnih površinah, so opisana v projektni nalogi 430-17/2012 Upravljanje z muljem na kmetijskih površinah po poplavih na območju državnega prostorskega načrta za zagotavljanje poplavne varnosti v Spodnji Savinjski dolini (Pintar in sod., 2011).

Kmetijske rastline so lahko ob poplavi popolnoma uničene na več načinov, t.j. uničenje pokošenega in za spravilo pripravljenega pridelka travnih posevkov, poleglost rastlin, onesnaženje s talnimi delci (mulj), smetmi, kemičnimi snovni ali fekalijami. S stališča sanitarne varnosti pridelka so najbolj problematična onesnaženja s kemičnimi snovmi (mineralna olja in PAH) in fekalijami (kanalizacijski sistemi, greznice). Onesnaženje iz teh dveh virov lahko popolnoma uniči pridelek in v najslabšem primeru tudi onemogoči nadaljnjo pridelavo, dokler vsebnosti nevarnih snovi ne padejo pod predpisano mejno vrednost.

Daljše zastajanje vode, ki poplavi korenine, ustvarja v tleh anaerobne pogoje, kar onemogoča dihanje rastlin ter vodi v zastajanje rasti. Zaradi razpada strukturnih agregatov v tleh kot posledice poplavljanja, tudi sedimentacije finih talnih delcev na poplavljeni površini, lahko prihaja do zmanjšanja hidravlične prevodnosti tal, kar lahko povzroči zastajanje vode tudi izven poplavnih dogodkov. Večja vsebnost vode v tleh povzroča tudi nižanje pH vrednosti in posledično slabšo dostopnost hranil, pomembnih za rast rastlin. Nižjo pH vrednost tal se odpravlja z apnenjem na podlagi analize tal. Zato moramo pri načrtovanju suhih zadrževalnikov na območju različne površine obvezno izravnati vse depresije na nivo sosednjega terena, s čimer se doseže najkrajši možni čas zastajanja vode po koncu dogodka. Priporočamo, da se izvaja monitoring gostote tal in koeficienta hidravlične prevodnosti nasičenih tal po vsakem poplavnem dogodku, ko voda odteče in tla dosežejo poljsko kapaciteto tal, z namenom preprečitev negativnih posledic poplav na fizikalne lastnosti tal.

Pred izvedbo izravnave depresij, sanacije krovne plasti in začetkov izkopa materiala na odveznih mestih za namen gradnje visokovodnih nasipov je treba vrhno plast tal odstraniti po horizontih in jo primerno skladiščiti, da se ohranja rodovitnost. Podrobna navodila so bila izdelana v okviru projektne naloge 2511-12-810034 Tehnološka navodila in ukrepi za izvedbo zemeljskih del na območju DPN za zagotavljanje poplavne varnosti v Spodnji Savinjski Dolini (Kralj in sod., 2012).

Poplavne vode ob odtekanju s seboj odnašajo tudi hranilne snovi (mineralne in organske), ki so bile nanese na posevke pred poplavnim dogodkom. Posledično pridelovalec ne more nadzorovati bilance hranil, zato je primoran v pogostejše opravljanje analiz tal na vsebnost hranil. Glede na naravo poplavnih dogodkov, kjer prihaja do premeščanja hranil ter zemljine znotraj različne površine in možnega nanosa različnih kemičnih snovi in fekalij, je močno vprašljiva tudi

možnost izvajanja ekološkega kmetijstva na območju razlivne površine. To je najbolj problematično za tiste površine znotraj zadrževalnikov, ki po obstoječem stanju niso poplavljenе, predvideno stanje pa jih umešča v območje razlivne površine.

Iz zgoraj navedenih dejstev sledi, da se kmetijska gospodarstva soočajo z mnogimi negotovostmi v pridelavi kmetijskih pridelkov, kljub izdelanim setvenim načrtom, kolobarjem in gnojilnim načrtom.

Simulacije ekonomske škode vpliva poplav v izračunu vključujejo številne spremenljive stroške, ki se nanašajo na pridelovalni proces (seme, strojne ure, gorivo, varstvo rastlin, hranila). Simulacije ne predvidevajo možnih dolgoročnih posledic za pridelavo in izpad pridelka ali poslabšanja fizikalnih lastnosti tal (gostota tal, hidravlična prevodnost), ko v skrajnih situacijah potrebujemo dodatna mehanska zemeljska dela za sanacijo oz. izboljšanje pridelovalnega potenciala tal (podrahljavanje, osuševalni sistem ipd.).

Zaradi nepredvidljivosti poplavnih dogodkov in visoke intenzivnosti kmetijske pridelave na območju DPN priporočamo izdelavo individualnih poslovnih načrtov za kmetijska gospodarstva (KMG), ki so vpisna v register kmetijskih gospodarstev (RGK) pri ministrstvu pristojnem za kmetijstvo, ki imajo znotraj razlivih površin predvidenih suhih zadrževalnikov v Spodnji Savinjski dolini obdelovalna kmetijska zemljišča (šifra rabe 1100 - 1300) in ki izrazijo izrecno zanimanje za izdelavo takih poslovnih načrtov.

Zahvala

Prispevek je nastal v okviru študije Ocena ekonomskega položaja kmetijstva in priprava sistema nadomestil na območju državnega prostorskega načrta (DPN) za zagotavljanje poplavalne varnosti v Spodnji Savinjski dolini, katerega naročnik je bilo Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (MKO). Številka projektne naloge 430-18/2012.

5 LITERATURA

Hidrosvet. Idejni projekt, TP33-1-Uvodna mapa. Ljubljana: Hidrosvet d.o.o.; 2010.

Inženiring za vode. Analiza nastopa visokih vod Savinje in Bolske, v posameznem mesecu, na odseku predvidenih suhih zadrževalnikov – hidrološka študija, št. BO7_BA/10. Ljubljana: Inženiring za vode, d.o.o.; 2010.

IZVO-R. Karte poplavalne varnosti v Spodnji Savinjski dolini, Karte poplavalne nevarnosti in karte razredov poplavalne nevarnosti – obstoječe stanje in načrtovano stanje. Ljubljana: IZVO-R d.o.o.; 2012

ARSKTRP. Navodila za uveljavljanje ukrepov kmetijske politike za leto 2012. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja; 2012.

- Jerič D., Caf A., Demšar-Benedečič A., Leskovar S., Oblak O., Soršak A., Sotlar M., Trpin-Švikart D., Velikonja V, Vrtin D, Zajc M. Katalog kalkulacij za načrtovanje gospodarjenja na kmetijah v Sloveniji. Ljubljana: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije; 2011.
- KGZS. Tehnološka navodila KGZ Slovenije za kmetovalce na poplavljenih območjih. Ljubljana: Mestna občina Ljubljana in Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije; 2010.
- Knapič M., Rovan A., Čebular U. Strokovne podlage s področja kmetijstva v sklopu priprave državnega prostorskega načrta za zagotavljanje poplavne varnosti v Spodnji Savinjski dolini - Ocena kvalitete tal z opredelitvijo vplivov na kmetijsko pridelavo - Predlog ukrepov zaradi posegov v trajne nasade (hmeljišča) in poplavljanja teh območij z vidika vpliva na stabilnost hmeljskih žičnic. Ljubljana: Constructa d.o.o. in Ministrstvo RS za okolje in prostor; 2011.
- Kralj T., Zupanc V., Pintar M.. Tehnološka navodila in ukrepi za izvedbo zemeljskih del na območju DPN za zagotavljanje poplavne varnosti v Spodnji Savinjski dolini - končno poročilo: končno poročilo. Izlake; Agrarius, tla in okolje, Tomaž Kralj s.p.: 2012.
- Pintar M., Udovč A., Cvejić R. Analize s področja kmetijstva za potrebe državnega prostorskega načrta za zagotavljanje poplavne varnosti JZ dela Ljubljane : končno poročilo. Faza 2. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo; 2009
- Pintar M., Glavan M., Zupanc V. Upravljanje z muljem na kmetijskih površinah po poplavah na območju Državnega prostorskega načrta za zagotavljanje poplavne varnosti v Spodnji Savinjski dolini. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo; 2011.
- Pintar M., Glavan M., Udovč A., Cvejić R., Korpar P. Strokovna študija za pristop k ocenjevanju škode na kmetijskih zemljiščih na območju zadrževalnika Brdnikova v okviru OPPN. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo; 2012.

POMEN LINALOLA V PIVOVARSTVU

Miha OCVIRK¹⁵ in Iztok Jože KOŠIR¹⁶

UDC / UDK 633.4:633.791:665.52(045)
pregledni strokovni članek / review article
prispelo / received: 11. oktober 2014
sprejeto / accepted: 20. november 2014

Izvleček

Linalol je komponenta eteričnega olja hmelja, ki ji pripisujemo pomemben prispevek k tipični aromi eteričnega olja hmelja in piva. Prispevek linalola k aromi piva je odvisen od uporabljene sorte hmelja in načina hmeljenja. Primerjava slovenskih sort hmelja z drugimi komercialno pomembnimi sortami kaže, da je koncentracija linalola v prvih v povprečju višja. Za doseganje optimalnega prispevka linalola h končni aromi piva je primerno hmeljenje pivine v zaključnih fazah vrenja ali v obliki hladnega hmeljenja v času fermentacije ali zorenja piva. Prispevek linalola aromi je odvisen od časa izpostavljenosti povišanim temperaturam, ki vodijo do racemizacije in izhlapevanja, in prisotnosti kvasnih encimov za razgradnjo linalola vsebujočih glukozinolatov.

Ključne besede: eterična olja, linalol, hmelj, *Humulus lupulus*, pivo, pivovarstvo, aroma, aromatične spojine

IMPORTANCE OF LINALOOL IN BREWING

Abstract

Linalool is a component of hop essential oil, which is attributed to a significant contribution to the typical flavor of hop essential oil and beer. Linalool contribution to the flavor of beer is dependent on the hop varieties used and way of hopping. Comparison of Slovenian hop varieties with other commercially important hop varieties shows that the concentration of linalool in the first, on average is higher. In order to achieve optimal linalool contribution to the final beer flavor, it is appropriate to add hops in wort in the final stages or as dry hopping during fermentation or maturation of beer. Post linalool aroma depends on the time of exposure to elevated temperatures, which lead to racemization and evaporation, and on the presence of yeast enzymes for degradation of linalool-containing glucosinolates.

Keywords: essential oils, linalool, hops, *Humulus lupulus*, beer, brewing industry, aroma, aroma compounds

¹⁵ Univ. dipl. inž. kem. tehnol., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: miha.ocvirk@ihps.si

¹⁶ Dr., univ. dipl. kem., prav tam, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

1 UVOD

Tako kot večina rastlin ima tudi hmelj značilen vonj. Povzročajo ga hlapne snovi, ki jih lahko izoliramo z destilacijo z vodno paro. Oljnato tekočino, ki jo pri tem dobimo, imenujemo eterično olje. Eterično olje hmelja ima v pivovarstvu pomembno vlogo, saj daje pivu značilno hmeljno aromo. Eterično olja se nahaja v storžkih hmelja, natančneje v lupulinskih zrnih. Lupulin ima visoko pivovarsko vrednost, saj poleg eteričnega olja vsebuje tudi hmeljne smole, ki dajejo pivu grenčico. Lupulin vsebuje okrog 0,5 % do 2,5 % eteričnega olja, preračunano na suho maso storžka. S pomočjo separacijskih postopkov, plinske kromatografije z različnimi načini detekcije, so v hmelju odkrili že več sto komponent, identificiranih pa je približno polovica.

Eterično olje hmelja lahko v kemijskem smislu razdelimo na tri skupine: ogljikovodike, spojine s kisikom in spojine z žveplom. Najbolj zastopani so ogljikovodiki, med njimi mircen (Kovačević, 2001). Vse večji pomen v pivovarstvu dobiva vsebnost linalola, ki spada med terpenske alkohole. Ti so odgovorni za močne sadne in cvetlične arome v pivu. Danes je potrjeno, da je linalol ključna komponenta, ki prispeva k izraziti aromi piva (Hanke, 2009). Ker so alkoholi bolj polarni kot ogljikovodiki, so v vodi lažje topni in je zato večja verjetnost da »preživijo« varjenje piva in so prisotni tudi v končnem produktu, pivu. Že dolgo je znano, da je sestava eteričnega olja v hmelju odvisna od sorte hmelja, rastnih razmer in tehnologije predelave. Znano je tudi, da na aromo piva bistveno vpliva le malo število komponent eteričnega olja. V hmeljnem olju imajo ogljikovodiki dvotretjinski delež zastopanosti, kisikove spojine pa približno tretjinski.

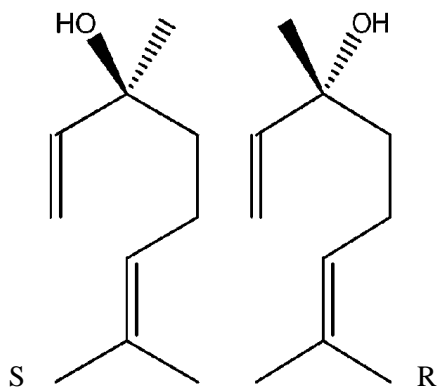
OAV (OAV – odor activity values) je merilo pomembnosti posamezne komponente za vonj določenega produkta. Podaja se kot razmerje koncentracije posamezne komponente v vzorcu in mejno vrednostjo koncentracije vonja – prag zaznavanja (Steinhaus in Schieberle, 2000). Ugotovila sta, da imajo najvišje vrednosti aktivnosti vonja mircen, ki zavzema do 58 rel. %, metiltioheksanoat 4,8 rel. %, metil-4-dekanoat-3 rel. %, kariofilen 1,6 rel. %, humulen 1,5 rel. % glede na celotno OAV eteričnega olja. Prispevek linalola je nizek, v povprečju 0,3 rel. %.

2 FIZIKALNO KEMIJSKE LASTNOSTI LINALOLA

Linalol je kiralna spojina z molekulsko formulo $C_{10}H_{18}O$ in molekulsko maso 154,2 g/mol. Vrelišče linalola je 199°C. Pri sobni temperaturi je v tekočem stanju z gostoto 0,858 – 0,868 g/cm³. V vodi je slabo topen, 1589 mg/l pri 25°C. V naravi obstaja v dveh izomernih oblikah. Molekuli imata enako molekulsko formulo in kemijske lastnosti, razlikujeta pa se v stereoizomeriji. Kiralni center je na tretjem ogljikovem atomu, kjer tvori stereoizomere. Tako sta tudi v hmelju prisotna desno

(R) in levosučni (S) enantiomerni obliki. Slika 1 prikazuje strukturno formulo obeh enantiomer linalola. S 95 % prevladuje R linalol. Linalola je v eteričnem olju hmelja približno 0,2 do 1,3 rel. %. Za primerjavo - v eteričnem olju sivke ga je približno 51 rel. % (Salamati in sod., 2013).

Slika 1: Levosučna (S) in desnoučna (R) enantiomera linalola
Figure 1: (S) and (R) enantiomers of linalool



3 LINALOL V HMELJU IN PIVU

V preglednici 1 in 2 je prikazana vsebnost linalola v nekaterih slovenskih in tujih sortah hmelja (IHPS, 2011). V povprečju vsebujejo slovenske sorte hmelja več linalola kot tuje sorte. Ker je linalol ključna komponenta za doseganje intenzivne hmeljne arome piva, so tudi zaradi tega slovenske sorte visoko cenjene pri proizvodnji aromatičnih piv. Podatki za slovenske sorte so pridobljeni iz kataloga slovenskih sort hmelja. Podatki za tuje sorte pa so pridobljeni iz tujih katalogov.

Preglednica 1: Vsebnosti eteričnega olja in linalola v najbolj zastopanih slovenskih sortah hmelja (IHPS, 2011)

Table 1: Content of essential oil and linalool in Slovenian hop varieties (IHPS, 2011)

Sorta	Aurora	Celeia	Bobek	Savinjski golding	Dana	Styrian gold
Eterično olje [ml/100 g hmelja]	0,9–1,6	1,5–3,6	0,7–4,0	0,3–1,7	2,4–3,9	1,3–2,3
Linalol [rel. % v olju]	0,6–1,0	0,6–1,2	0,9 – 1,3	0,1–0,2	0,5–1,0	0,2–0,4

Preglednica 2: Vsebnost eteričnega olja in linalola v nekaterih pomembnejših tujih sortah hmelja (Development and tradition of Czech hop varieties 2013, The spirit of beer 2005, Hop varietal guide, 2013)

Table 2: Content of essential oil and linalool in some significant foreign hop varieties (Development and tradition of Czech hop varieties 2013, The spirit of beer 2005, Hop varietal guide, 2013)

Sorta	Saaz	Herkules	Hallertau Magnum	Perle	Northern Brewer	Nugget	CTZ
Eterično olje [ml/100 g hmelja]	0,4–1	1,6–2,4	1,6–2,6	0,5–1,5	1–1,6	1,4–3,0	2,5–3,5
Linalol [% v olju]	0,4–0,6	0,3–0,8	0,2–0,7	0,2–0,6	0,3–0,8	0,8–1,0	0,4–0,6

Pri tradicionalnem varjenju piva se hmelj dodaja v sladico na začetku vrenja. Tako zagotovimo dovolj dober izkoristek ekstrakcije grenčičnih substanc iz hmelja. Zaradi naraščanja temperature pri procesu vrenja se lahko hlapne komponente – eterična olja - izgublajo z izhlapevanjem. Vsebnost linalola se pri hmeljenju sladice na začetku vrenja lahko zmanjša tudi do 60 %. Ker se na ta način zmanjšuje vsebnost eteričnih olj v končnem produktu, je smiselno dodajanje hmelja razdeliti na več obrokov in ga del dodati tik pred koncem vrenja. S tem dosežemo višjo vsebnost eteričnih olj in bolj izrazito aromo hmelja v pivu. Hladno hmeljenje je vsako hmeljenje, ki poteka po končanem vrenju, v ohlajevalni posodi, med fermentacijo, ali po fermentaciji v fazi zorenja (Steinhaus in Schieberle, 2003). Če pivino hmeljimo na način hladnega hmeljenja – dry hopping, dosežemo višje koncentracije eteričnih olj in značilno svežo aromo piva. Poleg koncentracije linalola na aromo piva vpliva tudi prispevek enantiomernih oblik. R enantiomer ima prag zaznavanja v pivu 2,2 µg/l, kar je približno 80-krat nižje v primerjavi s S linalolom (Steinhaus in Schieberle, 2003). Vrenje sladice ima na linalol negativen vpliv ne samo zaradi izhlapevanja, ampak prihaja med vrenjem do procesa imenovanega racemizacija v katerem se R enantiomer pretvori v S enantiomer. Produkt racemizacije je racemat, kjer sta R in S enantiomeri zastopani v enakem razmerju (50:50). S enantiomer linalola ima prag zaznavanja dosti višji, zato je rezultat manj izrazita hmeljna aroma piva. S tega vidika je lahko R linalol potrjen kot kvaliteten pokazatelj hmeljne arome (Fritsch, 2001). Novejše raziskave so pokazale povišanje koncentracij linalola med fermentacijo. Vzrok temu je razpadanje glikozidov. Glikozid je sestavljen iz molekule sladkorja in molekule alkohola. Glikozidi so topni v vodi in nimajo vonja. S povišano temperaturo ali z glikozidnimi encimi, ki jih v pivino vnesemo s kvasom, se prične razpadanje glikozidov na glukozo in prosti linalol. Dokazano je, da različne vrste kvasa vsebujejo različne glikozidne encime, ki so odgovorni za cepljenje glikozidnih

vezi. Tako med fermentacijo ne prihaja do enakomernih, istočasnih sproščanj arome, ampak je to pogojeno z vrsto kvasovke (Daenen, 2007). Pri tem je ključen tudi podatek, da eterična olja med fermentacijo tudi izhlapevajo.

V nemški raziskavi (Steinhaus in sod., 2003) o intenziteti hmeljne arome so zajeli 5 piv, ki so bila hmeljena na različne načine. Pivi 1 in 2 sta bili hmeljeni samo na začetku vrenja s hmeljnima ekstraktoma. Pivo 3 so hmeljili s hmeljnimi briketi v dveh obrokih, in sicer na začetku vrenja in tik pred koncem. Za pivo 4 so uporabili postopek hladnega hmeljenja po fermentaciji. V pivo 5 so dodali čisto hmeljno eterično olje v končni produkt. Hmeljna aroma v pivih št. 1 in 2 je bila zelo neizrazita. V preglednici 3 vidimo, da je koncentracija linalola komaj presegla prag zaznavanja, ki je 2,2 µg/l. Koncentracije so bile izmerjene s plinsko kromatografijo, z uporabljeno predpripravo vzorca, ekstrakcijo na trdnem nosilcu (SPME). Pričakovano je pivo št. 4, ki je bilo hladno hmeljeno po fermentaciji, doseglo najmočnejšo aromo. Koncentracija linalola je krepko presegla prag zaznavanja. Presenetljiva je relativno nizka koncentracija linalola v pivu 5, glede na to, da so mu pred tem dodali hmeljno olje. V preglednici 3 je tudi jasno predstavljen vpliv enantiomer na končno aromo. Ugotovili so, da v pivih z izrazitejšo aromo prevladuje R linalol. To so piva, ki so bila hmeljena v kasnejših fazah vrenja. V pivih 1 in 2, ki jima je bil hmelj dodan v začetnih fazah, je razmerje R/S enantiomer zelo blizu racemata. Jasno je prikazano, da je racemizacija pomemben dejavnik, ki znižuje hmeljno aromo v pivu.

Preglednica 3: Primerjava koncentracij linalola v petih različnih tipih piva (Steinhaus in sod., 2003)

Table 3: Comparison of linalool concentrations in five different beers (Steinhaus in sod., 2003)

Pivo – način hmeljenja	Koncentracija linalola [µg/l]	Razmerje enantiomerov R : S [%]
1 - hmeljna aroma (CO ₂)	8,10 ± 0,07	52 : 48
2 - hmeljna aroma (EtOH)	6,21 ± 0,26	59 : 41
3 - hmeljni briketi	32,5 ± 0,7	84 : 16
4 - hladno hmeljenje	129 ± 2	81 : 19
5 - hmeljno olje	17,3 ± 0,6	81 : 19

Ugotovili so (Opsteale in De Rouck, 2010), da se koncentracija linalola v tradicionalno hmeljenih pivih in pivih, hmeljenih tik pred koncem varjenja, po pospešenem staranju 30 dni ni bistveno spremenila. Pri hladnem hmeljenju se je koncentracija linalola znatno povišala, po 60 dneh celo za 30 %. Povišanje lahko pripišemo cepitvi glikozidnih vezi in posledično sproščanju prostega linalola.

4 ZAKLJUČEK

Linalol je pokazatelj intenzitete in kvalitete hmeljne arome piva, hkrati pa pozitivno vpliva na proces staranja piva. Večinoma se hmelj za doseganje grenčice dozira glede na vsebnost alfa-kislin. Hmeljna aroma piva je odvisna od tipa hmelja oz. razmerja med alfa-kislinami in vsebnostjo eteričnih olj in tehnologijo hmeljenja. Za več linalola v pivu je potrebno hmelj dodajati v zadnjih minutah vrenja, saj s tem zmanjšamo izhlapevanje in racemizacijo linalola. Najvišje koncentracije linalola v pivu so izmerili pivom, ki so bila hmeljena po končanem vrenju, s t.i. »dry hopping« postopkom ali hladnim hmeljenjem. Pomembna je tudi izbira sorte hmelja, saj določene sorte vsebujejo znatno več eteričnega olja in linalola kot druge.

5 LITERATURA

- Daenen L., Saison D., De Cooman L., Derdelinckx G., Verachtert H., Delvaux F. R. Flavour enhancement in beer. Hydrolysis of hop glycosides by yeast beta-glucosidase. *Cerevisia* 32:24-36, 2007.
- Development and tradition of czech hop varieties, 2013, Hop research institute, co., ltd., Žatec.
- Fritsch H.T., Influence of hops on aroma determining compounds on Pilsner beers and intermediates of brewing process (In German). Ph.D. Thesis, Technische Universität München, 2001.
- Hanke S., Linalool – a key contributor to hop aroma. Institute of Brewing and Beverage Technology, Technische Universität München, Center of Life and Food Sciences, 2009.
- Kovačevič Miroslav. Določevanje sestave eteričnega olja hmelja za razlikovanje med hmeljnimi kultivarji. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, 2001
- Legenda žlahtne arome, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, 2011.
- Opsteale F., De Rouck G., De Clippeleer J., Aerts G., De Cooman L., Analytical and sensory assessment of hoppy aroma and bitterness of conventionally hopped and advanced hopped Pilsner beers. *Journal of the Institut of Brewing*, 116 - 4, 2010, pp. 445 - 457
- Salamati A., Mashouf S., Sahbaei F., Mojab F., Effects of inhalation of lavender essential oil on open heart-surgery pain. *Iranian Journal of Phamaceutical Research*. 2014, 13(4), pp.1257 – 1261
- Steinhaus M., Fritsch H. T., Schieberle P., Quantitation of (R) and (S) – linalol in beer using solid phase micro extraction (SPME) in combination with a stable isotope dilution assay (SIDA). *J Agric. Food Chem*. 2003, 51, pp. 7100 – 7105.
- Steinhaus M., Schieberle P., Comparison of the most odor-active compounds in fresh and dried hopcones (*Humulus lupulus* L. variety Spalter Select) based on GC-olfactometry and odor dilution techniques. *J Agric. Food Chem*. 2000, 48, pp. 1776 – 1783.
- The spirit of beer, 2005, Deutscher Hopfen
- Hop varietal guide, 2013, High Quality Hops from the Pacific Northwest
- Whittock S.P., Koutoulis A. New hop (*Humulus lupulus*) aroma varieties from Australia. Proceedings of the Scientific Commission, International Hop Growers Convention I.H.G.C. Lublin, Poland, 2011, pp. 10 – 13.

KAKOVOST IN PRIDELEK OLJA RIČKA (*Camelina sativa* (L.) Crantz) GLEDE NA SORTO IN LOKACIJO

Barbara ČEH¹⁷, Iztok Jože KOŠIR¹⁸, Saša ŠTRAUS¹⁹, Monika OSET LUSKAR²⁰

UDK/ UDC 633.85:631.559:543.2(045)

izvirni znanstveni članek / original scientific paper

prispelo / received: 10. oktober 2014

sprejeto / accepted: 25. november 2014

Izvleček

Sortni poskus s šestimi sortami rička (*Camelina sativa* (L.) Crantz) smo izvedli v letu 2012 na štirih lokacijah v dveh pridelovalnih območjih Slovenije na različnih tleh (Rakičan-težka tla, Murska Sobota-lahka tla, Savinjska dolina-srednje težka tla, Savinjska dolina-težka tla) s šestimi sortami rička: slovenska avtohtona sorta, danski sorti Vega in Hoga, nemški Ligena in Calena ter ekološko pridelano seme sorte Calena = Bio Calena. Vsebnost maščob v semenu rička je bila od 27 do 35 % (m/m). Na vseh lokacijah se je kot sorta z najvišjo oziroma drugo najvišjo vsebnostjo maščob pokazala sorta Hoga. Največji pridelek maščob pri vseh sortah smo dobili na lokaciji Savinjska dolina - težka tla, kjer je očitno prišla do izraza večja kapaciteta tal za zadrževanje vlage v tem sicre sušnem letu. Na vseh lokacijah je po pridelku maščob prednjačila sorta Ligena. Med posameznimi sortami so bila v sestavi maščob manjša odstopanja, so pa deleži večine maščobnih kislin v pričakovanih okvirih. Pri nobeni sorti vsebnost eruka kisline ni bila višja kot 3,5 %. Bio Calena je dosegla najvišjo vsebnost omega-3 maščobne kisline (34,4 %) v maščobah, najmanjšo sorta Vega (28,3 %).

Ključne besede: sortni poskus, navadni riček, *Camelina sativa* (L.) Crantz, sorte, vsebnost maščob, maščobne kisline, pridelek, pridelava, kakovost, ričkovo olje, otrovo olje, kemijske analize

¹⁷ Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

¹⁸ Doc. dr., prav tam, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

¹⁹ Dr., Pan-nutri, kmetijsko živilski tehnološki center, d.o.o., Industrijska 8, 9000 Murska Sobota, e-pošta: sasa.straus@pan-nutri.si

²⁰ Univ. dipl. inž. kmet., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: monika.oset-luskar@ihps.si

QUALITY AND YIELD OF OIL CAMELINA (*Camelina sativa* (L.) Crantz) DEPENDING ON THE VARIETY AND LOCATION

Abstract

Variety trial was conducted in year 2012 at four locations in two growing areas of Slovenia on different soils (Rakičan - heavy soil, Murska Sobota - light soil, Savinja Valley - medium heavy and heavy soil). Six varieties of Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz): Slovenian landrace variety, Vega and Hoga (Danish varieties), Ligena and Calena (German) and organically produced seed of variety Calena = Bio Calena were investigated. Fat content of the seed was from 27 % to 35 % (w/w). At all locations, the variety with the highest or second highest fat content was Hoga. The highest fat content at all varieties was at the location Savinja Valley - heavy soil, probably due to higher water capacity of such soil in rather dry year. Variety Ligena has the highest oil yield at all locations. Fats composition among varieties differed, but the majority of different fat acids contents was within the expected limits. Eruca acid content was lower than 3.5 % in all varieties. Bio Calena has achieved the highest omega-3 fatty acids content (34.4 %), the lowest content was in variety Vega (28.3 %).

Key words: variety trial, false flax, *Camelina sativa* (L.) Crantz, variety, fat content, fatty acids, yield, processing, quality, camelina oil, chemical analysis

1 UVOD

Riček navajajo kot obetajočo oljnico zaradi vsestranske možnosti uporabe njegovega olja in ker naj bi bila pridelava te oljnice enostavna in mogoča z majhnimi stroški, mogoča tudi v okviru smernic ekološke proizvodnje. Za olje rička je značilna bogata vsebnost enkrat in večkrat nenasičenih maščobnih kislin, ki mu dajejo posebno vrednost v prehrabni shemi živali in človeka. Obenem se iščejo tudi novi viri esencialnih maščobnih kislin, posebno omega-3 (Bavec, 2000 in 2001, Grobelnik-Mlakar in sod., 2003).

Sicer riček v maščobi nima tako zelo veliko vsebnost omega-3 maščobnih kislin kot lan, vendar ričkovo olje odlikuje visoka stabilnost in izjemna kakovost, ki se obdrži tudi po hladnem stiskanju dosti dlje časa kot pri drugih oljih, tudi lanenem. Zaradi tega in zaradi doseganja dobre cene ričkovega olja se je pridelava pokazala kot smiselna na manjših površinah, ki omogočajo ročno pletje, hitre intervencije ter večjo previdnost pri času setve in žetve, predvsem višje ležečih, kjer temperature poleti niso tako visoke. Na nižinskih poljedelskih območjih na večjih površinah je bolj nezanesljiva (Čeh in sod., 2014).

Kot navaja vrsta avtorjev, riček naj ne bi bil zahteven za tip tal in vremenske razmere, po drugi strani pa naj bi bil pridelek semena in maščob odvisen od letine in lokacije (Putnam in sod., 1993; Grobelnik-Mlakar in sod., 2003, Bavec, 2000). V poskusih v Čilu navajajo največji pridelek 2,3 t/ha (Berti in sod., 2011), v Avstriji

2,8 t/ha (Vollmann in sod., 2007). V dvoletnem poskusu v Avstriji z desetimi genotipi je bil v letu 1993 dosežen pridelek od 1,0 do 1,7 t/ha, v letu 1994 pa od 1,5 do 3,3 t/ha (osnovne parcele so bile velike 5-8 m x 1,25 m). Na obeh lokacijah je bila vsebnost maščob v prvem letu višja (40 % do 45,5 %) kot v drugem (38,5 % do 42,5 %). Razlika med letoma je bila v tem, da je bila v letu 1993 v fazi cvetenja suša, kar je omejilo potencial za pridelek, kasneje pa je bilo v fazi polnjenja semena dovolj padavin, kar je imelo za posledico večjo vsebnost olja. V letu 1994 skozi celotno rastno dobo voda ni bila omejitveni dejavnik, kar je omogočilo pridelek do 3,3 t/ha, med tem ko je bila vsebnost olja zaradi velikega pridelka nekoliko manjša (Vollmann in sod., 1996).

V sortnih poskusih na štirih različnih lokacijah v Sloveniji je bil v letu 2012 največji pridelek dosežen na lokaciji Savinjska dolina - težka tla (povprečje vseh sort 1,2 t/ha suhe snovi), v letu 2013 pa zaradi hladnih in mokrih tal spomladi ni prišlo do ustreznega vznika in je posevek kasneje prerasel plevel na vseh lokacijah, tako da do žetve sploh ni prišlo (Čeh in sod., 2012). V tem prispevku navajamo rezultate analize vsebnosti maščob v semenu rička iz teh poskusov iz leta 2012, pridelek maščob ter kakovost maščob glede na sorto rička in lokacijo.

V našem poskusu smo želeli ugotoviti vsebnost enkrat in večkrat nenasičenih maščobnih kislin v olju rička, pridelanega v slovenskih pedoklimatskih razmerah, in hkrati ugotoviti njihovo variabilnost v odvisnosti od sorte.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Postavitev poskusov

Sortni poskus smo izvedli v letih 2012 in 2013 na štirih lokacijah v dveh pridelovalnih območjih Slovenije na različnih tleh. Tla na prvi lokaciji poskusa v Savinjski dolini so obrečna, rjava, srednje globoka in rahlo oglejena. V večini ugotovljenih horizontov smo določili teksturni razred GI (Savinjska dolina - težka tla). V globljih horizontih so opazni znaki zastajanja vode. Vrednost pH pred postavitvijo poskusa je bila 6,8, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 30,1 mg/100 g tal (razred preskrbljenosti D), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 13,7 mg/100 g tal (razred B), vsebnost organske snovi v tleh 2,7 %. Druga lokacija v Savinjski dolini je bila na srednje globokih evtričnih rjavih tleh na peščeno prodnati osnovi. Zgornji obdelovalni horizont uvrščamo v teksturni razred GI-PGI (srednje težka do težka). V globljih horizontih se pojavlja večji delež peska, zato smo tla obravnavali kot Savinjska dolina - srednje težka tla. Vrednost pH pred postavitvijo poskusa je bila 6,6, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 19,9 mg/100 g tal (razred preskrbljenosti C), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 34,5 mg/100 g tal (razred D), vsebnost organske snovi v tleh 2,5 %. Tla na lokaciji poskusa v Rakičanu in Murski Soboti so bila na globokih distričnih rjavih tleh, na

lokaciji Rakičan na meljasto glinasti ilovnati osnovi, tekstura: MGI (Raličan - težka tla), na lokaciji Murska Sobota pa na pečeno prodnati osnovi, tekstura: P (Murska Sobota - lahka tla). Na lokaciji Rakičan je bila vrednost pH pred postavitvijo poskusa 5,6, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja 14,6 mg/100 g tal (razred preskrbljenosti C), vsebnost rastlinam dostopnega kalija 17,6 mg/100 g tal (razred B), vsebnost organske snovi v tleh 3,4 %. Na lokaciji Murska Sobota je bila vrednost pH pred postavitvijo poskusa 6,2, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja je 51,5 mg/100 g tal (razred E), vsebnost rastlinam dostopnega kalija pa 23,6 mg/100 g tal (razred C), vsebnost organske snovi v tleh 1,9 %.

Poskus smo zastavili enako na vseh lokacijah kot bločni poljski poskus v štirih ponovitvah. Vključenih je bilo šest sort rička: Slovenska avtohtona sorta, danski sorti Vega in Hoga, nemški Ligena in Calena ter ekološko pridelano seme sorte Calena = Bio Calena. Velikost osnovne parcele je bila 36 m² (6 m x 6 m). V letu 2013 je bil zaradi hladnih in mokrih tal vznik rička zelo slab, kar je povzročilo, da ga je kasneje prerasel in zadušil plevel, tako da do žetve v tem letu sploh ni prišlo, torej je bil pridelek ničen, zato rezultatov za to leto ne navajamo.

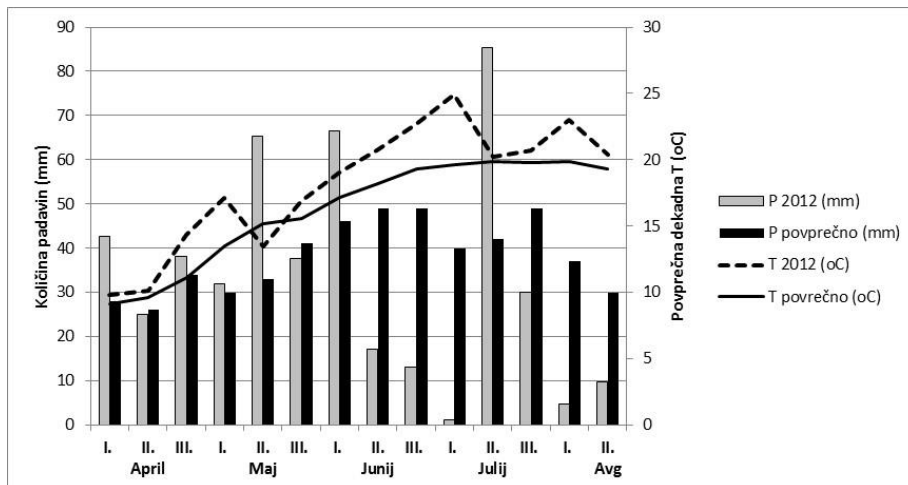
2.2 Oskrba poskusov

Tla smo spomladi ustrezno pripravili za setev in poskuse posejali s samohodno parcelno sejalnico Wintersteiger, ki omogoča natančno setev manjših površin. Setev na lokacijah v Savinjski dolini smo izvedli 30. 3. 2012, na lokacijah v Prekmurju pa 19. 4. 2012, v količini 6 kg/ha semena. Pred setvijo smo glede na analizo tal in predviden odvzem pognojili s kalijevimi in fosforjevimi gnojili. Po setvi smo posevek povaljali. Z dušikom smo dognojevali ob setvi v količini 60 kg/ha in pred cvetenjem v količini 30 kg/ha N v obliki gnojila KAN. Poskusi niso bili namakani. V skladu s trenutno zakonodajo nismo uporabljali fitofarmaceutskih sredstev, saj le ta v pridelavi rička niso dovoljena. Izvajali nismo niti ročnega pletja, saj smo želeli ugotoviti primernost za pridelavo rička na večjih poljedelskih površinah.

2.3 Vremenske razmere

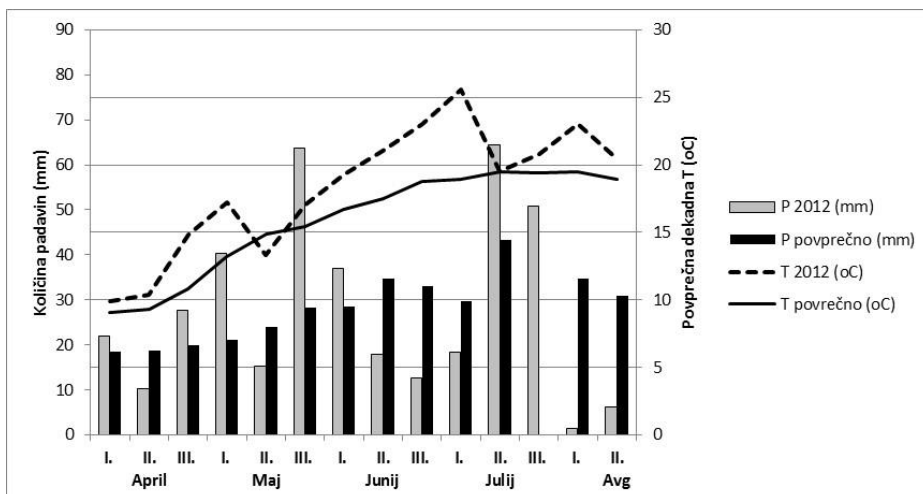
V Savinjski dolini smo v prvih štirih mesecih 2012 beležili pomanjkanje padavin, ki se je iz meseca v mesec stopnjevalo že iz jeseni 2011. Suša je že ogrožala začetek rasti večine kmetijskih rastlin. Od aprila do junija je le padla prepotrebna količina dežja, in sicer 338 mm, sorazmerno dobro razporejena. V aprilu, maju in juniju 2012 je bila povprečna dnevna temperatura zraka višja od vrednosti dolgoletnega povprečja do 2,2°C. Pomanjkanje padavin se je zopet začelo v zadnji dekadi junija in se je nadaljevalo v juliju, kar je že zopet narekovalo začetek suše. V Žalcu je bilo od 15. junija do 12. julija le 13 mm dežja. Na lokaciji Savinjska dolina – srednje težka tla je bila 11. 7. 2012 toča, ki je oklestila pridelek. V zadnji

dekadi junija in v juliju smo beležili nadpovprečno visoke temperature (Agrometeorološki portal RS, 2012). Primerjava vremenskih razmer z dolgoletnim povprečjem na tej lokaciji je predstavljena na sliki 1.



Slika 1: Premerjava količine padavin in povprečne dekadne temperature v dolgoletnem povprečju in v preučevanem letu 2012 v Žalcu

Figure 1: Weather conditions in Žalec in year 2012 compared to long term average



Slika 2: Premerjava količine padavin in povprečne dekadne temperature v dolgoletnem povprečju in v preučevanem letu 2012 v Prekmurju

Figure 2: Weather conditions in Prekmurje region in year 2012 compared to long term average

Tudi v Prekmurju je bila v prvih treh mesecih leta 2012 količina padavin izjemno nizka; januarja je bilo 10 mm padavin (28 % dolgoletnega povprečja), februarja 13 mm (35 % dolgoletnega povprečja). Snežna odeja se je obdržala 13 dni, maksimalna višina je bila 14 cm. Najnižja količina padavin je bila marca, in sicer 1 mm, kar predstavlja 1 % dolgoletnega povprečja. Z aprilom se je obdobje pomanjkanja padavin končalo; padlo je 60 mm padavin (2 % več od dolgoletnega povprečja), maja 119 mm (64 % več), julija 134 mm (27 % več). Odstopa samo junij, ko je padlo 67 mm, kar predstavlja le 69 % dolgoletnega povprečja. Kljub temu se v vodni bilanci v tleh ni nadoknadilo količine nizkih padavin v celotnem jesensko-zimskem obdobju; od aprila do konca julija je znašala 131,4 mm. 14. julija smo na območju poskusov beležili točo, hud veter in močnejši naliv, kar je povzročilo izpadanje semena. Predvidevamo, da je bil končni pridelek vseh obravnavanj zaradi tega manjši za okrog 30 %. V Prekmurju so bile od začetka vegetacije temperature višje od dolgoletnega povprečja od 1,4 °C v maju do 3,5 °C v juniju in avgustu. Temperature so se že 2. maja približale 30 °C. Maksimalne temperature so bile v poletnih mesecih okrog 35 °C, kar je predstavljalo vročinski stres za rastline (Agrometeorološki portal RS, 2012). Primerjava vremenskih razmer z dolgoletnim povprečjem na tej lokaciji je predstavljena na sliki 2.

2.4 Vrednotenje

V času tehnološke zrelosti smo posevke poželi s samohodnim parcelnim kombajnom Wintersteiger. Sortni poskus z ričkom na lokaciji Savinjska dolina - srednje težka tla smo morali na hitro požeti ročno 10. 7. 2012 zaradi toče, ki je bila nekaj dni pred predvideno žetvijo. Prav tako smo morali na hitro ročno požeti sortni poskus z ričkom na lokaciji Savinjska dolina - težka tla zaradi nenadnega odpiranja luskov, ki je sledilo nekajdnevnim temperaturam nad 30°C. Pridelek smo stehali za vsako parcelo posebej in takoj vzeli vzorce semena za analizo na vsebnost vlage (Analytica EBC 7.2. /1998/), na podlagi česar smo izračunali pridelek suhe snovi. Pridelek smo za potrebe kemijskih analiz vzorčili po metodi SIST EN ISO 542:1996 za vsako obravnavanje (sorto) na vsaki lokaciji posebej. Vzorcem smo določili vsebnost olja po Soxhletu. Potem pa smo po 8 kg semena vsake sorte, ki je predstavljalo povprečje parcel za posamezno sorto, stisnili s poskusniško vijačno stiskalnico. Olje smo v kemijsko analizirali v laboratoriju IHPS. S pomočjo plinske kromatografije smo določili kvalitativno in kvantitativno sestavo v olju pristonih maščobnih kislin. Vsebnost tokoferolov v olju smo določevali s tehniko tekočinske kromatografije po SIST EN ISO 9936-2006. Vsebnost sterolov smo določali s tehniko plinske kromatografije.

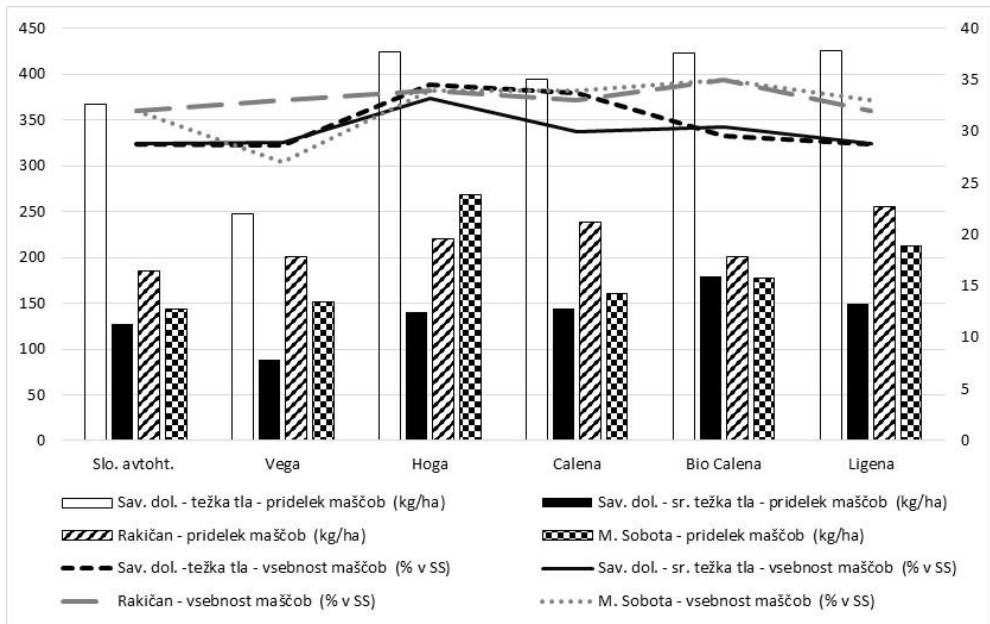
3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Vsebnost maščob v semenu

Vsebnost maščob v semenu rička je bila od 27 do 35 masnih %. Največji delež maščob v semenu je imela v povprečju vseh lokacij (kombinacija tal in vremenskih razmer) sorta Hoga (33,3 %), sledili sta Bio Calena (32,4 %) in Calena (32,7 %). Sorti Slovenska avtohtona in Ligena sta imeli dobrih 30 % maščob v semenu, najmanj pa sorta Vega (29,3 %). V poskusih v Avstriji navajajo do 48 % maščob v semenu rička (Vollmann in sod., 2007) ter odvisnost vsebnosti maščob v semenu od lokacije in leta pridelave kot tudi značilno interakcijo leto x lokacija pridelave (Vollmann in sod., 1996). Vsebnost maščob je bila v poskusih v Čilu z več sortami odvisna od lokacije pridelave in časa setve; najvišja je bila do 45,7 % (Berti in sod., 2011). Na sliki 1 je predstavljena vsebnost maščob v semenu rička po sortah in lokacijah v našem poskusu ter na tej podlagi in podlagi podatka o pridelku suhe snovi semena na enoto površine izračunani pridelki maščob na hektar. Na vseh lokacijah se je kot sorta z najvišjo oziroma drugo najvišjo vsebnostjo maščob pokazala sorta Hoga, ki je imela tudi dokaj stabilno vsebnost maščob v semenu – le ta ni bila toliko odvisna od lokacije. Bio Calena je dosegla najvišjo vsebnost maščob na obeh lokacijah v Prekmurju. Calena in Bio Calena sta dosegli dobre rezultate tudi v Savinjski dolini. Ostale tri preučevane sorte (Vega, Ligena in Slo. avtohtona) so imele manjše vsebnosti maščob v semenu na vseh preučevanih lokacijah. Zanimivo so imele na lokaciji Rakičan - težka tla sorte podobno vsebnost maščob v semenu (slika 1).

3.2 Pridelek maščob

V sortnih poskusih na štirih različnih lokacijah v Sloveniji je bil v letu 2012 največji pridelek dosežen na lokaciji Savinjska dolina - težka tla (povprečje vseh sort 1242 kg/ha suhe snovi), kjer je najvišji pridelek dosegla sorta Ligena (1478 kg/ha), sledila je sorta Calena (1429 kg/ha), in sicer vzgojena iz ekološko pridelanega semena (Bio Calena). Sledile so sorte Slovenska avtohtona, Calena in Hoga, med katerimi ni bilo značilnih razlik. Značilno najmanjši pridelek je dosegla sorta Vega (868 kg/ha). Enak vrstni red sort rička po pridelku je bil dosežen v povprečju vseh štirih lokacij (Čeh in sod., 2012). Tako smo tudi največji pridelek maščob pri vseh sortah dobili na lokaciji Savinjska dolina - težka tla. Na tej lokaciji so največji pridelek maščob dosegle sorte Ligena (426 kg/ha), Bio Calena in Hoga; slednja sicer pridelek ni imela tako visok kot prvi dve omenjeni, je pa imela večjo vsebnost maščob v semenu. Te tri sorte so imele pridelek na tej lokaciji najbolj konkurenčen za pridelavo v praksi.



Slika 1: Pridelek maščob (primarna Y os) in vsebnost maščob (sekundarna Y os) glede na sorto rička in lokacijo pridelave v letu 2012

Figure 1: Fat yield (primary Y axis) and fat content (secondary Y axis) with regard to *Camelina* variety and production location in year 2012

Na drugih lokacijah je bil pridelek rička manjši kot v Sav. dolini - težka tla, tako so bili tudi pridelki maščob manjši, in sicer 663 kg/ha v Rakičanu - težka tla, 571 kg/ha v Murski Soboti - lahka tla, ter najmanjši na lokaciji, ki jo je pred žetvijo oklestila toča, to je Savinjska dolina - srednje težka tla (454 kg/ha).

Na lokaciji M. Sobota - lahka tla je največji pridelek maščob dosegla sorta Hoga, ki je bila med prvimi tremi tudi na lokaciji Rakičan - težka tla in Sav. dolina - težka tla.

Na vseh lokacijah se po pridelku maščob med največjimi izpostavlja sorta Ligena, daleč najmanjši pridelek maščob pa je zaradi zelo majhnega pridelka, pa tudi vsebnost maščob je bila med najnižjimi, dosegla sorta Vega v Savinjski dolini, v Prekmurju pa Slovenska avtohtona sorta.

Zanimiva je primerjava rezultatov za sorto Calena, za katero smo seme dobili kot klasično in ekološko pridelano; slednje smo poimenovali Bio Calena. V povprečju lokacij je sicer njun pridelek primerljiv, vendar pa če pogledamo posamezne lokacije, se je kar na treh lokacijah med tema njima dokazljivo razlikoval; enkrat v

prid Caleni, trikrat v prid Bio Caleni. Bio Calena je imela tudi najvišjo vsebnost alfa-linolenske kisline med vsemi preučevanimi sortami, višjo tudi od Calene (glejte poglavje 3.3).

3.3 Kakovost ričkovega olja

V preglednici 1 je predstavljena maščobnokislinska sestava olja glede na sorto, saj je ravno od te odvisna kakovost in primernost za prehrano tako ljudi kot tudi živali s ciljem dviga nenasičenih maščob v končnih živalskih izdelkih. Poudariti je potrebno, da so podatki predstavljeni v preglednici 1 pridobljeni na osnovi povprečnega vzorca za posamezno sorto, iz česar sledi, da rezultatov ni možno ustrezno statistično ovrednotiti, lahko pa jih uporabimo za grobo oceno maščobnokislinske sestave olja posamezne sorte.

Preglednica 1: Vsebnost posameznih maščobnih kislin v hladno stisnjenih oljih rička v % (m/m) v letu 2012

Table 1: Fatty-acids content in cold press fat of Camelina with regard to variety in year 2012 in % (w/w)

Sorta/M.K.	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:1	C24:0
Slo. avtoht.	6,53	3,07	20,30	19,14	29,17	2,05	15,79	3,28	0,21
Vega	6,89	3,26	19,91	22,08	28,34	2,17	13,80	2,83	0,24
Hoga	6,78	3,08	18,99	21,31	30,26	1,93	13,89	3,14	0,18
Calena	6,26	2,91	17,82	20,01	31,88	2,07	14,97	3,44	0,19
Bio Calena	6,14	2,43	17,17	19,50	34,43	1,82	14,77	3,16	0,15
Ligena	6,32	2,94	18,54	22,75	30,99	1,79	13,37	2,66	0,20

Legenda: Seznam maščobnih kislin

Lipidno število	Trivialno ime	Sistematsko ali IUPAC ime
C _{16:0}	palmitinska kislina	heksadekaenojska kislina
C _{18:0}	stearinska kislina	oktadekaenojska kislina
C _{18:1n-9}	oleinska kislina	<i>cis</i> -oktadeka-9-enojska kislina
C _{18:2n-6}	linolna kislina	<i>cis, cis</i> -oktadeka-9,12- dienojska kislina
C _{18:3n-9}	α -linolenska kislina	vsi- <i>cis</i> -oktadeka-9,12,15-trienojska kisl.
C _{20:0}	arahidinska kislina	ikozanojska kislina
C _{20:1n-9}	gondojska kislina	<i>cis</i> -eikoz-11-enojska kislina
C _{22:1n-9}	eruka kislina	<i>cis</i> -doko-13-enojska kislina

Posebno zanimiva je α -linolenska kislina, ki spada v skupino omega-3 maščobnih kislin. Za olja rička je značilno, da vsebujejo največ α -linolenske kisline (okoli 30 %), ki je pomembna omega-3 maščobna kislina. V poskusih v Avstriji so ugotovili značilno genetsko variacijo med genotipi v vsebnosti linolenske in eruka kisline, ki sta bili tudi v veliki odvisnosti od pedoklimatskih razmer; vsebnost linolenske kisline je bila v širokem razponu od 25 do 42 % od vseh maščobnih kislin, vsebnost eruka kisline pa je bila od 2 to 6 % (Vollmann in sod., 2007). Med

sortami v našem poskusu je imela najvišjo vsebnost Bio Calena (34,4 %), najmanj pa sorta Vega (28,3 %). Druga kislina po deležu v ričkovem olju je linolna kislina (omega-6 maščobna kislina), ki je v olju okoli 20 %. Deleža obeh sta v primerjavi z rastlinskimi olji večine drugih oljnic neprimerno višja. Posledično je v olju relativno malo nasičene oleinske kisline. Za olja navadnega rička je značilna v naravi relativno malo zastopana enkrat nenasičena gondojska kislina, ki je karakteristična ravno za navadni riček (Hrastar in sod., 2011). V primeru navadnega rička moramo biti pozorni predvsem na delež eruka kisline, ki je nezaželena in je njena zgornja dovoljena meja določena pri 5 %. Ta parameter je bil v ustrezno nizkih vrednostih pri vseh sortah. Tudi v poskusih na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v preteklih letih (Rode, 2002), je bilo v maščobi rička avtohtonih populacij rička s Koroške manj kot 2 % eruka kisline, ter nekaj večja vsebnost α -linolenske kisline (med 33 % in 36 %) kot v našem poskusu. Ugotovili smo, da vsebnost glukozinolatov ne izključuje uporabe semena in / ali oljnih pogač rička v prehrani živali (Košir in sod., 2013).

4 SKLEPI

Vsebnost maščob v semenu rička je bila od 27 % do 35 %. Na vseh lokacijah se je kot sorta z najvišjo oziroma drugo najvišjo vsebnostjo maščob pokazala sorta Hoga, ki je imela tudi dokaj stabilno vsebnost maščob v semenu – le ta ni bila toliko odvisna od lokacije.

Največji pridelek maščob pri vseh sortah smo dobili na lokaciji Savinjska dolina - težka tla, kjer je očitno prišla do izraza večja kapaciteta tal za zadrževanje vlage. Na tej lokaciji so največji pridelek maščob dosegle sorte Ligena (426 kg/ha), Bio Calena in Hoga. Na vseh lokacijah se po pridelku maščob med največjimi izpostavlja sorta Ligena.

Med posameznimi sortami sicer prihaja v sestavi maščob do manjših razlik, vendar splošno gledano lahko trdimo, da so deleži večine kislin v normalnih, pričakovanih okvirih. Pri nobeni sorti vsebnost eruka kisline ni bila višja kot 3,5 %, kar pomeni, da so lahko vsa olja uporabna v namene živinske krme in hrane. Najmanjši delež omeg-3 maščobnih kislin v maščobi je imela sorta Vega (28,3 %).

Pridobljeni rezultati kažejo, da je pridelek rička, gojenega v naših pridelovalnih razmerah, s stališča kemijske sestave ustrezen in zadošča pričakovanim zahtevam.

5 LITERATURA

- Bavec, F. 2000. Navadni riček, navadni toter, navadna lodra (*Camelina sativa* (L.) Crantz). V: Nekateri zapostavljene in/ali nove poljščine. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo: 105-108
- Bavec, F. 2001. Navadni riček, navadni toter, navadna lodra (*Camelina sativa* (L.) Crantz). V: Bavec, M. s sod.. Ekološko kmetijstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 210-213
- Berti, M., Wilckens, R., Fischer, S., Solis, A., Johnson, B. 2011. Seeding date influence on camelina seed yield, yield components, and oil content in Chile. *Industrial Crops and Products*. 34(2): 1358–1365.
- Čeh, B., Štraus, S., Hladnik, A., Oset Luskar, M., Čremožnik, B. 2012. Pridelek rička (*Camelina sativa* (L.) Crantz) glede na lokacijo in sorto. *Hmeljarski bilten*, 19: 88-99
- Čeh, B., Štraus, S., Hladnik, A., Oset Luskar, M., Čremožnik, B. 2014. Odziv rička (*Camelina sativa* (L.) Crantz) na pridelavo na nižinskih poljedelskih območjih. Konferenca Vivus s področja kmetijstva, naravovarstva, hortikulture in floristike ter živilstva in prehrane »Prenos inovacij, znanja in izkušenj v vsakdanjo rabo«. Zbornik predavanj.
- Grobelnik-Mlakar, S., Jakop, M., Bavec, F. 2003. Navadni riček (*Camelina sativa* (L.) Crantz). *Sodobno kmetijstvo*, 36, 11/12: 28-30
- Hrastar, R., Abramovič, H., Košir, I. J. 2012. In situ evaluation of *Camelina sativa* landrace. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114/3: 343-351
- Košir, I. J., Potočnik, T., Štraus, S., Čeh, B. 2013. Glucosinolates content in camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) seeds and oilcakes with regard to production location. *Hmeljarski bilten*, 20: 82-89
- Putnam, D. H., Budin, J. T., Field, L. A., Breene, W. M. 1993. Camelina: a promising low-input oilseed. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York: 314-322
- Rode, J. 2002. Sestava olja avtohtonega rička (*Camelina sativa* (L.) Crantz). V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2002 : zbornik simpozija*, Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 340-343
- Vollmann, J., Damboeck, A. Eckl, A. Schrems, H., Ruckenbauer, P. 1996. Improvement of *Camelina sativa*, an underexploited oilseed. V: J. Janick (ur.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA. p. 357-362.
- Vollmann, J., Moritz, T., Kargl, C., Baumgartner, S., Wagentristsl, H. 2007. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. *Industrial Crops and Products*. 26(3) 2007: 270–277.

VPLIV RASTIŠČA NA PRIDELEK IN VSEBNOST ETERIČNEGA OLJA PRI ŽAJBLJU (*Salvia officinalis* L.)

Nataša FERANT²¹ in Barbara ČEH²²

UDC / UDK 635.74:665.52:631.559(045)
strokovni članek / professional paper
prispelo / received: 10. oktober 2014
sprejeto / accepted: 25. november 2014

Izvleček

V preliminarni poskus možnosti pridelave v Sloveniji smo vključili ozkolistni in širokolistni žajbelj (*Salvia officinalis* L.), ki smo ga pridelovali v skladu z ekološkimi smernicami v letih od 2012 do 2014 na štirih različnih poskusnih lokacijah: nižinskih Savinjska dolina in Vrhnika, hribovska na 670 m n. v. Šenturška Gora in višinska na 921 m n. v. Idrijske Krnice. Rezultati količine pridelka in vsebnosti eteričnega olja nakazujejo, da lahko govorimo o upravičenem pridelovanju ozkolistnega žajblja na naših pridelovalnih območjih na nižinskih legah, kot sta v raziskavo vključeni lokaciji Savinjska dolina in Vrhnika, kjer sta možni ena do dve žetvi letno. Na hribovskih lokacijah lahko pričakujemo le ena žetev letno. Za višinske lokacije je preučevanje primernosti pridelave žajblja še v teku. Širokolistni žajbelj je imel v primerjavi z ozkolistnim manjši pridelek in manjšo vsebnost eteričnega olja, ki v več primerih niti ni dosegala zahtev EUPh.

Ključne besede: zdravilna zelišča, *Salvia officinalis*, **žajbelj**, pridelek, vsebnost, eterično olje, rastišče

IMPACT OF HABITAT ON THE YIELD AND ESSENTIAL OIL CONTENT OF SAGE (*Salvia officinalis* L.)

Abstract

In the study in years 2012 to 2014, we wanted to find out possibility for production of narrowleaf and broadleaf sage (*Salvia officinalis* L.) in Slovenia. Four different experimental sites were included (lowland locations Savinja Valley and Vrhnika, 670 m above sea Šenturška Gora, and 921 m above sea Idrijske Krnice). Sage was at all locations produced according to organic production guidelines. The results of yield and essential oil content show that it is better to grow narrowleaf sage compared to broadleaf sage in lowland sites, such as in the study included locations Savinja Valley and Vrhnika. On higher altitudes on sunny sites we can expect only one harvest compared to one to two in lowlands (depending on weather conditions in certain year). On high altitudes such as 921

²¹ Mag., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-naslov: nataasa.ferant@ihps.si

²² Dr., prav tam, e-naslov: barbara.ceh@ihps.si

m the investigation is still in progress. Broadleaf sage had lower yields and lower content of essential oils, in several cases it did not meet the requirements of EUPh.

Key words: herbs, *Salvia officinalis* L., sage, yield, content, essential oil, habitat

1 UVOD

Pridelovanje zdravilnih rastlin omogoča bolj zanesljiv vir oskrbe z zelišči znane kakovosti in je nujno, saj lahko prekomerno nabiranje v naravi vodi do iztrebljanja določenih rastlinskih vrst. Pridelovanje je zaželeno tudi s stališča ohranjanja biodiverzitete (Baričevič in sod., 2008). Leta 1994 so bile v Nacionalnem programu za proizvodnjo, predelavo in trženje rastlinskih drog v Republiki Sloveniji (Baričevič in sod., 1994) postavljene smernice za to področje.

V Sloveniji bi morala biti pridelava zelišč tržno zanimiva in perspektivna kmetijska dejavnost, tako osnovna kot tudi dopolnilna (Rode, 1996 in 2010). Glede na različne naravne danosti bo pridelava zelišč na večjih površinah smiselna, ko bo urejen odkup po primernih cenah za ustrezno kakovost, za kar pa pridelovalci potrebujejo dobro opremo in večje površine (Baričevič in Kušar, 2006). Pridelava zelišč ima lahko velik gospodarski pomen tudi na kmetijah, kjer so površine manj primerne za pridelovanje hrane, na primer v hribovitih predelih, na vodovarstvenih območjih, visokogorskih kmetijah in na manjših kmetijah (Wagner in sod., 1985).

Preden začnemo pridelovati tržno zanimive zdravilne rastline, je potrebno primernost za pridelavo proučiti v različnih habitatih v naših pridelovalnih razmerah. Z ustrezno kvaliteto pridelka bi lahko za predelovalce zelišč in za industrijo (farmacevtsko in prehrabno) zagotovili kakovostno domačo surovinsko bazo (Ferant, 2008 in 2010).

S predstavljenim tipalnim poskusom smo želeli preveriti možnost pridelave sicer mediteranske rastline žajblja na različnih nadmorskih višinah v notranjosti Slovenije.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Material

V raziskavo smo vključili ozkolistni in širokolistni žajbelj (*Salvia officinalis* L.). Ozkolistni žajbelj pripada akcesiji, ki jo gojimo v Vrto zdravilnih in aromatičnih rastlin na IHPS v Žalcu od ustanovitve leta 1976. Širokolistni žajbelj pa je sorta Broad leaf, ki smo jo pridobili v Vrto zdravilnih in aromatičnih rastlin na IHPS v Žalcu z izmenjavo semena iz Francije leta 1980. Sadike smo v letu 2012 vzgojili v rastlinjaku na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) po smernicah ekološke pridelave (Uredba ..., 2007). Vzgoja je potekala od februarja

2012 dalje v lončkih premera 7 cm. Za lokacijo Idrijske Krnice pa smo sadike na enak način vzgojili v letu 2014.

2.2 Poskusne lokacije

V raziskavo smo vključili v letu 2012 tri različne poskusne lokacije, ki se jim je v letu 2014 pridružila še ena, višinska. Njihove karakteristike so navedene v preglednici 1.

Preglednica 1: V raziskavo vključene lokacije in njihove karakteristike

Table 1: Production locations characteristics

	Žalec, Savinjska dolina	Vrhnika	Šenturška Gora, Cerklje na Gorenjskem	Idrijske Krnice
Nadm. višina	250 m (nižinska lokacija)	320 m (nižinska lokacija)	670 m (hrbovska lokacija)	921 m (višinska lokacija)
Tla	Srednje težka	Srednje težka	Srednje težka	Srednje težka
Način pridelave	Obdelava s kultivatorjem	Obdelava s kultivatorjem	Večinoma ročna obdelava, nekaj s kultivatorjem	Ročna obdelava
Druge posebnosti	Lokacija vključena v vseh letih, namakanje po potrebi	Pridelava na foliji, lokacija vključena v vseh letih	V Kamniških Alpah, sončna lega, lokacija vključena v letih 2012 in 2013	Sončna vrtača nad Idrijo, lokacija vključena v letu 2014
Obseg	30 rastlin ozkolistnega, 30 rastlin širokolistnega	200 rastlin ozkolistnega, 150 rastlin širokolistnega	80 rastlin ozkolistnega	30 rastlin ozkolistnega, 30 rastlin širokolistnega
Tmin* / Tpovp* / Tmax* °C	2012: -3,5 / 17,1 / 37,5 2013: -0,1 / 17,1 / 38,1 2014: 1,6 / 16,7 / 34,4	2012: -6,9 / 15,8 / 36,7 2013: -0,4 / 15,9 / 38,1 2014: -4,9 / 15,4 / 33,6	2012: ni meritev 2013: 2,3 / 17,6 / 37,2	2014: -3,7 / 13,4 / 29,6
Vsota padavin*	2012: 869 mm 2013: 536 mm 2014: 1042 mm	2012: 1000 mm 2013: 704 mm 2014: 946 mm	2012: ni meritev 2013: 714 mm	2014: 906 mm

* Od aprila do oktobra; podatki za lokaciji bližnje merilno postajo: Žalec za Žalec, Borovnica za Vrhniko, Kamnik za Šenturško goro, Zadlog za Idrijske Krnice (FITO INFO, 2014)

2.3 Postavitev in oskrba poskusov

Sadike smo na prosto posadili konec maja oziroma v začetku junija leta 2012 na tri lokacije, maja 2014 pa še na lokacijo Idrijske Krnice, na razdaljo 40 cm v vrsti in 60 cm medvrstne razdalje. Ozkolistni žajbelj (*Salvia officinalis* L.) smo posadili na vseh lokacijah, širokolistni žajbelj (*Salvia officinalis* L. Broad leaf) pa na vseh lokacijah, razen na lokaciji Šenturška Gora (po odločitvi lastnice parcele). Velikost parcel glede na lokacijo je razvidna iz preglednice 1.

Med vegetacijo smo opazovali nastop fenofaz, razvoj rastlin ter dovzetnost za napad boleznin in škodljivcev. Pridelek (liste) smo nabirali v tehnološki zrelosti, in sicer pozno dopoldne, ko je vsebnost eteričnih olj pričakovano najvišja. Čas žetve glede na leto in lokacijo je predstavljen v preglednici 2.

Preglednica 2: Čas žetve žajblja glede na leto in lokacijo

Table 2: Harvest with regard to location

	Žalec, Savinjska dolina	Vrhnika	Šenturška Gora, Cerklje na Gorenjskem	Idrijske Krnice
2012	1. žetev 15. 7. namesto 2. žetve smo v jeseni pridelali seme, sicer bi bila druga žetev možna	1. žetev 25. 6. 2. žetev 10. 9.	Možna le ena žetev, 28. 7.	-
2013	28. 8., druge žetve nismo opravili zaradi pridelave semena, sicer bi bila možna	1. žetev 26. 8., druge žetve nismo opravili zaradi premajhnega pridelka	Možna le ena žetev, 22. 8.	-
2014	Možna le ena žetev, 14. 7.	Možna le ena žetev, 21. 8.	-	Možna le ena žetev, 18. 8.

2.4 Vremenske razmere

Večinoma je bila celotna rastna doba v letu 2012 toplejša kot v dolgoletnem povprečju. V prvih treh mesecih smo beležili pomanjkanje padavin, ki se je iz meseca v mesec stopnjevalo že od jeseni leta 2011. Mesec marec je bil izjemno suh. Suša je ogrožala začetek rasti večine kmetijskih rastlin. Od aprila do junija je le padla prepotrebna količina dežja, sorazmerno dobro razporejena. Jesen je bila deževna (Agrometeorološki ..., 2012).

Rastno sezono v letu 2013 je zaznamovala dolga mokra in hladna pomlad 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. Razmere so se nekoliko izboljšale šele v zadnji dekadi avgusta. Ekstremno topli sta bili zadnja dekada meseca julija. Šele v drugi in tretji dekadi avgusta so temperature padle ter se približale vrednostim dolgoletnega povprečja (Agrometeorološki ..., 2013).

Zima 2014 je bila topla in deževna, povprečne mesečne dnevne temperature pa so bile nad vrednostmi dolgoletnega povprečja. Topla zima je imela za posledico eno izmed najzgodnejših začetkov vegetacije vseh kmetijskih kultur. Tudi v aprilu in maju smo zabeležili veliko količino dežja ter povprečne dnevne temperature višje od vrednosti dolgoletnega povprečja. Tudi poleti je bilo veliko padavin. Od junija do 20. septembra smo v Žalcu zabeležili kar 705 mm padavin, kar je za 15 mm več kot znaša dolgoletno povprečje za celo rastno dobo (april-september). V obdobju od junija do septembra je na primer v Žalcu vsak mesec padlo nad 160 mm dežja (Agrometeorološki ..., 2014).

2.5 Meritve

Za vsako žetev smo določili količino pridelane droge ter vsebnost eteričnega olja po metodi Analytica ISO 6570:1984 in rezultate primerjali med lokacijami ter z evropsko farmakopejo (EUPh 5.0, 2005) - predpisi o kvaliteti droge na tržišču. Poskus je zastavljen tipalno – na vsaki lokaciji je ena poskusna parcela, pri vsaki žetvi smo pobrali in vrednotili pridelek s celotne parcele.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Razlika med lokacijami je bila v številu žetev in v pridelku. Na lokacijah na višjih legah (Šenturška Gora in Idrijske Krnice) je bila mogoča le ena žetev letno, na nižinskih lokacijah (Žalec in Vrhnika) pa sta bili možni ena do dve, odvisno od vremenskih razmer. Da je na višjih nadmorskih višinah mogoča v naših razmerah le ena žetev letno, na nižinskih pa do dve, se je pokazalo že v raziskavah v preteklih letih (Ferant in Čeh, 2012). Predvsem je bilo za žajbelj neugodno zelo mokro leto 2014, ko je bila zaradi mokrega poletja možna na vseh lokacijah le ena žetev, saj se rastline poleti niso dovolj obrasle. V tem letu je bil tudi pridelek žajblja izmed vseh treh preučevanih let najmanjši (preglednica 3).

Dolga mokra in hladna pomlad v letu 2013 je na eni nižinski lokaciji prav tako imela za posledico le eno žetev, kljub pridelavi na foliji, saj je bila vegetacija spomladi pozna. Na drugi nižinski lokaciji, pa smo lahko izvedli dve žetvi, vendar bi bila druga manj donosna (sicer je nismo izvedli, ker smo pridelovali seme).

Preglednica 3: Pridelek in vsebnost eteričnega olja pri prvi žetvi žajblju v letih 2012 do 2014 glede na lokacijo

Table 3: Yield and essential oil content at the first harvest of sage with regard to year (from 2012 to 2014) and location

	Leto	Eterično olje (ml/100 g)			Pridelek (kg suhe snovi/100 m ²)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
Ozkolistni	1. žetev Vrhnika	2,58	1,84	1,78	28	23	18
	Šenturška gora	1,96	1,65	-	24	25	-
	Idrijske Krnice	-	-	0,97	-	-	6
	1. žetev Žalec	1,55	1,86	1,81	20	38	33
Široko -listni	1. žetev Vrhnika	1,81	1,24	1,09	26	14	13
	Idrijske Krnice	-	-	1,11	-	-	5
	1. žetev Žalec	0,96	1,14	1,22	30	32	28
EUPh		Min. 1,5 ml/100 g					

V vremensko najmanj ekstremnem letu 2012 sta bili na nižinskih lokacijah možni dve žetvi, letni pridelek je bil daleč največji.

Na nobeni lokaciji ni bilo težav zaradi napada bolezní ali škodljivcev. Rastline so lepo uspevale tudi na lokaciji Šenturška Gora na nadmorski višini 670 m, kar je vzpodbudno za to sredozemsko rastlino. Prav tako je v letu 2014 lepo uspeval prvoletni nasad v Idrijskih Krnicah na nadmorski višini 921 m.

Število propadlih rastlin je bilo iz leta v leto bistveno večje pri širokolistnem kot pri ozkolistnem žajblju. Sadike so propadle preko zime na vseh lokacijah. Natančne podatke imamo za lokacijo Vrhnika, in sicer: v letu 2013 je propadlo 23 % sadik ozkolistnega in 42 % sadik širokolistnega žajblja, v letu 2014 pa je propadlo 69 % ozkolistnega in 73 % sadik širokolistnega žajblja. Na drugih dveh lokacijah, kjer sta nasada manjša, nismo zabeležili tako visok delež propadlih rastlin, trend pa je bil podoben.

V tipalnem poskusu se nakazuje, da je v naših razmerah glede velikosti pridelka bolj smiselno pridelovati ozkolistni žajbelj kot širokolistni, saj se je pridelek širokolistnega žajblja na vseh lokacijah v vseh letih nakazal kot manjši od ozkolistnega žajblja. Enako se je nakazalo v poskusih v prejšnjih letih (Ferant in Čeh, 2012). Wagner (1997) navaja letni pridelek suhe droge žajblja v poskusih na IHPS od 2,4 do 7 t/ha, v poskusih na IHPS med letoma 2009 do 2011 (Ferant in Čeh, 2012) pa je bil pridelek suhe snovi prve žetve od 0,8 do 3,1 t/ha.

Ozkolistni žajbelj je imel na nižinskih lokacijah bistveno več eteričnega olja kot širokolistni žajbelj. Vsebnost eteričnega olja je bila pri ozkolistnem žajblju na obeh nižinskih lokacijah in na višinski lokaciji v vseh letih nad minimalno po EUPh, pri širokolistnem žajblju pa le na lokaciji Vrhnika in še to le v letih 2012 in 2013 (preglednica 3).

Majhen pridelek na višinski lokaciji Idrijske Krnice v letu 2014 je lahko posledica tega, da je bil ta nasad v tem letu prvoleten ali/in ker je bilo leto 2014 zrlo mokro leto, morebiti pa je za to mediteransko rastlino kljub vsemu ta nadmorska višina v Sloveniji previsoka, saj tudi količina eteričnega olja v listih obeh žajbljev v letu 2014 na tej lokaciji ni zadostovala zahtevam EUPh, Nasad bomo spremljali tudi v prihodnjih letih. Pridelovalec želi sicer to zelišče v manjšem obsegu pridelovati kot dodatek svojim različnim prodajnim artiklom.

4 SKLEPI

Rezultati količine pridelka in vsebnosti eteričnega olja pri poskusni pridelavi v letih 2012 do 2014 nakazujejo, da lahko govorimo o upravičenem pridelovanju ozkolistnega žajblja (*Salvia officinalis* L.) v naših pridelovalnih območjih na nižinskih legah, kot sta v raziskavo vključeni lokaciji Savinjska dolina in Vrhnika, ne pa širokolistnega žajblja. Na teh lokacijah lahko odvisno od vremenskih razmer pričakujemo do dve žetvi letno. Na hribovskih lokacijah (670 m n. v.) na sončnih legah lahko pričakujemo le eno žetev letno. Za višinske lokacije je primernost pridelave žajblja še v teku, v prvoletnem nasadu v mokrem letu 2014 smo dosegli le majhen pridelek z nizko vsebnostjo eteričnega olja.

5 LITERATURA

- Agrometeorološka postaja Adcon Telemetry, tip postaje A 740, lokacija Žalec
Baričević D., Kušar A. Zdravilne rastline v Evropi in Sloveniji-izziv raziskovalcem?. *Zbornik referatov '30 let Vrta zdravilnih in aromatičnih rastlin na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije'*. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec. 2006; 13–21.
- Baričević D., Spanring J., Činč M., Umek A., Stupica T., Kus T., Šuštar F. Nacionalni program za proizvodnjo, predelavo in kontrolo kakovosti rastlinskih drog v Republiki Sloveniji-smernice. Biotehniška fakulteta v Ljubljani. 1994; 11 s.
- Baričević D., Vreš B., Seliškar A., Zupan T., Turk B., Gosar B. Zasnova sistema za identifikacijo okoljskih parametrov, pomembnih za pojavnost rastlinskih vrst v naravnih rastiščih in za ugotavljanje potencialnih lokacij za pridelovanje zdravilnih in aromatičnih rastlin. *Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu*, Biotehniška fakulteta, Ljubljana. 2008; 250–256.
- European Pharmacopoeia 5.0, *Published in according with the Convention on the Elaboration of a European Pharmacopoeia (European Treaty Series No. 50), Council in Europe*, Strasbourg (*Salviae officinalis folium*). 2005; 2389–2390.

- Ferant N. Ali je sedaj pravi trenutek za razmah pridelave zdravilnih rastlin v Sloveniji? *Hmeljarski bilten*, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. 2008, 101–104.
- Ferant N. Kakšne so možnosti za povečanje pridelovanja zdravilnih rastlin v Sloveniji? *Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu*, Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana. 2010, 191–194.
- Ferant N., Čeh B. Vpliv različnih rastišč na pridelek in kakovost nekaterih pomembnejših zdravilnih zelišč. V: MAČEK JERALA, Milena (ur.), in sod. *Prenos inovacij, znanj in izkušenj v vsakdanjo rabo : zbornik referatov*. Naklo, Biotehniški center. 2012; 1–10.
- FITO INFO. 2014. <http://www.fito-info.si/>, dostop: november 2014
- ISO 6570:1984, Spices, condiments and herbs – Determination of volatile oil content)
- Rode J. Pridelava zelišč, možnost dopolnilne pridelave na zelenjadarskih kmetijah in poti trženja. V: *Slovenski zelenjadarski kongres*, Portorož. Konkurenčnost slovenskih pridelovalcev zelenjave posebne kakovosti na skupnem evropskem trgu. Koper: Agraria Koper; Maribor: Slovensko združenje za ekološko in integrirano pridelavo zelenjave, 2010; 8.
- Rode J. Pridelovanje zdravilnih rastlin – izkušnje, možnosti, perspektive. *Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu*, Biotehniška fakulteta, Ljubljana. 1996; 101–104.
- Uredba sveta (ES) št. 834/2007 z dne 28. junija 2007 o ekološki pridelavi in označevanju ekoloških proizvodov in razveljavitvi Uredbe (EGS) št. 2092/91
- Wagner T., Mastnak-Čulk C., Bratina B. Preizkušanje pridelovanja zdravilnih rastlin v hribovitih predelih občine Žalec, *Študija*, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, *Zaključno poročilo*. 1985; 37 s.
- Wagner T. Pridelovanje zelišč. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo. 1997;192–194.

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION CALCULATIONS: COMPARISONS OF SUM OF HOURLY AND DAILY TIME STEPS

Boštjan NAGLIČ²³

UDC / UDK 556.13:551.5(045)

original scientific article / izvorni znanstveni članek

received / prispelo: 12th October 2014

accepted / sprejeto: 25th November 2014

Abstract

Comparisons among FAO-56-PM and standardized ASCE-PM (sASCE-PM) equations for reference evapotranspiration (ET_o) calculations were made with a purpose to assess differences between using a daily (24 h) time step equations (FAO-56-PM and sASCE-PM-daily) and sum of hourly ET_o (sASCE-PM) equation. Calculations were performed for grass reference crop using weather data from Celje-Medlog (Slovenia) agrometeorological station. The mean ET_o values for investigated period of 23 successive days resulted in ET_o of 3.13 mm/day for daily time step FAO-56-PM and sum of hourly sASCE-PM equations. Mean of 3.01 mm/day was observed for sASCE-PM daily time step equation. The paired *t*-test showed that mean ET_o value for entire period calculated with sASCE-PM (based on daily and hourly calculations) equation were not significantly different ($P < 0.05$) from the ET_o values observed with FAO-56-PM equation. This suggests that the daily and hourly time step form of standardized ASCE-PM method for ET_o calculations is comparable to FAO-56-PM method for given location and time period.

Key words: evapotranspiration, reference evapotranspiration, Penman-Monteith method, FAO-56-PM equation, standardized ASCE-PM equation, hourly ET_o , agrometeorology

IZRAČUNI REFERENČNE EVAPOTRANSPIRACIJE: PRIMERJAVA VSOTE URNIH PROTI DNEVNIM IZRAČUNOM

Izveček

Narejena je bila primerjava med FAO-56-PM in standardizirano ASCE-PM enačbo za izračun referenčne evapotranspiracije z namenom, da bi ocenili razlike med uporabo dnevne (24 h) časovnega koraka (FAO-56-PM in sASCE-PM-dnevno) in vsoto urnih vrednosti (sASCE-PM). Izračuni so bili opravljeni za referenčno površino trave ob uporabi vremenskih podatkov, zabeleženih na agrometeorološki postaji Celje-Medlog (Slovenija). Povprečne vrednosti ET_o za preiskovano obdobje 23 zaporednih dni so znašale 3,13 mm/dan za metodi FAO-56-PM-dnevno in sASCE-PM-vsoto urnih vrednosti. Povprečna vrednost za sASCE PM metodo za dnevni časovni korak je znašala 3,01 mm/dan. Parni *t*-test je pokazal, da se povprečna ET_o vrednost za celotno preučeno obdobje, izračunano z

²³ Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenia, e-pošta: bostjan.naglic@ihps.si

sASCE-PM (na podlagi dnevni in urnih izračunov), ni pomembno razlikovala ($p < 0,05$) od vrednosti ET_o , opaženih z uporabo FAO-56-PM metode. To kaže, da je dnevna in urna časovna oblika standardizirane ASCE-PM metode za izračune ET_o primerljiva s FAO-56-PM metodo za dano lokacijo in za dano časovno obdobje.

Ključne besede: evapotranspiracija, referenčna evapotranspiracija, Penman-Monteith metoda, FAO-56-PM enačba, standardizirana ASCE-PM enačba, urna ET_o , agrometeorologija

1 INTRODUCTION

Reference evapotranspiration (ET_o) is defined as the rate at which water, if readily available, would be removed from specified soil and plant surfaces (Jensen et al. 1990 cited in Itenfisu et al., 2003). When calculating crop irrigation water requirements the ET_c (crop evapotranspiration) has to be calculated by multiplying ET_o (reference crop evapotranspiration) with crop coefficient (K_c). About nine major ET_o methodologies (1963 Penman, FAO-24 Penman, Kimberly Penman, CIMIS Penman, ASCE Penman-Monteith, FAO-56 Penman Monteith, Hargreaves, Jensen-Haise and pan evaporation) have been traditionally used over the last fifty years for ET_o calculations. ET_o equations range in sophistication from empirical solar radiation or temperature based equations (i.e. Hargreaves equation) to complex resistance based equations. The most widely used ET_o equations are of combination type and most commonly include different versions of the original Penman Monteith (PM) equations (Dorenbos and Pruitt, 1977; Itenfisu et al., 2003). Because so many ET_o calculation methods have been introduced this caused some confusion among researchers, growers and consultants about which method to use for ET_o estimation.

In recent years advances in research and science resulted in the development of more accurate methods for assessing crop water use. Consequently it was revealed that the different ET_o calculation methods did not behave the same way in different locations around the world which presented their major weakness. This unveiled the need for derivation of a standard and more consistent method for ET_o calculations. For that reason in 1990 Food and Agricultural Organisation (FAO) organized a conference with scientists, experts and researchers. An outcome of this meeting was the new FAO-56 Penman-Monteith method (FAO-56-PM) which is now recommended as the standard method for calculation of the ET_o . This method has a good probability of correctly predicting ET_o for a wide range of climates and even in the case of missing meteorological data (Allen et al., 1998; FAO, 2002).

However, when the weather stations collect or summarize hourly weather data the users sometimes need or want to calculate ET for hourly time steps. It is important that hourly summed ET_o calculations closely agree with calculations made with

daily time-step calculations. Hourly ET_o data is important where substantial shifts in wind speed, humidity and dewpoint occur hourly. On the other hand, hourly evapotranspiration data is sometimes necessary as an input data for some numerical or analytical models that simulate water flow and root-water uptake. One such model is for instance the numerical model Hydrus (Šimůnek et al., 2006). The model has been in recent years, for instance, extensively used to simulate water distribution under surface and subsurface drip irrigation systems under cropped conditions (e.g. Aussaline, 2002; Gardenas et al., 2005; Bufon et al., 2011; Phogat et al., 2011). The FAO-56-PM equation can be also applied on an hourly basis as well, but the most accurate results can be obtained when it is used with 24-hour data (Allen et al., 1998). The equation parameters are the same in both cases.

With a reason to standardize the computation of ET_o and to facilitate the use and transfer of Kc's now in use, scientists were looking for equation that can be readily modified to be equally accurate at predicting ET_o for hourly and for daily time steps for particular region and climate. In response to this in 2005 the American Society of Civil Engineers (ASCE) and the Environmental and Water Resources Institute (EWRI) (ASCE-EWRI, 2005) recommended the use of standardized ASCE-Penman-Monteith method (sASCE-PM) as the representative equation for calculation of ET_o . This equation is derived from the full form of ASCE-PM in a very similar manner as FAO-56-PM equation was derived. Parameters in the sASCE-PM equation are different for hourly and 24 h time steps. They have also included parameters for (1) short crop (similar to 0.12 m high clipped grass) and (2) a tall crop (similar to 0.5 m high full cover alfa-alfa) which were embodied in a single equation. Itenfisu et al. (2003) analysed hourly and daily ET_o data at numerous sites across USA. He compared most commonly used ET_o equations for tall and short reference surfaces and the sASCE-PM equations. The sASCE-PM equation based on surface resistance of 50 s m^{-1} during daytime and 200 s m^{-1} during night time provided the best agreement with the full form of the ASCE-PM equation applied on a daily basis.

Accurately estimated ET_o data will in irrigated agriculture become of great importance because it represents the basis for more efficient use of water and for better irrigation scheduling. Above mentioned becomes even more important by considering that a 14 % increase in irrigation water withdrawal for countries in development is expected by 2030 without taking into account impacts of climate change (Bruinsma, 2003).

In this study the daily and sum of hourly ET_o values (SOH) calculated with standardized ASCE Penman-Monteith equation are compared to daily ET_o values calculated with FAO-56 Penman-Monteith equation which is used by Slovenian Environmental Agency (ARSO). The ET_o data is compared for one specific site located in Celje-Medlog, Slovenia. The purpose is to investigate if and how sum of

hourly ET_o values calculated with sASCE-PM equation for short reference crop (grass) applies to Slovenian climate conditions.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Study site and climate data source

The study site was located at the Celje-Medlog, Slovenia, with coordinates $46^{\circ}15'N$, $15^{\circ}15'W$ and elevation of 240 m above sea level. The site is characterised by interaction of alpine and continental climate with mild to hot summers and cold winters. The monthly average rainfall and temperatures for period 1991 – 2000 for Celje-Medlog station are presented in Table 1 (ARSO, 30.8.2013). Meteorological data needed for calculation of hourly ET_o was collected for a small test dataset of 23 successive days, from 22nd of August to 13th of September 2012.

Table 1: Average monthly temperatures ($^{\circ}C$) and rainfall (mm) for period 1971 to 2000 and for 2012 for agrometeorological station Celje-Medlog

Preglednica 1: Povprečne mesečne temperature ($^{\circ}C$) in padavine (mm) za obdobje od 1971 do 2000 in za leto 2012 za agrometeorološko postajo Celje-Medlog

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Average temp. ($^{\circ}C$)	-0,7	1.0	5.1	9.4	14.6	17.9	19.6	18.9	14.8	9.6	4.1	0.3	9.6
Average precipitation (mm)	49	52	70	77	90	134	132	123	109	117	102	76	1129
Average temp. for 2012 ($^{\circ}C$)	0.7	-3.1	7.8	10.8	15.2	20.3	21.4	20.8	16	10.6	8.1	0.2	10.7
Monthly sum of precipitation for 2012 (mm)	16.1	31.5	7.4	97.6	143.3	79.8	95.7	47.4	200.2	205.3	109.0	72.6	1105.9

Average monthly reference evapotranspiration values for 30 years period compared to average monthly values for 2012, for station Celje-Medlog, are given on Figure 1.

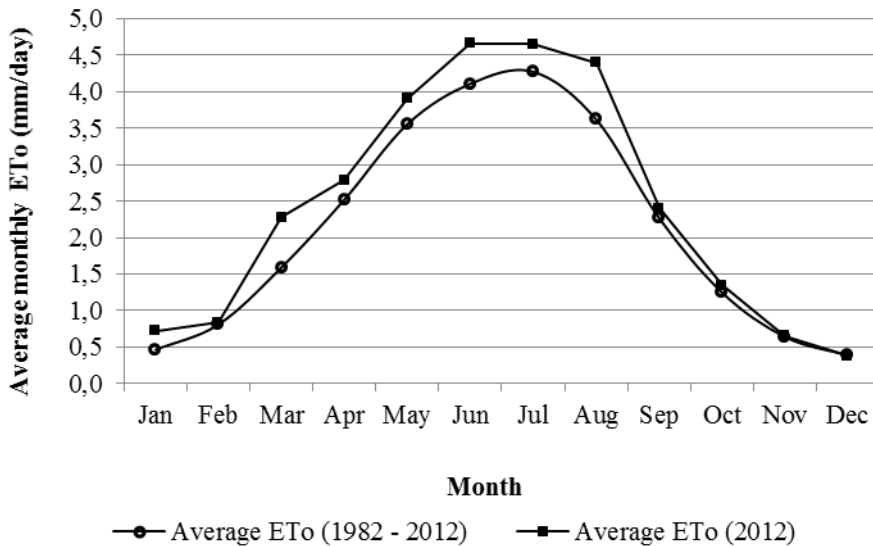


Figure 1: Average monthly reference evapotranspiration (ET_o) calculated with FAO-56-PM method for 30-years period (1982-2012) and 2012 for agrometeorological station Celje-Medlog

Slika 1: Povprečna mesečna referenčna evapotranspiracija (ET_o), izračunana z metodo FAO-56-PM za 30-letno obdobje (1982-2012) in za leto 2012 (za agrometeorološko postajo Celje-Medlog)

Daily reference evapotranspiration data for reference surface were collected and computed by ARSO using FAO-56-PM equation for daily time step. In FAO-56-PM method ET_o is defined for a hypothetical grass reference crop which is not short of water, with an assumed crop height of 0.12 m, a fixed surface resistance of 70 sec/m and an albedo of 0.23 (Dorenbos and Pruitt, 1977; FAO, 2002).

FAO-56-PM equation for daily time step is given as:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

where ET_o is reference evapotranspiration (mm day^{-1}), R_n is net radiation at the crop surface ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$), G is soil heat flux density [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$], T is mean air temperature at 2 m height ($^{\circ}\text{C}$), u_2 is mean wind speed at 2 m height (m s^{-1}), e_s is saturation vapour pressure (kPa), e_a is actual vapour pressure (kPa), $e_s - e_a$ is saturation vapour pressure deficit (kPa), Δ is slope vapour pressure curve ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$), γ is psychrometric constant ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Hourly meteorological data needed as an input for calculation of hourly ET_o using sASCE-PM equation was collected at the same site. sASCE-PM is given as:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{(\Delta + \gamma(1 + C_d u_2))}$$

where C_n is numerator constant that changes with reference surface and calculation time step ($900^\circ\text{C mm s}^3 \text{Mg}^{-1} \text{d}^{-1}$ for 24 h time steps, and $37^\circ\text{C mm s}^3 \text{Mg}^{-1} \text{h}^{-1}$ for hourly time steps for the grass-reference surface, C_d is denominator constant that changes with reference surface and calculation time step (0.34 s m^{-1} for 24 h time steps, 0.24 s m^{-1} for hourly time steps during daytime, and 0.96 s m^{-1} for hourly night time for the grass-reference surface).

The sASCE-PM with C_n and C_d for daily time steps is exactly the same as the FAO-56-PM equation. However, for hourly time steps, the sASCE-PM uses a smaller value for surface resistance of vegetation per unit leaf area (r_s (s m^{-1})) during daytime (50 s m^{-1}) and a larger value for r_s during night time (200 s m^{-1}). FAO 56-PM presumes constant r_s of 70 s m^{-1} during all periods (Allen et al., 1998). However, later, in 2005, FAO has recommended applying the FAO-56-PM for hourly or shorter periods using the same r_s coefficients as for the ASCE-PM (Allen et al., 2006).

The calculation approach to calculate hourly ET_o values, following the approach described in the ASCE-EWRI report, was developed by Snyder and Eching (2006). Required data for ET_o calculations using sASCE-PM approach included data about site characteristics (latitude and elevation) and weather data, as hourly solar radiation (R_s) ($\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$), mean air temperature (T) ($^\circ\text{C}$), mean wind speed (u_2) (m s^{-1}) and mean dew point temperature (T_d) ($^\circ\text{C}$). T_d was calculated using equation 3-11 in Allen et al. (1998). Actual vapour pressure (e_a (kPa)) was calculated from mean saturation vapour pressure (e_s (kPa)) and relative humidity (RH (%)).

3 RESULTS WITH DISCUSSION

3.1 Comparison of FAO-56-PM (daily time step) and sASCE-PM (SOH and daily time steps) ET_o calculations

Sum of hourly (for 24 h) ET_o and daily ET_o values calculated with sASCE PM equation were compared to daily ET_o values computed with FAO-56-PM method. The results are presented in Figure 2. It has to be noted that sASCE-PM equation for short crop similar to grass was used to calculate the ET_o values.

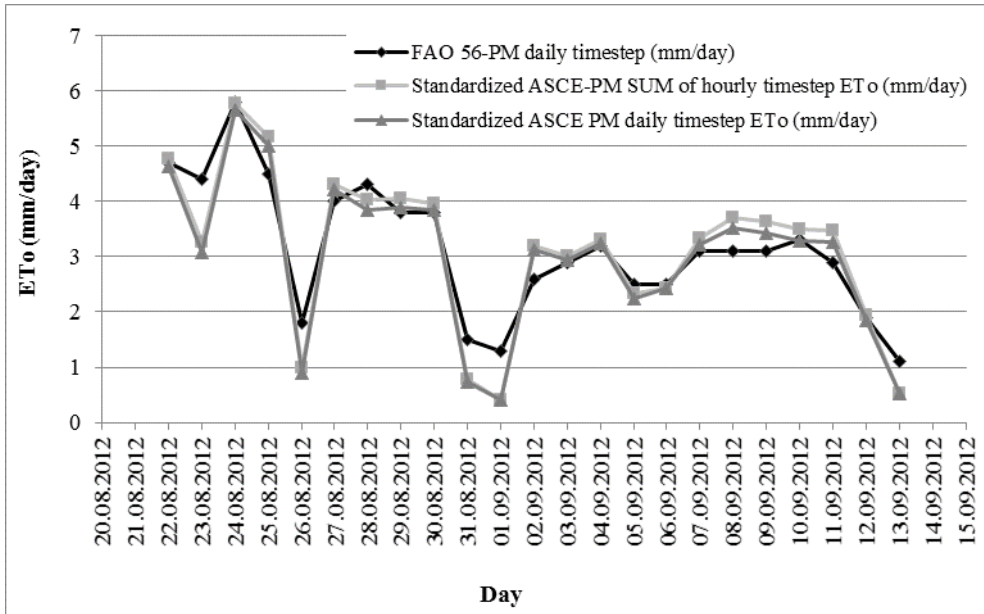


Figure 2: Comparison of reference evapotranspiration (ET_0 (mm/day)) values and sum of hourly and daily ET_0 (mm/day) values for short canopy obtained at agrometeorological station Celje-Medlog for period from 22. 8. 2012 to 13. 9. 2012
Slika 2: Primerjava dnevne referenčne evapotranspiracije (ET_0 (mm/dan)) in vsot urnih ET_0 (mm/dan) za kratko krošnjo, pridobljenih na agrometeorološki postaji Celje-Medlog za obdobje od 22. 8. 2012 do 13. 9. 2012

It can be visually observed from the Figure 2 that SOH and daily ET_0 values calculated with sASCE-PM equation fitted closely to daily ET_0 values calculated with FAO-56-PM equation. However, some discrepancy occurred for day 2 and for days, where ET_0 was generally low.

Table 2 shows calculated daily ET_0 and ET_0 differences between FAO-56-PM and sASCE-PM equations for location Celje-Medlog for period of 23 days (from 22nd of August 2012 to 13th of September 2012). Calculated ET_0 values using FAO-56-PM equation are presented as daily (24 h) time steps. ET_0 values calculated with sASCE-PM equation are presented as SOH time steps and, the same as with FAO-56-PM, as daily time steps.

Table 2: Daily and sum of hourly ET_o and ET_o differences for FAO 56-PM and sASCE-PM equations for location Celje-Medlog for period of from 22nd of August 2012 to 13th of September 2012.

Preglednica 2: Vsota urnih in dnevnih ET_o vrednosti in njihove razlike za FAO 56-PM in sASCE-PM enačbi za lokacijo Celje-Medlog za obdobje od 22. 8. do 13. 9. 2012

Date	A	B	C	Difference (A-B)	Difference (A-C)
	FAO 56-PM daily time step (mm/day)	Standardized ASCE PM daily time step (mm/day)	Standardized ASCE PM SOH time step (mm/day)		
22/08/2012	4.7	4.62	4.78	0.08	-0.08
23/08/2012	4.4	3.08	3.26	1.32	1.14
24/08/2012	5.8	5.64	5.77	0.16	0.03
25/08/2012	4.5	5.00	5.17	-0.50	-0.67
26/08/2012	1.8	0.89	0.98	0.91	0.82
27/08/2012	4	4.20	4.3	-0.20	-0.30
28/08/2012	4.3	3.83	4.03	0.47	0.27
29/08/2012	3.8	3.90	4.06	-0.10	-0.26
30/08/2012	3.8	3.84	3.97	-0.04	-0.17
31/08/2012	1.5	0.73	0.78	0.77	0.72
01/09/2012	1.3	0.41	0.41	0.89	0.89
02/09/2012	2.6	3.13	3.19	-0.53	-0.59
03/09/2012	2.9	2.93	3.01	-0.03	-0.11
04/09/2012	3.2	3.24	3.31	-0.04	-0.11
05/09/2012	2.5	2.25	2.34	0.25	0.16
06/09/2012	2.5	2.42	2.42	0.08	0.08
07/09/2012	3.1	3.22	3.33	-0.12	-0.23
08/09/2012	3.1	3.51	3.71	-0.41	-0.61
09/09/2012	3.1	3.43	3.63	-0.33	-0.53
10/09/2012	3.3	3.29	3.5	0.01	-0.20
11/09/2012	2.9	3.28	3.48	-0.38	-0.58
12/09/2012	1.9	1.84	1.95	0.06	-0.05
13/09/2012	1.1	0.52	0.52	0.58	0.58
Mean	3.13	3.01	3.13		

Comparisons made in Table 2 showed that the mean ET_o value of 3.13 mm/day for investigated period was observed for FAO-56-PM and sASCE-PM SOH equations. Average ET_o of 3.01 mm/day was observed for sASCE-PM equation for daily time step. When SOH and daily ET_o values calculated with sASCE-PM equation were compared to FAO-56-PM equation, the biggest difference was observed for 23rd of August (1.32 and 1.14 mm/day) and the smallest one for 12th of August (0.06 and -0.05 mm/day). Sum of hourly ET_o calculated with sASCE-PM equation were,

when averaged, in better agreement with values observed with FAO-56-PM equation.

The paired *t*-test was used to compare the difference between each pair of results given by the two sASCE-PM ET_o calculation methods. The null hypothesis was adopted saying that there is no significant difference in the mean ET_o calculations given by all calculation methods. With other words, we have tested if the mean of the ET_o differences differs significantly from zero. The results are presented in Table 3, showing that the ET_o values calculated with sASCE-PM (daily and hourly) equation were not significantly different from the ET_o values observed with FAO-56-PM equation. Therefore the null hypothesis was retained meaning that the applied methods of ET_o calculations do not give significantly different values for the mean ET_o value.

Table 3: Results of statistics of paired *t*-tests for the ET_o calculated with sASCE-PM (daily) versus FAO-56 PM daily and sASCE-PM (SOH) versus FAO-56-PM daily values for selected period of 23 days

Preglednica 3: Statistični rezultati in parni *t*-test za ET_o izračunano s sASCE-PM (dnevno) in FAO-56 PM dnevno metodo in vsoto urnih vrednosti, izračunanih s sASCE-PM proti FAO-56-PM dnevni metodi za preučevano obdobje 23 dni

Location	Mean difference		Standard deviation (SD) of the differences		<i>t</i> -test (paired) computed*		<i>t</i> critical
	ET _o for FAO-56-PM - sASCE-PM (daily time step)	ET _o for FAO-56-PM - sASCE-PM (SOH time step)	ET _o for FAO-56-PM - sASCE-PM (daily time step)	ET _o for FAO-56-PM - sASCE-PM (SOH time step)	ET _o for FAO-56-PM - sASCE-PM (daily time step)	ET _o for FAO-56-PM - sASCE-PM (SOH time step)	
Celje-Medlog	0.13	0.01	0.48	0.5	1.26	0.08	2.07

*Degrees of freedom (n-1), P = 0.05 (5 % significance level)

It is important to mention that, when calculating SOH ET_o , some negative values were set to zero before summed over the 24-hours (SOH). This caused some minor differences in ET_o daily calculations between sASCE-PM methods used in this research. Additional analysis showed that if negative hourly ET_o values calculated with sASCE-PM method were left as negative, the SOH ET_o values was identical to daily ET_o values calculated with sASCE-PM. As mentioned in ASCE-EVRI (2005), the negative hourly ET_o values may indicate the condensation of vapour during time of morning dew. However, the impact of SOH ET_o values over daily periods using negative hourly values was, when compared to daily ET_o values, less than 4 %.

4 CONCLUSIONS

In this paper the standardized sASCE-PM equation was evaluated against FAO-56-PM equation with a purpose to assess discrepancies between using a daily (24 h) time step equations (FAO-56-PM and sASCE-PM-daily) and sum of hourly (SOH) ET_o (sASCE-PM-SOH) equation. Daily and hourly ET_o computation time steps are in common use and it is important that hourly computations, when summed over a day (24 h) closely agree with daily time step calculations. Results revealed that SOH ET_o values, calculated with sASCE-PM equation when compared to daily ET_o values with FAO 56-PM and sASCE-PM, closely agree for most of investigated days. Comparisons showed that the mean ET_o values for entire investigated period added up to 3.13 mm/day for FAO56-PM and sASCE-PM SOH equations and 3.01 mm/day for sASCE-PM daily time step equation. Also, the paired *t*-test showed that mean ET_o value for entire period calculated with sASCE-PM (daily and hourly) equation were not significantly different ($P < 0.05$) from the ET_o values observed with FAO-56-PM equation. However, some discrepancy occurred for day 2 and for days, where ET_o was generally low. The reason for these differences stays unknown. It has to be noted, however, that further research is needed to investigate the behaviour of those equations under given climate characteristics for longer time scales (e.g. 1 year or 1 growing season).

Acknowledgements

The author would like to thank to dr. Andreja Sušnik and dr. Gregor Gregorič from Slovenian Environment Agency for provided weather data.

5 REFERENCES

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998; 300 p.
- Allen R. G., Pruitt W. O., Wright J. L., Howell T. A., Ventura F., Snyder R., Itenfisu D., Steduto P., Berengena J., Yrisarry J. B., Smith M., Pereira L. S., Raes D., Perrier A., Alves A., Walter I., Elliot R. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ET_o by the FAO56 Penman-Monteith method. *Agric. Water Manage.*, 2006; 81(1–2), 1–22.
- ARSO (Agencija Republike Slovenije za Okolje). 2013
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/> (30.8.2013)
- ASCE-EWRI. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Technical Committee Report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. ASCE-EWRI, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191-4400, 2005; 173 p.
- Assouline S. The effects of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2002; 66:1630–1636

- Bruinsma J. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective, Earthscan, London, 2003
- Bufo V. B., Lascano R. J., Bednarz C., Booker J. D., Gitz D. C. Soil water content on drip irrigated cotton: comparison of measured and simulated values obtained with the Hydrus 2-D model. *Irrig. Sci.* 2011; 30 (4): 259-273
- Doorenbos J. and Pruitt W.O. Guidelines for predicting crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 24, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1977; 179 p.
- FAO. Irrigation manual. Planning, development monitoring and evaluation of irrigated agriculture with farmer participation, Module 4: Crop water requirements and irrigation scheduling. Harare, FAO, Subregional Office for Southern and East Africa, 2002; 138 p.
- Gardenas A, Hopmans J. W., Hanson B. R., Šimůnek J. Two dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Agric. Water Manage.* 2005; 74: 219-242
- Itenfisu D., Elliot R. L., Allen R. G., Walter I. A. Comparison of reference evapotranspiration calculations as part of the ASCE standardization effort. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2003, 129_(6): 440-448
- Phogat V., Mahadevan M., Skewes M., Cox J. W. Modelling soil water and salt dynamics under pulsed and continuous surface drip irrigation of almond and implications of system design. *Irrig. Sci.* 2011; 30 (4): 315-333
- Snyder R. L., Eching S. PMhr Penman-Monteith Hourly ETref for short and tall canopies. University of California, Davis, 2006.
<http://biomet.ucdavis.edu> (January, 2013)
- Šimůnek J, van Genuchten M. Th, Šejna M. 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, 2006

TRŽNA ANALIZA VEDENJA KUPCEV MESA NA OBMOČJU SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

Martin PAVLOVIČ²⁴, Vilma ŠUŠTAR²⁵, Melanija ŠINKOVEC²⁶

UDK / UDC 339.13:637.51(497.4)(045)

izvirni znanstveni članek / original scientific article

prispelo / received: 12. oktober 2014

sprejeto / accepted: 20. november 2014

Izvleček

Raziskava o vedenju potrošnikov in odločilnih dejavnikih, ki vplivajo na nakup mesa (perutnine, svinjine in govedine) temelji na analiziranih odgovorih vprašanj odprtega in zaprtega tipa anketiranja 200 naključnih oseb na območju Severovzhodne Slovenije. Anketni vprašalnik je vseboval 19 vprašanj s socio-demografskimi spremenljivkami in vprašanj, ki so se nanašala na nakupne navade in dejavnike, ki vplivajo na nakup mesa. Ugotovili smo, da ima največ anketirancev najraje perutnino (54 %). To kupuje kar 77 % anketirancev vsaj enkrat na teden. Odločilni dejavniki, ki imajo največji vpliv pri samem nakupu mesa so: izgled mesa, visoka kakovost svežega mesa, izvor mesa in cena mesa.

Ključne besede: potrošniki, vedenje, meso, sveže meso, SV Slovenija, ankete, tržne analize

MARKET ANALYSIS OF MEAT BUYERS' BEHAVIOUR IN NORTH EAST OF SLOVENIA

Abstract

The research of consumer behaviour was conducted to investigate key factors influencing fresh meat purchasing such as poultry, pork and beef. The research was carried out in the North East region of Slovenia with a random sample of 200 respondents using a questionnaire with close-ended as well as open-ended questions. The questionnaire consisted of 19 questions with those on socio-demographic characteristics of the respondents, as well as with questions related to their meat buying habits and related influencing factors. The results show that the majority of the respondents prefer poultry (54 %), which is bought by 77 % of respondents at least once a week. The key factors influencing fresh meat purchasing are the appearance of meat, its quality and origin as well as its price.

Key words: consumers, behavior, meat, fresh meat, NE Slovenia, surveys, market analysis

²⁴ Izr. prof. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: martin.pavlovic@ihps.si

²⁵ Asist., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: vilma.sustar@um.si

²⁶ Dipl. inž. agr., TBP, Gradiška c. 3, SI-2230 Lenart, e-pošta: melanija.sinkovec@tbp.si

1 UVOD

Raziskovanje vedenja potrošnikov je osnovni element raziskovanja marketinga in marketinške usmerjenosti. Osnovna naloga raziskovanja vedenja potrošnikov je razlaganje in napovedovanje vedenja potrošnikov. Poznavanje vedenja potrošnikov je ključnega pomena pri načrtovanju trženjskih dejavnosti in je podlaga za uspešno trženje posameznega izdelka (Milenović, 1986; Ule in Kline, 1996). Z vedenjem potrošnikov oz. porabnikov ugotavljamo, kako se porabniki obnašajo do kupljenih in uporabljenih izdelkov. Vključuje raziskovanje tega, kaj, zakaj, kdaj, kje in kako pogosto potrošniki kupujejo posamezne izdelke (Kotler, 1996). Obenem se ukvarja z vprašanjem, kako in zakaj porabniki sprejemajo odločitve za nakup, kako uporabljajo izdelke in kako te izdelke po samem nakupu vrednotijo (Schiffman in Kanuk, 1997). Pri potrošniku razumemo nakup kot proces odločanja ali reševanja problemov. Dejavnike, ki vplivajo na vedenje porabnikov v nakupnem procesu odločanja, lahko razvrstimo na dejavnike posameznika in dejavnike njegovega okolja (Možina in sod., 2012).

Cilj pričujoče raziskave nakupnih navad je bil usmerjen v analizo dejavnikov odločanja, ki vplivajo za nakup mesa naključnih kupcev z območja SV Slovenije (Slovenske gorice) - v nadaljevanju potrošniki in porabniki mesa.

2 MATERIALI IN METODE DE LA

Na območju širše občine Lenart smo v letih 2012 in 2013 anketirali 200 naključnih kupcev, ki nakupujejo sveže meso v trgovinah. Anketni vprašalnik z 19 vprašanji je bil namenjen tako ugotavljanju nakupnih navad potrošnikov (pogostost nakupa in uživanja mesa, vrsta kupljenega mesa, kraj nakupa, izvor in preferenčni izbor tipa mesa, zaskrbljenost nad nevarnostmi, ki vplivajo na kakovost mesa, znesek za mesečni nakup mesa, pomen mesa v dnevnem obroku, ipd), kot tudi analizi socio-demografskim značilnostim anketirancev (spol, starost, izobrazba, število članov v gospodinjstvih in povprečni neto mesečni dohodek).

Pridobljene podatke, vnesene v Excelovo preglednico, smo s programskim orodjem SPSS (*Statistical Program for Social Sciences*) statistično obdelali, jih interpretirali in jih nato informativno predstavili. Pri analizi podatkov smo frekvenčne porazdelitve opazovanih spremenljivk prikazali s kontingenčnimi tabelami. Neodvisnost med posameznima spremenljivkama smo testirali s Pearsonovim hi-kvadrat preizkusom, ki izhaja iz razlik med opazovanimi in pričakovanimi (teoretičnimi) frekvencami v celicah kontingenčne tabele.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Socio-demografske značilnosti anketirancev

Vzorec 200 anketiranih je vseboval 55 % oseb ženskega in 45 % oseb moškega spola. Največ anketirancev se je uvrstilo v razred od 35-44 let (37 %), v razred od 25-34 let se je uvrstilo 27 %, v razred od 45-54 let se je uvrstilo 23,5 %. Najmanjši delež anketirancev je bil v starostnih razredih 18-24 let (7 %), 55-64 let (5,5 %).

Med anketiranimi je bilo 70 % z zaključeno poklicno srednjo šolo, osnovno šolsko izobrazbo ima 13,50 %, 16,5 % anketirancev pa ima višjo, visoko ali univerzitetno izobrazbo.

Največ anketirancev živi v 4-članski družini (34,5 %) in 3-članski družini (28 %). Iz vzorca je razvidno, da živi 14,5 % anketirancev v 5-članski družini. V 6-članski družini jih živi 6 %. Najmanj anketirancev živi v enočlanskem gospodinjstvu (2 %), 7-članski družini (1,5 %), 8-članski družini (1 %) in 9-članski družini (0,5 %).

Po kupni moči se uvršča 64,5 % anketirancev v razred (801 – 1000 EUR), ki vključuje povprečni neto mesečni dohodek. Ta je bil v 2012 991,44 EUR (SURS, 2013). Tretjina anketirancev (34 %) je odgovorila, da imajo podpovprečen neto mesečni dohodek (< 800 EUR). Nadpovprečen neto mesečni dohodek (> 1001 EUR) ima 1,5 % anketiranih.

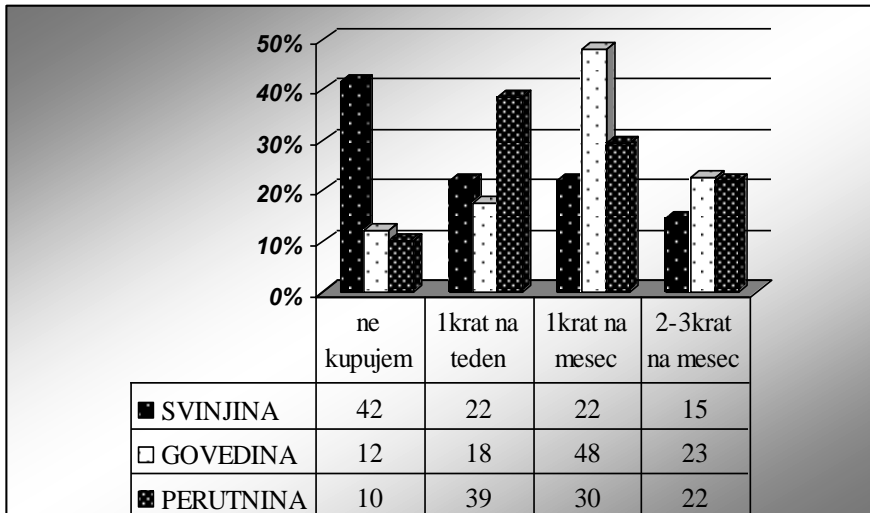
3.2 Rezultati analize posameznih odgovorov

Med obravnavanimi vrstami mesa imajo anketirani kupci najraje perutnino (54,5 %), nato svinjino (38,0 %), na tretjem mestu pa je govedina (7,5 %). Največ anketirancev (39,5 %) ima na svojem jedilniku meso vsak drugi dan. Najpogostejši mesečni izdatek, ki ga namenijo anketiranci za nakup mesa znaša do 100 evrov. Anketirani najpogosteje nakupujejo meso v trgovini (65,5 %). Ker ima večina anketirancev znance ali sorodnike, ki redijo doma prašiče ali govedo, jih precej kupuje meso tudi neposredno od kmetov (28,5 %). Največ anketiranih (64,5 %) najpogosteje kupuje za prehrano sveže meso, v pakirani obliki najraje poseže po mesu 29,5 % vprašanih, 6,0 % pa jih najraje kupuje zamrznjeno meso.

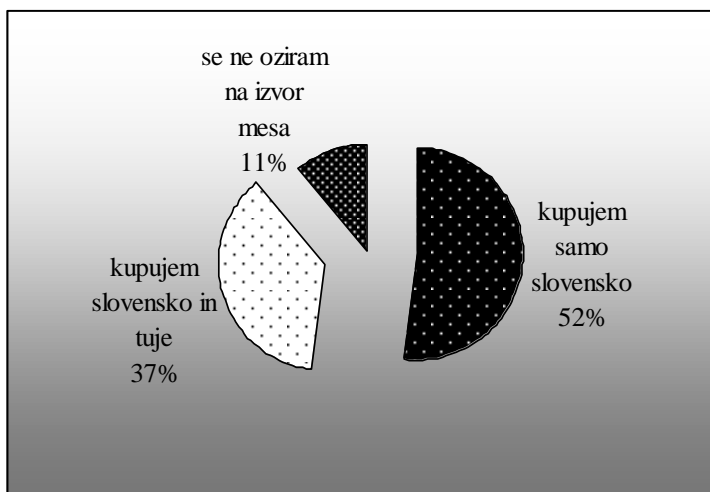
Izvor kupljenega mesa je za anketirane v raziskavi pomemben. Največji delež (52,0 %) kupuje samo meso slovenskega porekla, 37,0 % anketiranih kupuje meso domačega in tujega izvora, za 11,0% kupcev pa poreklo ni pomembno. V analiziranem vzorcu 200 kupcev izraža 71 % anketiranih skrb za nevarnosti, ki vplivajo na kakovost mesa. Z izjavo, da je meso glavni del obroka, se ni strinjala dobra polovica (55 %) vprašanih. Preostali (45 %) pa z izjavo soglašajo.

Ugotavljamo, da ženske uživajo meso vsak drugi dan, najraje imajo perutnino in mesečno večinoma namenijo do 100 evrov za nakup mesa. Moški kupci imajo

meso na jedilniku vsaj enkrat dnevno, najraje uživajo svinjino, za nakupe mesa pa mesečno porabijo od 100-200 evrov.



Slika 1: Pogostost nakupa vrste mesa vzorca potrošnikov SV Slovenije v letu 2013
Figure 1: Frequency of meat type purchasing among consumers in NE of Slovenia



Slika 2: Pomembnost izvora kupljenega mesa pri vzorcu potrošnikov SV Slovenije
Figure 2: Importance of the bought meat origin among consumers in NE of Slovenia

3.3 Vpliv socio-demografskih dejavnikov na nakup in uživanje mesa

V nadaljevanju so tabelarično predstavljeni le rezultati statistično značilnih povezav med neodvisnima parametroma spol in izobrazba ter proučevanimi dejavniki nakupa. Glede na rezultate statistične analize navajamo podrobneje naslednje povezave: (i) vpliv spola na pogostost uživanja mesa, (ii) vpliv spola na najljubšo vrsto mesa, (iii) vpliv spola na mesečni znesek, namenjen nakupu mesa, (iv) vpliv spola na zavedanje o nevarnostih, ki vplivajo na kakovost mesa, (v) vpliv izobrazbe na mesečni znesek namenjen za nakup mesa in (vi) vpliv izobrazbe na zavedanje o nevarnostih, ki vplivajo na kakovost mesa.

Starost v analiziranem vzorcu torej ne vpliva statistično značilno na preučevane nakupovalne navade. V preglednici 1 predstavljamo zgoščeno rezultate statistične analize proučevanih parametrov.

Preglednica 1: Vrednosti stopnje statistične značilnosti proučevanih parametrov, ki vplivajo na nakupne navade

Table 1: Statistical significance of parameters influencing the buying habits

	SPOL	STAROST	IZOBRAZBA
Pogostost uživanja mesa	0,001*	0,627	0,347
Najljubša vrsta mesa	0,004*	0,262	0,699
Količina denarja za mesečne nakupe mesa	0,044*	0,892	0,004*
Kraj nakupa	0,700	0,938	0,251
Vrsta mesa	0,210	0,446	0,300
Izvor mesa	0,023*	0,160	0,267
Skrb za nevarnosti, ki vplivajo na kvaliteto mesa	0,076*	0,420	0,061*
Strinjanje s trditvijo, da je meso glavni del obroka	0,259	0,568	0,212

* Statistično značilen vpliv (Pearsonov hi-kvadrat preizkus)

3.3.1 Vpliv spola anketiranih na nakupovalne navade

Preglednica 2 prikazuje, da so pri ugotavljanju razlik med spoloma na pogostost uživanja mesa, statistično značilne razlike ($\chi^2=0,001$). Največkrat uživajo meso vsak drugi dan (39,5 %). Od vseh anketiranih le 1 anketiranec (0,5 %) ne uživa mesa. Ženske uživajo meso vsak drugi dan (45,0 %). Največja razlika med spoloma se pojavi pri uživanju mesa enkrat dnevno, za kar se odloči 51,7 % moških in le 23,4 % žensk.

Preglednica 2: Spol anketiranih in pogostost uživanja mesa**Table 2:** Gender of respondents and frequency of meat consumption

Spol	vsaj enkrat na dan	vsak drugi dan	dvakrat na teden	enkrat na mesec	ne jem mesa
Ženske	26 (23,4 %)	50 (45,0 %)	32 (28,8 %)	2 (1,8 %)	1 (0,9 %)
Moški	46 (51,7 %)	29 (32,6 %)	13 (14,6 %)	1 (1,1 %)	0 (0,0 %)
Skupaj	72 (36,0 %)	79 (39,5 %)	45 (22,5 %)	3 (1,5 %)	1 (0,5 %)

Pri izbiri najljubše vrste mesa so med spoloma statistično značilne razlike (preglednica 3). Stopnja statistične značilnosti (χ^2) znaša 0,004. Razlika se med spoloma pojavi pri svinjini, za katero se je odločilo 49,4 % moških in le 28,8 % žensk. Moški imajo najraje svinjino (49,9 %), ženske imajo najraje perutnino (64,9 %).

Preglednica 3: Spol anketiranih in najljubša vrsta mesa**Table 3:** Gender of respondents and the favourite type of meat

Spol	svinjina	govedina	perutnina
Ženske	32 (28,8 %)	7 (6,3 %)	72 (64,9 %)
Moški	44 (49,4 %)	8 (9,0 %)	37 (41,6 %)
Skupaj	76 (38,0 %)	15 (7,5 %)	109 (54,5 %)

Preglednica 4 prikazuje, da največ anketiranih (81,5 %) mesečno nameni do 100 EUR za nakup mesa. Spol vpliva statistično značilno na mesečni znesek namenjen nakupu mesa (sig=0,044).

Preglednica 4: Spol anketiranih in mesečni znesek namenjen nakupu mesa**Table 4:** Gender of respondents and monthly amount for purchasing meat

Spol	do 100 EUR	100-200 EUR	nad 200 EUR
Ženske	96 (86,5 %)	12 (10,8 %)	3 (2,7 %)
Moški	67 (75,3 %)	21 (23,6 %)	1 (1,1 %)
Skupaj	163 (81,5 %)	33 (16,5 %)	4 (2,0 %)

Spol mejno statistično vpliva na zavedanje o nevarnostih, ki vplivajo na kakovost mesa (sig. = 0,076) (preglednica 5).

Preglednica 5: Spol anketiranih in skrb za nevarnosti, ki vplivajo na kakovost mesa

Table 5: Gender of respondents and concern for threats that affect the meat quality

Spol	da	ne
Ženske	85 (76,6 %)	26 (23,4 %)
Moški	58 (65,2 %)	31 (34 %)
Skupaj	143 (71,5 %)	57 (28,5 %)

3.3.2 Vpliv izobrazbe anketiranih na nakupovalne navade

Izobrazba vpliva statistično značilno na mesečni znesek namenjen nakupu mesa (sig. = 0,004). Raziskava kaže, da do 100 EUR nameni mesečno največ anketiranih z osnovnošolsko izobrazbo (88,9 %) in najmanj anketiranih z opravljeno višjo oz. visoko šolo (63,6 %). Več, od 100 do 200 EUR, pa v največjem deležu namenijo za nakup mesa anketirani z najvišjo izobrazbo.

Preglednica 6: Izobrazba anketiranih in mesečni znesek namenjen nakupu mesa

Table 6: Education of respondents and monthly amount for purchasing meat

Izobrazba	do 100 EUR	100-200 EUR	nad 200 EUR
OŠ ali manj	24 (88,9 %)	1 (3,7 %)	2 (7,4 %)
Poklicna, SŠ	118 (84,3 %)	21 (15,0 %)	1 (0,7 %)
Višja, visoka šola, univerza	21 (63,6 %)	11 (33,5 %)	1 (3,0 %)
Skupaj	163 (81,5 %)	33 (16,5 %)	4 (2,0 %)

Izobrazba statistično mejno oz. delno vpliva na zavedanje o nevarnostih, ki vplivajo na kakovost mesa (sig. = 0,061).

Preglednica 7: Izobrazba in skrb za nevarnosti, ki vplivajo na kvaliteto mesa

Table 7: Education of respondents and concern for threats that affect the meat quality

Izobrazba	da	ne
OŠ ali manj	20 (74,1 %)	7 (25,9 %)
Poklicna, SŠ	105 (75,0 %)	35 (25,0 %)
Višja, visoka šola, univerza	18 (54,5 %)	15 (45,5 %)
Skupaj	143 (71,5 %)	57 (28,5 %)

Iz raziskave razberemo tudi nekatere statistično značilne razlike med neodvisnima spremenljivkama spol in izobrazba ter obravnavanimi parametri nakupovalnih navad.

Spol kupcev vpliva na pogostost uživanja mesa, na izbor najljubše vrste mesa, količino denarja za nakupe mesa, pozornost na izvor mesa in skrb za kakovost mesa.

Izobrazba vpliva le na količino denarja namenjenega nakupu mesa in na skrb za kakovost mesa.

Starost v analiziranem vzorcu ne vpliva statistično značilno na preučevane nakupovalne navade.

4 LITERATURA

Kotler P. Marketing management. Trženjsko upravljanje. Analiza, načrtovanje, izvajanje in nadzor. Ljubljana, Slovenska knjiga. 1996; 432-462.

Milenović B. Istraživanje ponašanja potrošača. Institut za unapređenje robnog prometa. Beograd. 1986.

Možina S., Tavčar M., Zupančič V. Vedenje potrošnikov in tržnikov. Založba Pivec. Maribor. 2012; 55-59, 123-280.

Schiffman L. G., Kanuk L. L. Consumer behavior. Upper Saddle River, Prantice Hall. 1997.

SPSS 15.0 for Windows. Statistični licenčni program Univerze v Mariboru.

SURS. Statistični urad RS. 2013; elektronski vir (marec, 2013).

Šinkovec, M. Analiza kupcev svežega mesa na širšem območju občine Lenart. Dipl. delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede. 2013.

Ule M., Kline M. Psihologija tržnega komuniciranja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede. 1996; 216-251.