

PREGLED OBJAV S PODROČJA NAMAKANJA HMELJA (*Humulus lupulus* L.) NA POREČJU SAVINJE

Boštjan NAGLIČ¹⁰, Rozalija CVEJČIĆ¹¹ in Marina PINTAR¹²

Pregledni znanstveni članek / review scientific article

Prispelo / received: 28. 10. 2016

Sprejeto / accepted: 5. 12. 2016

Izvleček

Pomemben element v pridelavi hmelja v porečju Savinje je namakanje. Kmet bi občasno, zaradi sušnih obdobj, brez njega trpel manjši pridelek ter slabšo kakovost hmelja zaradi manjše vsebnosti alfa-kislin ter neenakomernega dozorevanja. Zbrali in analizirali smo domače pisne vire, ki so se v obdobju 1968–2015 ukvarjali s tematiko namakanja hmelja na porečju Savinje. Osrednji namen je bil raziskati, kako so se razvijali ukrepi, ki v pridelavi hmelja na ravni porečja prispevajo k varčevanju z vodo. Ukrepi za izboljšanje varčevanja so v ranljivih porečjih, kot je Savinja, še posebej pomemben element prilagajanja na podnebne spremembe. Osnova je razumevanje potreb rastlin po vodi, vodno zadrževalnih lastnostih tal ter uporabe vse bolj vodo-varčnih tehnik namakanja. Med bolj napredne ukrepe varčevanja z vodo se umešča razvoj in nadgradnja podpore odločanju o namakanju, medtem ko se analizi vpliva časovne optimizacije namakanja k manjši porabi vode v preteklosti ni namenjalo veliko pozornosti. Zato še ne vemo, koliko vode v pridelavi hmelja zmoremo in moramo privarčevati na ravni porečja skupaj, da bi se prilagodili na napovedane podnebne spremembe.

Ključne besede: namakanje, hmelj, *Humulus lupulus*, porečje Savinje

IRRIGATION OF HOP (*Humulus lupulus* L.) IN SAVINJA CATCHMENT: A REVIEW

Abstract

Irrigation is an important element in the field of hop production in Savinja catchment. Without it farmer would suffer drought which would result in lower yields, uneven ripening, uneven size of cones and a small amount of lupulin. In this review article, we have reviewed literature which has investigated the field of hop irrigation in Savinja catchment in the last 47 years (1968-2015). The main aim was to explore development of catchment measures that contribute to decreasing water use in hop production. This is especially important topic to address in climate change sensitive catchments such as Savinja. The contribution is based on understanding of plant water requirements, soil water

¹⁰ Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: bostjan.naglic@ihps.si

¹¹ Dr., univ. dipl. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si

¹² Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

retention characteristics and increased use of more efficient irrigation techniques. We consider improving irrigation decisions support system is one of the most advanced approaches used for reducing water use in hop production. Nonetheless the reviewed literature on national level has not yet been focused on the possibility of optimising individual water use practices. The amount of water that we need to save in hop production on a catchment level to successfully adapt to climate change still remains unexplored.

Key words: irrigation, hop, *Humulus lupulus*, Savinja catchment

1 UVOD

Pridelava hmelja je ena izmed najbolj delavno intenzivnih ter kapitalsko zahtevnih v kmetijski panogi. Po podatkih IHGC (International Hop Growers' Convention) (30. 11. 2016) se je v letu 2016, gledano globalno, pridelovalo hmelj na okoli 54.510 ha. Od tega se v Evropski uniji (EU) prideluje na okoli 28.000 ha (Nemčija in Češka Republika predstavljata okoli 83 % EU površin). V Sloveniji se je v letu 2016 po ocenah IHGC pridelalo okoli 2.500 ton hmelja. Prideloval se je na 1.484 ha, kar je na ravni EU 5,3 % površin, na katerih se prideluje hmelj, oz. 2,7 % na svetovni ravni. Pomemben element v pridelavi hmelja v Sloveniji je namakanje. Z namakanjem preprečimo sušni stres pri rastlinah in zagotavljamo vsakoletne stabilne in kakovostne pridelke. Po drugi strani je namakanje ukrep, ki omogoča rastlinsko pridelavo, ki ob upoštevanju naravnih zakonitosti vsebuje tudi naravovarstveno komponento v takšni meri, da zagotavlja trajnostni razvoj.

Slovenija ima relativno veliko količino letnih padavin, ki pa so preko leta neenakomerno razporejene. V zadnjih 15 letih smo se srečali kar z nekaj sušnimi leti: 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2009, 2012, 2013, ki so povzročile velike posledice v kmetijstvu (Sušnik in Valher, 2014). Hkrati se s spremenjenimi padavinskimi cikli obilnejše padavine predstavljajo iz poletnega na jesensko – zimsko obdobje. Tako se vsako leto v poletnih mesecih srečamo z večjim ali manjšim pomanjkanjem vode v tleh. Statistika kaže, da se povečuje tudi povprečna temperatura, predvsem v poletnih mesecih. V času podnebnih sprememb je namakanje še toliko bolj aktualna tema. Podnebne spremembe bodo zaradi kombinacij zmanjšanja količine padavin in povečanja evapotranspiracije (ET; potreb rastlin po vodi in izhlapevanja vode iz tal), ki jo povzročajo višje temperature, povečale potrebe po namakanju v večini regij po vsem svetu. Za države v razvoju je v študiji FAO napovedano 14 % povečanje potreb po vodi za namakanje do leta 2030, brez upoštevanja vplivov podnebnih sprememb. Ker postaja voda vse dragocenejša dobrina, bodo prakse, ki povečujejo učinkovitost namakanja, lahko pripeljale do pomembnih prilagoditvenih možnosti za vse svetovne produkcijske sisteme. Obstaja še veliko rezerv za izboljšave učinkovitosti namakanja (modifikacija tehnik namakanja, vključno s količino, usklajevanjem ali tehnologijo), ki so kritične za zagotavljanje vode za pridelavo hrane in za tekmovanje med človeškimi in naravnimi potrebami (Bates in sod., 2008).

Prihodnji razvoj namakanja v hmeljarstvu usmerjajo mnogi državni strateški in izvedbeni dokumenti. Med njimi so najpomembnejši: Program razvoja podeželja RS 2014-2020 (2016), osnutek Načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020 (2016), osnutek Programa ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020 (2016), Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016-2021 (2016), Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016-2021 in Program ukrepov upravljanja voda (2016) in osnutek Dolgoročnega nacionalnega strateškega okvirja za prilagajanje podnebnim spremembam z usmeritvami za ukrepe v srednjeročnem obdobju (2016). Bodo načela, strategije in ukrepi, zapisani v navedenih strateških in izvedbenih dokumentih, zadostovali za doseg kakovostnih in količinsko trajnostnih rezultatov pridelave hmelja v Sloveniji v prihodnje? Da bi odgovorili na to vprašanje, smo kronološko in vsebinsko analizirali razvoj namakanja hmelja v Sloveniji v obdobju 1968–2015. Iz vsebinskih potreb smo nato ovrednotili celovitost ukrepov navedenih strateških in izvedbenih dokumentov.

2 MATERIAL IN METODE

Zbrali smo domače strokovne prispevke, znanstvene prispevke in raziskovalne projekte s področja namakanja hmelja, objavljene v 47-letnem obdobju 1968-2015. Vsi prispevki in raziskave se nanašajo na območje Savinjske doline, kjer so nasadi hmelja. Prispevke smo analizirali vsebinsko. Glede na tematiko obravnave področja namakanja hmelja smo prispevke umestili v pet tematskih sklopov in jih analizirali kronološko: (1) potrebe hmelja po vodi, (2) vpliv namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja, (3) različne tehnologije namakanja, (4) vpliv namakanja na spiranje hranil (nitrata) v podzemno vodo in (5) podpora odločanju o namakanju.

3 OBJAVE S PODROČJA NAMAKANJA HMELJA V SLOVENIJI

3.1 Potrebe hmelja po vodi

Podatki o tem, koliko vode potrebuje rastlina hmelja, so glede na avtorje zelo različni, zato je nujno, da za vsako hmeljarsko območje ugotovimo najprimernejši vodni režim (Majer, 2000). Različni avtorji navajajo, da potrebuje rastlina hmelja od 300 do 500 l vode za kilogram pridelane suhe snovi. Vsota letnih padavin naj ne bi bila manjša od 450 mm oziroma v rastni sezoni naj bi bilo vsaj od 300 do 600 mm (Skalin, 1968; cit. po Majer, 2000; Hacin in sod., 1984). Čergan in sod. (2008) omenjajo, da hmelj v rastni dobi potrebuje za uspešno rast od 500 do 700 mm vode. V raziskavi, ki jo je opravil Vodnogospodarski inštitut (1998), navajajo podatke o normah namakanja hmelja z rolomati, ki izhajajo iz prakse; v letih pred 1998 je v Savinjski dolini poraba zanašala od 900 pa do 1200 m³/ha/leto (od 90 do

120 mm), odvisno od tipa tal. Za izrazito sušni leti 1992 in 1993 podajajo podatek o maksimalni porabi vode med 1500 do 1750 m³/ha/leto. Za kapljično tehnologijo namakanja za leti 1997 in 1998 za srednje težka tla je poraba vode znašala 250 m³/ha in 700 m³/ha (25 in 70 mm).

IHPS je v letu 1974 postavil evapotranspiracijsko postajo v Orli vasi (lizimeter). Istega leta so se že pričele tudi meritve evapotranspiracije rastlin hmelja in vzporedno z njimi raziskave o možnosti za napoved potreb po namakanju v nasadih hmelja (Majer, 2002). Wagner in Veronek (1977) sta v letu 1976 preučevala evapotranspiracijo hmelja sorte Aurora ter zasledovala dinamiko vode v tleh na dveh talnih tipih v lizimetrih v Orli vasi. Zaključila sta, da je bila zaloga vode v tleh večja v srednje težkih in srednje globokih tleh kot v lahkih in plitvih tleh. Evapotranspiracija hmelja na lahkih tleh je odražala dva maksimuma, in sicer v maju in juliju, kar je posledica večje evaporacije zaradi golih tal in majhne listne površine hmelja v maju in polne olistanosti (večje transpiracije) ter zasenčenosti tal v juliju. Maksimum evapotranspiracije v juliju sovpada z nastopom cvetenja hmelja in začetkom formiranja storžkov. Listna površina hmelja je bila manjša pri rastlinah na lahkih tleh, kjer je bil tudi manjši pridelek kot pri rastlinah na srednje težkih tleh. Wagner in Veronek (1978) sta preučevala evapotranspiracijo hmelja sorte Aurora v letu 1977. Ugotovila sta, da namakanje vpliva na količino evapotranspiracije ter da se ta večja skladno z večanjem listne površine in rastlinske mase. Največjo evapotranspiracijo sta ugotovila v razvojnih fazah od razraščanja in cvetenja do formiranja storžkov hmelja, to je v mesecih junij, julij in delno avgust.

V slovenskih klimatskih razmerah izstopa kot najpomembnejši dejavnik za pridelek zgodnjih sort hmelja in vsebnosti alfa-kislin v storžkih zgodnjih in poznih sort hmelja povprečna količina padavin v obdobju od druge dekade junija do tretje dekade julija. Rezultati namakalnega poskusa v letih 1985 in 1986 so pokazali, da zaloga vode v tleh, ki jo ustvarijo obilnejše padavine v mesecu juliju, omogoča normalni razvoj storžkov in že zasnovanih lupulinskih žlez od faze cvetenja do obiranja hmelja (druga dekada avgusta) (Hacin, 1989).

Majer (2000) je povzela več raziskav, ki obravnavajo globino aktivnih korenin hmelja, kjer naj bi se nahajala glavnina z namakanjem dodane vode. Navedla je, da, po podatkih nekaterih naših raziskovalcev, hmelj črpa 90 % vode na globini do 40 cm. Tudi tuji raziskovalci ugotavljajo, da je aktivni sloj korenin hmelja na globini od 20 do 60 cm.

Bioklimatski koeficienti (faktor rastlin) se z rastjo hmelja povečujejo in, kot je povzeto po Majer (2000), znašajo v začetku rasti 1,2 (pri potencialni evapotraspiraciji 0,97 mm/dan) in v fazi rasti storžkov 2,1 (pri potencialni evapotranspiraciji 4,7 mm/dan). V Sloveniji so, po Knapiču (2002), faktorji rastlin nižji – v mesecu aprilu znaša faktor rastlin 0,3 (pri potencialni evapotraspiraciji

2,22 mm/dan) in v mesecu juliju 1,15 (pri potencialni evapotraspiraciji 4 mm/dan). Po drugi strani Allen in sod. (1998) navajajo faktorje rastlin za hmelj, ki znašajo od 0,3 do 1,05. Matičič (1977) navaja faktorje rastlin za hmelj v Sloveniji od 0,33 do 1,00 na lahkih tleh in od 0,43 do 1,07 na težjih tleh.

V povezavi z odzivom hmelja na sušo so Kolenc in sod. (2014) objavili pregledni znanstveni članek, kjer predstavljajo teoretične osnove uravnavanja vodne bilance rastlin in izpostavljajo mehanizme regulacije vodne bilance pri hmelju. Zaključijo, da rezultati različnih raziskav kažejo precejšnja razhajanja v odzivnosti vodnega potenciala hmelja na napredujočo sušo, prav tako so različni tudi zaključki glede narave njegove vodne bilance.

3.2 Vpliv namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja

Rezultati namakalnega poskusa na petih sortah hmelja, ki so jo opravili Hacin in sod. (1984), je pokazala, da je namakanje povečalo pridelek hmelja sorte Savinjski golding za 7 % ter sorte Aurore za 5 %. Višja vsebnost alfa-kislin je bila ugotovljena pri Savinjskem goldingu, Blisku in Buketu. Podobno so ugotovili tudi Hacin in sod. (1985), ko so poročali značilnem povečanju pridelka zaradi namakanja pri hmelju sort Savinjski golding, Aurora in Apolon. Po drugi strani je namakanje vplivalo na povečanje vsebnosti alfa-kislin le pri sorti Savinjski golding.

Majer (1995) je preučevala vpliv namakanja na količino pridelka hmelja in vsebnost alfa-kislin pri sortah Savinjski golding, Aurora, Buket, Blisk in Atlas. Ugotovila je, da sta pridelek ter vsebnost alfa-kislin z namakanjem večja pri vseh sortah, še posebej je bilo to očitno pri sorti Savinjski golding.

Knapič in Pintar (1998) sta poročala o vrednotenju možnih pozitivnih učinkov podzemnega kapljičnega namakanja hmelja in fertigacije pri pridelavi hmelja. Poskus se je izvajal v letu 1997 na sorti hmelja Aurora. Preliminarni rezultati so pokazali, da ima lahko postavitev podzemnega kapljičnega namakalnega sistema v že vzpostavljen nasad hmelja negativen vpliv na pridelek hmelja v prvem letu, saj se ob polaganju podzemnih kapljičnih cevi poškoduje korenski sistem hmelja. Rezultati so pokazali, da imajo vse variante kapljičnega namakanja, v primerjavi z namakanjem z razpršilci oz. rolomati, pozitiven vpliv na vsebnost alfa-kislin v storžkih hmelja. Vsebnost nitratov v storžkih je bila značilno nižja v varianti namakanja s fertigacijo kot pri klasičnem gnojenju.

Majer (1999) je v letih 1995 in 1996 ugotavljala vpliv sušnega stresa na rastline hmelja sorte Savinjski golding. V poljskem poskusu so bila preizkušena obravnavanja suho (pokrito), nenamakano in namakano. Ugotovljeno je bilo, da je sušni stres statistično značilno zmanjšal količino pridelka, vplival je tudi na sestavo

eteričnega olja. Nasprotno sušni stres ni imel statistično značilnega vpliva na količino alfa-kislin in eteričnega olja v storžkih.

Pomanjkanje vode v tleh se po Majer (2000) odraža v manjšem pridelku, neenakomerni velikosti storžkov ter njihovem neenakomernem dozorevanju ter manjši količini lupulina. Na hmelj negativno vpliva tudi prekomerna vlažnost tal.

Simončič in Knapič (2004) sta raziskala vpliv različnih načinov namakanja in gnojenja na količino in razvoj plevela ter pridelek hmelja. Poljski poskusi so bili izvedeni v letih med 1998 in 2000. Primerjala sta namakanje z rolomati ter podzemno kapljično namakanje ob hkratnem površinskem gnojenju in gnojenju skupaj s podzemnim kapljičnim namakanjem (fertigaciji). Najmanjšo maso plevelov bele metlike sta ugotovila pri podzemnem kapljičnem namakanju skupaj s fertigacijo. Manjša masa plevelov pri podzemnem kapljičnem namakanju se ni odrazila v statistično značilno večjem pridelku hmelja v primerjavi z najbolj zapleveljenimi parcelami. Pri analizi količine pridelka za vsa tri leta poskusa je bil pri uporabi podzemnega kapljičnega namakanja skupaj s fertigacijo (1360 kg/ha) ter namakanja z rolomati ob klasičnem površinskem gnojenju (1356 kg/ha) ugotovljen statistično značilno večji pridelek v primerjavi z nenamakano kontrolo (1190 kg/ha). Pridelki v posameznih letih so bili med sabo precej bolj izenačeni. Med namakanimi parcelami statistično značilnih razlik v količini pridelka ni bilo. Pri določanju celokupnega deleža alfa-kislin med obravnavanji, podobno kot pri količini pridelka, nista ugotovila statistično značilnih razlik. Največja učinkovitost porabe vode je bila dosežena pri uporabi rolomatov, kjer se je pridelek ob povprečno 52 mm dodane vode na hektar povečal za 166 kg/ha, v primeru podzemnega kapljičnega namakanja s fertigacijo pa se je pridelek pri 92 mm dodane vode povečal za 170 kg/ha v primerjavi z nenamakano kontrolo. Ob tem dodajata, da je lahko podatek zavajajoč, saj je bilo pri podzemnih kapljičnih obravnavanjih s fertigacijo porabljene za 25 % več vode za namen dodajanja dušika, ne pa za namen namakanja.

3.3 Različne tehnologije namakanja

Kot navaja Majer (2002) je Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) za izvajanje namakanja hmelja preizkušal različno namakalno opremo in tehnike namakanja že leta 1958, ko je bilo preizkušeno namakanje z razprševanjem vode nad žično konstrukcijo, leta 1960 namakanje z razpršilci na drogovih žičnice in pet let kasneje pol stabilne namakalne naprave v nasadih hmelja ob hkratnem škropljenju sredstev za varstvo rastlin skozi namakalni sistem. Po letu 1982 so se začele obsežnejše raziskave namakanja z bobnastimi namakalniki (rolomati).

V povezavi z zgoraj navedenim sta Wagner in Veronek (1984) poskusno namakala hmeljišča z uvoženim pasovnim namakalnikom (rolomatom) v letu 1983.

Namakanje s to tehnologijo je dalo ugodne rezultate, toda kljub temu, zaradi večjih pomanjkljivosti namakalnika, z njim niso bili v celoti zadovoljni. Zaradi tega je domače podjetje Klemos leta 1984 izdelalo pasovni namakalnik, ki je bil še istega leta preizkušen za namakanje hmeljišč. Namakalnik, kljub večkratnim izboljšavam, ni zadostil zahtevam proizvodnje hmelja. Težave so se pojavljale v pogonu sistema, premajhna je bila hitrosti pomika razpršilcev, problemi so bili na podvozju ter PE cevi. Predlagali so, da bi bilo potrebno pasovni namakalnik (rolomat) izboljšati.

Pintar in Knapič (2001) navajata, da ima tehnologija namakanja hmelja z rolomati slabšo učinkovitost namakanja in kar nekaj slabosti. Gre namreč za delovno zahtevno tehnologijo namakanja, saj je potrebna kontrola delovanja namakanja tudi izven predvidenih terminov premikov sani, saj lahko sani zaidejo tudi v vrsto s hmeljem (predvsem na močno skeletnih tleh). Zaradi visokih pritiskov vode je namakanje onemogočeno v začetku rastne dobe, saj lahko veliki pritiski poškodujejo rastline in odvijajo hmelj od opore. Prav tako ta tehnologija namakanja ne omogoča namakanja prvoletnih nasadov hmelja, kjer je zagotavljanje optimalne preskrbe z vodo še posebno pomembno. Veliki pritiski vode negativno vplivajo na strukturo tal (zaskorjenost), v določenih talnih tipih pa povzročajo erozijo tal. Zaradi velikih enkratnih odmerkov dodane vode je povečana možnost izpiranja hranil v podtalnico bodisi zaradi nepravilnega namakanja ali zaradi poletnih padavin, ki ob dobro namočenih tleh lahko hitro pripomorejo k nasičenju tal z vodo. Zaradi male kapacitete namakanja z rolomati so pri večjih pridelovalcih nemalokrat težave z zagotavljanjem predvidenega turnusa namakanja. Praktično edini vodni viri so živi vodni sistemi, ki so močno občutljivi za odvzem vode v času suše. Z velikimi dnevnimi odvzemi vode iz teh vodnih sistemov se zelo hitro približamo k pretokom, ki predstavljajo mejo za ohranjanje biološkega minimuma rek.

Po letu 1995 so se raziskave na IHPS usmerile v preučevanje kapljičnih namakalnih sistemov v hmeljarstvu; hmeljarstvo je bilo namreč ena izmed prvih panog v kmetijstvu, kjer je država investirala v namakalne sisteme. Zaradi organiziranosti v hmeljarstvu je bilo vodenje in vzdrževanje namakalne opreme in namakalnih sistemov eno najbolj vzornih v Sloveniji.

V svetu je tehnologija kapljičnega namakanja že dolgo poznana, vendar se je v hmeljarstvu relativno pozno uveljavila. V Evropi so z uvajanjem kapljičnega namakanja v hmeljarstvu najprej pričeli češki hmeljarji. V ostalih evropskih državah so pričeli z uvajanjem kapljičnih sistemov v istem obdobju kot na IHPS, okoli leta 1995. V ZDA, kjer so do sedaj prevladovale bolj ekstenzivne oblike namakanja, so v devetdesetih letih pristopili k sodobnejši tehnologiji namakanja, površine kapljičnih namakalnih sistemov se pri njih hitro širijo (Pintar in Knapič, 2001).

V hmeljarstvu obstajajo tri izvedbe kapljičnih sistemov:

- podzemni kapljični sistem,
- kapljični sistem na vrhu žičnice in
- sistem, kjer so namakalne cevi položene v vrsto z rastlinami hmelja.

Knapič (1998) v raziskavi opisuje vrste kapljičnih namakalnih sistemov v hmeljarstvu, njihove značilnosti ter povzema rezultate namakanja v prvoletnem in 10-letnem nasadu hmelja. V raziskavi Knapič in Pintar (1998) so rezultati poskusa, opravljenega v prvoletnem nasadu hmelja sorte Bobek, kjer je bila kapljična namakalna cev položena 10 cm pod sadiko hmelja, pokazali pozitiven vpliv namakanja. Namakane rastline v primerjavi z nenamakanimi so bile višje od maja do skoraj konca junija, ko so razlike postale manj očitne. Izmed šestih obravnavanj, kjer so se preizkušale različne kombinacije namakanja in gnojenja, je bil najvišji povprečni pridelek hmelja dosežen pri obravnavanju, kjer se je izvajala fertigacija z vodotopnimi gnojili v skupni količini NPK 64:108:98. Zaradi velikih razlik med ponovitvami sicer ni bilo mogoče govoriti o statistično značilnih razlikah v pridelku hmelja.

Naglič in Pintar (2013) sta raziskovala, kakšne so teoretične razlike v porabi vode med klasično (bobnasti namakalniki) in kapljično tehnologijo namakanja hmelja (pet različnih scenarijev namakanja) v Spodnji Savinjski dolini v letu 2010 na peščeno-ilovnatih tleh. Najnižja poraba in izguba vode je bila pri scenariju kapljičnega namakanja, kjer se je stanje vode v tleh vzdrževalo na nižjem nivoju, kot je znašala poljska kapaciteta tal za vodo in kjer se v primeru napovedi padavin v prihodnjih treh dneh namakanje ni izvedlo. Zaključila sta, da je lahko kapljična tehnologija namakanja pri hmelju, ob pravilni uporabi in skrbnem nadzorovanju potreb rastlin po vodi, varčnejša od še vedno pogosto uporabljane tehnologije namakanja z razpršilci (bobnastimi namakalniki).

3.4 Vpliv namakanja na spiranje hranil v podzemno vodo

Tehnologija namakanja in način gnojenja lahko bistveno vplivata na možnost izpiranja rastlinskih hranil v podtalnico. Pintar in Knapič (1998) sta primerjala izpiranje nitrata pri različnih variantah namakanja in gnojenja hmelja. Rezultati v prvem letu poskusa so pokazali, da je koncentracija nitrata v vodi v tleh pri nenamakani varianti višja kot pri varianti podzemnega kapljičnega namakanja. Najnižja koncentracija nitrata v vodi v tleh je bila ugotovljena pri variantah, ki so vključevale gnojenje s fertigacijo. Podzemno kapljično namakanje hmelja je predstavljalo manjšo možnost kontaminacije podtalne vode z nitrati v primerjavi z nenamakanim hmeljem. Med vsemi variantami je varianta s fertigacijo predstavljala najmanjšo nevarnost za kontaminacijo podzemne vode.

Gale in sod. (1999) so objavili rezultate večletnega spremljanja spiranja nitratov iz hmeljišča v Latkovi vasi v Savinjski dolini. Med razpoložljivi modeli za modeliranje procesov spiranja nitratov skozi talni profil v podtalnico so izbrali dinamični model GLEAMS. Pri simulaciji so uporabili terenske meritve s poskusnega polja (hmeljišča) v Latkovi vasi, kjer so uporabili različne načine namakanja in različne načine gnojenja. Simulacija procesov spiranja nitratov iz talnega horizonta v podtalnico z uporabo modela Gleams je pokazala njegovo uporabnost za slovenski prostor. Ugotovili so, da model ni primeren za simulacijo spiranja nitratov pri fertigaciji in predlagali testiranje drugih modelov. Z občutljivostno analizo in umerjanjem modela so določili optimalno vrednost za parametra poroznost zemljine in začetno koncentracijo nitratov v tleh, ki ju niso merili na terenu. Simulacija je v drugem letu pokazala boljše ujemanje rezultatov modela in poskusa ter dala rezultat, da se povprečno spere v opazovanem obdobju junij-september v podtalnico 71 kg dušika na hektar hmeljišča. Terenske meritve in modelne simulacije so omogočile tudi vpogled v dinamiko (pogostost, vsakokratna količina) spiranja nitratov v podtalnico.

Priporočljivo je, da se vrednost evapotranspiracije kontrolira z merjenjem količine vode v tleh. Naglič (2015) je v letih 2014 in 2015 na težjih tleh v hmeljišču preizkušal delovanje 10HS senzorjev (Decagon Devices, Inc.) za merjenje količine vode v tleh. Rezultati so pokazali, da se volumski deleži vode v tleh izmerjeni z 10HS senzorji dobro ujemajo z rezultati gravimetričnih meritvev na dveh lokacijah v talnem profilu meljasto-glinasto-ilovnatih tal. Zaključil je, da se senzor v danih tleh lahko uspešno uporablja za nadzor pravilnosti izvajanja namakanja.

Naglič in sod. (2015) so modelirali distribucije vode pod površinskim kapljičnim namakanjem hmelja. Uporabili so numerični model Hydrus-2D/3D in njegove rezultate simulacij primerjali z eksperimentalnimi podatki meritev vsebnosti vode s TDR (Time Domain Reflectometry) metodo na 20 lokacijah v talnem profilu v meljasto-glinasto-ilovnatih tleh. Rezultati primerjave simuliranih in eksperimentalnih podatkov so pokazali, da je Hydrus-2D/3D zadovoljivo napovedal vrednosti vsebnosti vode v talnem profilu z vrednostmi celotne napake, ki je bila od 0,25 do 13,37 % volumskih odstotkov vode. Zaključili so, da se Hydrus-2D/3D lahko uspešno uporablja za modeliranje pomikanja vode v danih tleh pod nadzemnim kapljičnim namakanjem hmelja.

3.5 Podpora odločanja o namakanju

Na osnovi omenjenih raziskav evapotranspiracije rastlin hmelja se je od leta 1980 dalje uvedla prognoza namakanja hmelja. Le-ta je bila v letu 1997 dopolnjena v smislu fizioloških pokazateljev sušnega stresa različnih sort hmelja (Majer, 2002).

Z namenom dopolnitve uveljavljene prognoze namakanja hmelja, ki je temeljila na trenutni vlažnosti tal, točki venenja in razpoložljivi vodi v tleh, sta Majer in Gogala (2005) raziskali možnost prognoze namakanja na osnovi meritev vsebnosti prolina v listih hmeljnih rastlin. Raziskavo sta zasnovali kot poljski poskus v polnorodnem nasadu hmelja (sorta Savinjski golding). Preizkušali sta tri obravnavanja: nenamakano (kontrola), namakano in brez padavin. Rezultati so pokazali, da se vsebnost prolina v listih značilno poveča ob začetku sušnega stresa, vendar se ne povečuje sorazmerno s stopnjo preskrbljenosti tal z vodo. Zaključili sta, da se tovrstna prognoza ne ujema s trenutno veljavno metodo prognoziranja. Kljub temu na osnovi vsebnosti prolina v listih rastlin hmelja lahko prognoziramo začetek namakanja, ne pa tudi stopnje sušnega stresa in stopnje preskrbljenosti tal z vodo.

Oset in sod. (1993) so z namenom zagotavljanja strokovnosti namakanja izdelali parametre, potrebne za namakanje hmeljišč na območju občine Žalec. V ekspertizi so določili fizikalne lastnosti tal na 20 lokacijah v Savinjski dolini in izračunali okvirne norme namakanja in modul namakanja, kar še danes predstavlja osnovo za prognozo namakanja hmelja. IHPS tako v okviru strokovne naloge Tehnologije pridelave in predelave hmelja izvaja prognozo namakanja v hmeljiščih, ki temelji na osnovi spremljanja količine vode v tleh na različnih lokacijah z različnimi talnimi lastnostmi. Prognoza se izvaja za tehnologijo namakanja z rolomati. Pri napovedi se upoštevajo tudi vrednosti evapotranspiracije za posamezno razvojno stopnjo in vremenska napoved. Količino vode v tleh določajo na osnovi gravimetrične metode, ki temelji na osnovi razlike mase svežega in suhega vzorca tal. Vzorčenje tal v hmeljiščih izvajajo na dveh globinah (0-20 cm in 20-40 cm), ter na različnih lokacijah, ki imajo različne talne lastnosti.

Pintar in sod. (2013) v raziskavi iz leta 2013 z naslovom Trajnostna raba vode za krepitev rastlinskega pridelovalnega potenciala (CRP V4-1131) ocenjujejo, da se v Savinjski dolini na 13 velikih namakalnih sistemih skupaj namaka več kot 80 % hmelja in več kot 1 % ukorenišč sadik hmelja. Pri hmelju je prisotno predvsem kapljično namakanje in namakanje z rolomati. Navajajo, da bi bilo možno intenzivirati namakanje hmelja (večji obseg namakanja, prehod na kapljično namakanje, v primerjavi z rolomati se tako manj delovnih ur nameni namakanju). Rezultati so pokazali, da si pridelovalci želijo strokovne pomoči pri zasnovi namakalnih poskusov, vrednotenju učinkov namakanja in demonstracije uspeha pri namakanju. Izpostavljena je bila potreba po izboljšanju prognostične službe v podporo namakanju in individualnim merjenjem količine vode v tleh.

4 RAZPRAVA IN SKLEPI

Prvi tematski sklop raziskav se nanaša na raziskovanje potreb hmelja po vodi (Skalin, 1968; Wagner in Veronek, 1978; Hacin in sod, 1984; Hacin, 1989; Matičič, 1977; VGI, 1998; Majer, 2000; Majer, 2002; Čergan in sod., 2008; Naglič

in sod., 2013; Kolenc in sod., 2014). Te raziskave so se osredotočale na to, koliko vode v rastni dobi potrebuje hmelj, na kateri globini je aktivni sloj korenin, kakšna je evapotranspiracija hmelja in kako se s fenofazami rastline spreminja dinamika faktorja rastline (kc). K raziskovanju tega področja je bistveno doprinesla tudi postavitev lizimetra na IHPS. Vzporedno z raziskavami potreb rastlin po vodi so potekale raziskave na področju vpliva namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja (Hacin in sod., 1984; Majer, 1995; Knapič in Pintar, 1998; Majer, 1999; Majer, 2000; Simončič in Knapič, 2004). Raziskave so obravnavale povečanje količine in kakovosti pridelka hmelja pri različnih sortah, v letu 1998 pa so raziskovalci obravnavali tudi že učinek dodajanja hranil z namakalnimi sistemi (fertilizacija) in preučevali vpliv fertilizacije na vsebnost nitratov v storžkih v primerjavi s klasičnim namakanjem. V nadaljnjih preučevanjih so raziskovalci pričeli kombinirati različne tehnike namakanja in preučevali njihov vpliv na pridelek in kakovost hmelja in tako doprinesli k boljšemu razumevanju sistema tla-rastlina tako v kontekstu sušnega stresa kot kontekstu preobilja vode v tleh.

Nekako na polovici obdobja raziskovanja vpliva namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja, to je okoli leta 1995, objavljena dela intenzivneje obravnavajo različne tehnologije namakanja hmelja (Knapič, 1995, 1998, 1998 in 2002; Majer, 2002; Naglič, 2015; Naglič in sod., 2015). Sprva so preizkusili različne izvedbe razpršilcev in se nato osredotočili na preizkušanje različnih izvedb kapljičnega namakanja. O kapljičnem namakanju so raziskovalci pričeli razmišljati kot načinu zmanjšanja porabe vode, natančnejšega dodajanja vode in s tem razvijali smer pogleda namakanja na učinkovitosti rabe vode, hranil in energije kot doprinos kmetijstva k ohranjanju narave. Pomembne so bile tudi refleksije izkušenj na nekatere neugodne učinke določenih tehnologij namakanja na tla in rastline. Pomembne so bile ugotovitve glede razpoložljivih vodnih količin, ki so že nakazovale, da so vodni viri na območju Savinjske doline zelo omejeni.

Novejše objave iz tega sklopa se osredotočajo na še en pomemben vidik namakanja, in sicer gibanje vode v tleh, kjer je raziskovalcem v pomoč numerično modeliranje. Vzporedno z obravnavo različnih tehnologij namakanja se je razvil pogled vpliva namakanja na spiranje hranil (nitrata) v podzemno vodo (Pintar in Knapič, 1998; Gale in sod., 1999). S tem se še okrepi pogled na namakanje kot tehnologijo, ki omogoča bolj racionalno dodajanje hranil rastlinam, da s tem dosežemo boljši izkoristek hranil. S tem se je o namakanju začelo razmišljati kot o metodi, ki nam lahko pomaga varovati vodno okolje in zmanjša pritisk kmetijstva na stanje voda.

Novo poglavje v razvoju namakanja postavljajo publikacije iz leta 1993, 2005 in 2013 (Oset in sod., 1993; Majer in Gogala, 2005; Pintar in sod., 2013), ki obravnavajo razvoj podpore odločanja o namakanju. Raziskava iz leta 2005 podaja novo znanje na področju uporabnosti prolina kot indikatorja v listih rastlin hmelja,

ki ni v korelaciji s količino vode v tleh. Raziskava iz leta 2013 govori o zadovoljstvu med pridelovalci s sedanjim načinom napovedovanja namakanja na podlagi gravimetrične določitve količine vode v tleh, ki je bilo vzpostavljeno leta 1993. Ugotovljeno je, da si uporabniki in upravitelji namakalnih sistemov v Savinjski dolini želijo izboljšane prognostične službe kot podpore namakanju, ki bi skrbela za pravilno napoved namakanja in s tem bolj učinkovito rabo vode in infrastrukture. Tretje obdobje torej gradi na integraciji izkušenj in znanja na področju tla-rastlina in kaže v smeri razvoja podpore odločanju o namakanju za doseganju pametne rabe naravnih danosti. Ta potreba ne odgovarja samo na probleme, ki jih naslavljajo dokumenti s področja prilagajanja podnebnim spremembam in upravljanja ter varovanja voda in narave, ampak odgovarja tudi na potrebo po nadgradnji 50-letnega znanja s področja namakanja hmelja.

Kot v mnogih sektorjih družbe so izzivi zagotoviti zadostna sredstva za ohranjanja razvoja. Na primer, IHPS že vrsto let skrbi za prognozo namakanja za tehnologijo namakanja z rolomati. Prognoza za vedno bolj razširjeno tehnologijo kapljičnega namakanja hmelja pa v slovenskem prostoru, zaradi pomanjkanja sredstev, še ni uveljavljena. Potrebo po vzpostavitvi sistema podpore odločanju tudi o kapljičnem namakanju bo delno omogočil ciljni raziskovalni projekt Natančnost napovedovanja namakanja – TriN (V4-1609), ki bo potekal med letoma 2016 in 2018. Ne glede na to pa zelo podhranjeni ostajajo zagotovitev zadostnih količin vode za namakanje na ravni porečja, ki je zaradi napovedi sprememb padavinskih in temperaturnih vzorcev toliko bolj pereč problem. Na podlagi pol stoletnih izkušenj sedaj vemo, da so učinkovite rešitve v integriranih pristopih, ki pomenijo med drugim tudi, da lahko pridemo do okoljsko in socio-ekonomsko ugodnih rešitev tudi z uporabo več različnih ukrepov, ki skupaj doprinesejo k stabilnemu sistemu. V nizu ukrepov, ki jih že predvidevata osnutek Načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020 in Program ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020, manjkajo še vsaj ukrepi za modeliranje vodnih odvzemov oz. analize vpliva optimizacije vodnih odvzemov na skupno velikost vodnih odvzemov. To bi bilo v nadaljevanju smiselno izvesti, saj bomo tako vedeli, koliko vode moramo v pridelavi hmelja na ravni porečja Savinje privarčevati in kako pri tem lahko pomaga prilagajanje tehnologije, sort, vodne infrastrukture in sistema za odločanje o namakanju, da bi se uspešno prilagodili na napovedane podnebne spremembe.

Zahvala. Pripravo prispevka sta podprli Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije in Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru ciljnega raziskovalnega projekta Natančnost napovedovanja namakanja – TriN (V4-1609).

5 LITERATURA

- Allen R, Pereira L. S, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration. Irrigation and drainage paper No. 56. Rome, FAO. 1998; 300 s.
- Načrt razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu v Republiki Sloveniji do leta 2020 in Program ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. 2016; 59 s.
- Program razvoja podeželja RS za obdobje 2014-2020. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. 2016; 973 s.
- Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016-2021. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. 2016; 259 s.
- Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016-2021. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. 2016; 266 s.
- Program ukrepov upravljanja voda. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, 2016; 254 s.
- Dolgoročni nacionalni strateški okvir za prilagajanje podnebnim spremembam z usmeritvami za ukrepe v srednjeročnem obdobju. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. 2016; 85 s.
- ARSO. Spletna stran, November 2016.
- Bates B. C., Kundzewicz Z. W., Wu S, Palutikof J. P. Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva. 2008; 210 s.
- Čergan Z., Dolničar P., Knapič M., Poje T., Sušin J., Škerlavaj V. (avtor, fotograf), Ugrinović K. (avtor, fotograf), Verbič J. (avtor, fotograf), Verbič J., Zemljič A., Kapun S., Hardi, Z. (urednik). Tehnološka priporočila za zmanjšanje občutljivosti kmetijske pridelave na sušo: poljedelstvo, travništvo, zelenjadarstvo in hmeljarstvo. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2008; 43 s.
- Gale T., Pintar M., Mikoš M. Vpliv spiranja nitratov s hmeljišč na kvaliteto podtalnice. Mišičev vodarski dan. 1999; 25-31.
- Hacin J., Veronek M., Bratina B. Izboljšanje tehnoloških postopkov pridelovanja hmelja: Prognoza in učinkovitost namakanja pri hmelju. Poročilo za leto 1984, Žalec. 1985; 38 s.
- Hacin J., Veronek M., Bratina B. Prognoza in učinkovitost namakanja pri hmelju. Poročilo za leto 1985. Žalec. 1986; 23 s.
- Hacin J. Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju. Biotehniška fakulteta, Ljubljana. 1989; 70-74.
- IHGC (International Hop Growers' Convention), dostop 22. 11. 2016
- Knapič M. Namakanje hmeljskih nasadov. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D. (ur.). Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo, Žalec. 2002; 169-179.
- Knapič M., Pintar M. Implementation of subsurface drip irrigation in hop growing as contribution to an environmentally acceptable production. Fresenius Environmental Bulletin. 1998; 7: 867-872.
- Knapič, M. Kapljični namakalni sistemi v hmeljarstvu. Hmeljar. 1998; 67(3-4): 30-36.
- Kolenc Z., Čerenak A., Vodnik D. Kako hmelj (*Humulus lupulus* L.) uravnava vodno bilanco in se odziva na sušo? = How does hop (*Humulus lupulus* L.) regulate its water balance and respond to drought? Hmeljarski bilten. 2014; 21: 5-13.

- Majer D., Gogala N. Možnost prognoze namakanja hmelja na osnovi vsebnosti prolina = The possibility of irrigation prognosis based on proline content. Hmeljarski bilten. 2005; 12: 5-14.
- Majer D. Pregled raziskovalnega dela v slovenskem hmeljarstvu = 25 Years of medicinal and aromatic plants garden at the Institute for hop reesarch and brewing. Hmeljarski bilten. 2002; 9(1): 5-13.
- Majer D. Vodni stres pri hmeljnih rastlinah ali O pomenu vode za življenje rastlin, o stresu pri rastlinah, o namakanju in o vplivu vodnega stresa na hmeljne rastline. Hmeljarsko združenje Slovenije, Ministrstvo za znanost in tehnologijo in Probi MM. 2000.
- Majer D. Vpliv namakanja, števila vodil in števila poganjkov na vodilo na količino pridelka in vsebnost alfa kislin. V: KAČ, Milica (ur.). 33.[triatrideseti] seminar o hmeljarstvu. Hmeljarski bilten. 1995; (4): 31-35.
- Majer D. Vpliv vodnega stresa na pridelek hmelja (*Humulus lupulus L.*) = The influence of water stress on hop (*Humulus lupulus L.*) yield. Hmeljarski bilten. 6: 21-31.
- Matičič, B. Evapotranspiration studies on different crops and irrigation water requirements (Final technical report, P. L. 480). Ljubljana, Agricultural Engineering Department, Biotechnical Faculty. 1977; 221 s.
- Naglič, B., Kechavarzi C., Pintar M. Modeliranje distribucije vode pod površinskim kapljičnim namakanjem hmelja. V: ČEH, Barbara in sod. (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2015 : zbornik simpozija, Laško, [29. in 30. januar] 2015, Slovensko agronomsko društvo. 2015; 210-216.
- Naglič B., Pintar M. Preučitev možnosti zmanjšanja porabe vode pri kapljični tehnologiji namakanja hmelja. Hmeljar. 2013; 75(1/12): 50-51.
- Naglič B. Vrednotenje delovanja nizko cenovnega senzorja za meritve količine vode v tleh = Evaluation of a low-cost sensor for soil moisture monitoring. Hmeljarski bilten. 2015; 22: 66-73.
- Neve R. Hops. London, Chapman and Hall. 1991; 272 s.
- Oset, F., Knapič, M., Gajšek, H., Bratina, B., Stakne, H. Izdelava parametrov, potrebnih za namakanje hmeljišč na območju občine Žalec. Ekspertiza, izdelana na osnovi pogodbe z Ministrstvom za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Slovenije. 1993; 16 s.
- Pintar M., Cvejič R., Glavan M., Tratnik M., Kacjan-Maršič N., Čremožnik B., Naglič B., Pavlovič M. Trajnostna raba vode za krepitev rastlinskega pridelovalnega potencial. Ciljni raziskovalni program. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. 2013; 181 s.
- Pintar M., Knapič M. Nekateri namakalni parametri in obremenitve okolja pri različnih tehnologijah namakanja. V: Poje, T. (ur.). Zbornik simpozija Trendi v razvoju kmetijske tehnike, Radenci, 14. in 15. junij 2001, Ljubljana, Društvo kmetijske tehnike Slovenije. 2001; 69-76.
- Pintar M., Knapič M. Nitrate leaching in hop production. Fresenius environmental bulletin. 1998; 7: 590-595.
- Rode J., Zmrzlak M., Kovačevič M. Hmeljna rastlina. V: Priročnik za hmeljarje. Majer, D. (ur.). Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. 2002; 21-30.
- Simončič A., Knapič M. The influence of different irrigation and fertilisation systems on weed development and hop yield. Hmeljarski bilten. 2004; 11: 5-15.
- Skalin B. Namakalne naprave v hmeljarstvu. Sodobno kmetijstvo. 1968; 8: 18-19.
- Sušnik A., Valher A. 2014. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. Ujma, 28, 2014.
- Vodnogospodarski inštitut. Določitev izhodiščnih parametrov za rabo vode za namakanje kmetijskih površin glede na klimo, tla in tipične kulture (C-769). Ljubljana,

Vodnogospodarski inštitut. Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Uprava Republike Slovenije za varstvo okolja, Ljubljana. 1998.

Wagner T., Veronek M. Poročilo o rezultatih proučevanja evapotranspiracije in evaporacije na postaji Orla vas – Žalec v letu 1976. 1977; 23 s.

Wagner T., Veronek M. Preizkus opreme za namakanje hmeljišč v letu 1984. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo, Žalec. 1984; 17 s.

Wagner T., Veronek M. Preučevanje evapotranspiracije hmelja v letu 1977. Poročilo o evapotranspiraciji na ET postajo Orla vas v letu 1977. 1978; 48 s.