

ИНСТИТУТ ЗА ЕКОНОМИКУ ПОЉОПРИВРЕДЕ - БЕОГРАД

**ТЕХНО И АГРОЕКОНОМСКА
АНАЛИЗА ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАКА
ШИРЕ ПРИМЕНЕ ИНОВАТИВНОГ
НАЧИНА ПОДПОВРШИНСКОГ
КАПИЛАРНОГ НАВОДЊАВАЊА У
ПОЉОПРИВРЕДНОМ СЕКТОРУ**

- МОНОГРАФИЈА -

**УРЕДНИК:
Др Наташа Књајић**

Београд, 2021.



9 788662 690982 >

ИНСТИТУТ ЗА ЕКОНОМИКУ ПОЉОПРИВРЕДЕ - БЕОГРАД

**ТЕХНО И АГРОЕКОНОМСКА АНАЛИЗА
ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАКА ШИРЕ ПРИМЕНЕ
ИНОВАТИВНОГ НАЧИНА ПОДПОВРШИНСКОГ
КАПИЛАРНОГ НАВОДЊАВАЊА У
ПОЉОПРИВРЕДНОМ СЕКТОРУ**

- МОНОГРАФИЈА -

УРЕДНИК:

Др Наташа Кљајић

Београд, 2021.

ИНСТИТУТ ЗА ЕКОНОМИКУ ПОЉОПРИВРЕДЕ - БЕОГРАД

**ТЕХНО И АГРОЕКОНОМСКА АНАЛИЗА
ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАКА ШИРЕ ПРИМЕНЕ
ИНОВАТИВНОГ НАЧИНА ПОДПОВРШИНСКОГ
КАПИЛАРНОГ НАВОДЊАВАЊА У
ПОЉОПРИВРЕДНОМ СЕКТОРУ**

– Монографија –

Уредник:
Др Наташа Кљајић

Рецензенти:
Проф. др Зорица Средојевић
Проф. др Владислав Зекић
Проф. др Јордан Миливојевић

Издавач:
Институт за економику пољопривреде
Волгина 15, 11060 Београд, Република Србија,
Тел./факс: +381 11 69 72 858. www.iep.bg.ac.rs
За издавача: Проф. др Јонел Субић, директор

Штампарија:
СЗР НС МАЛА КЊИГА +
Зетска 15, 21000 Нови Сад, Република Србија,
Тел/факс: +381 21 64 00 578

Тираж:
300 примерака

ISBN 978-86-6269-098-2
е-ISBN 978-86-6269-099-9

Штампање монографије је у целости финансирано од стране
Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије

САДРЖАЈ:

Предговор	1
1. Улога иновација у пољопривредном сектору у достизању циљева одрживог развоја Србије <i>(Весна Параушић, Светлана Рољевић Николић)</i>	3
2. Иновативна решења система наводњавања уз примену обновљивих извора енергије: технички аспекти <i>(Жељко Деспотовић, Александар Родић, Илија Стевановић)</i>	25
3. Иновативне методе за одрживо коришћење земљишта у производњи поврћа у заштићеном простору <i>(Владан Угреновић, Радмила Пивић)</i>	63
4. Иновативно подповршинско капиларно наводњавање – предности и перспективе развоја <i>(Наташа Кљајић, Владо Ковачевић)</i>	93
5. Економска оправданост примене иновативног подповршинског капиларног наводњавања у пластеничкој производњи поврћа <i>(Јонел Субић, Марко Јелочник, Велибор Потребих)</i>	117
6. Међузависност еколошких и економских ефеката примене иновативног подповршинског капиларног наводњавања у пластеничкој производњи поврћа <i>(Лана Настић, Бојана Бекић Шарић)</i>	145

ПРЕДГОВОР

Подручје наше земље је под утицајем умерено-континенталне климе. Ако узмемо у обзир количину падавина и губитке воде испаравањем током вегетационог периода биљака, јавља се дефицит влаге не само у сушним, већ и у умерено влажним годинама. Због тога се скоро сваке године појављује краћи или дужи сушни период, без обзира на годишњу суму падавина. Суше се различито испољавају и некада могу да достигну велике размере, а њихов неповољан ефекат је највећи када се јаве у критичним фазама биљака за водом.

Учестале суше последњих година на подручју наше земље, као последица глобалних климатских промена, допринеле су да се наводњавање преведе, из статуса допунске мере која се у процесу пољопривредне производње користила потпуно спорадично, до неопходне и незаобилазне мере, без које интензивна пољопривредна производња, праћена високим и стабилним приносима, није могућа.

Међутим, и поред чињенице да у Србији постоје добри услови за интензивно наводњавање и што се тиче земљишта и расположиве воде, а такође и поред свести о значају иригације на нашим просторима у свим сферама пољопривредне производње, проценат наводњаваних површина у односу на укупне површине земљишта које су погодне за наводњавање, је још увек незнатан и износи свега око 2%. Стога је наводњавање потребно интензивирати или кроз изградњу нових или кроз ревитализацију већ постојећих система. „Паметно наводњавање“ подразумева низ технолошких решења који оптимизирају потрошњу воде и доприносе лакшем планирању наводњавања. Један од таквих система који је био основа за истраживања и резултате приказане у овој Монографији је иновативни начин подповршинског капиларног наводњавања.

Публикација под називом „Техно и агро-економска анализа предности и недостатака шире примене иновативног начина подповршинског капиларног наводњавање у пољопривредном сектору“, је резултат произишао из реализације пројекта под називом „Унапређење агротехничке мере наводњавања: Примена иновативних технологија у функцији одрживог руралног развоја Србије“, финансираног од стране Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије. Монографија је настала из заједничког уложеног труда и напора неколико стручних и научних институција које су укључене у реализацију

Пројекта, и то Института за економику пољоприведе из Београда (ИЕП), Института Михајло Пупин (ИМП), д.о.о., Београд (Центар за роботiku), Института за земљиште, Београд, Пољопривредно-хемијске средње школе из Обреновца и Пољопривредно саветодавне и стручне службе ПССС Београд (Младеновац) д.о.о.

Публикација има шест поглавља, при чему свако од поглавља тему задату у самом наслову разматра са свог аспекта, а свеукупно одговара на питања која се тичу иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања, од одрживог развоја Србије уз примену наводњавања, кроз примену обновљивих извора енергије (енергија сунца и енергија ветра) у циљу унапређења наводњавања, до еколошких и економских аспеката примене ове иновације у пластеничкој производњи поврћа.

У овој Монографији прати се оцена утицаја примене иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања на обим и вредност добијених производа, на остварене економске резултате, а самим тим и на ефекте уложеног капитала у производњу и изградњу овог система, као и упоређење са конвенционалним системом за наводњавање „кап по кап“. Намењена је пољопривредним произвођачима и другим заинтересованим лицима да се упознају са новим, иновативним начином наводњавања, односно предностима али и недостацима као и могућностима које овај систем поседује.

У Београду,
Јуна 2021. године

УЛОГА ИНОВАЦИЈА У ПОЉОПРИВРЕДНОМ СЕКТОРУ У ДОСТИЗАЊУ ЦИЉЕВА ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА СРБИЈЕ¹

Весна Параушић², Светлана Рољевић Николић³

Сажетак

Одрживи развој, као свеобухватна парадигма Уједињених нација, наглашава потребу да се развој пољопривреде и свеобухватни и целовити развој руралних подручја заснивају на принципима који уравнотежују социјалне, економске и еколошке димензије одрживости. Овако усмерен развој, неизоставно подразумева и потребу да се сектор стално унапређује кроз примену иновативних решења и већа улагања у истраживање и развој. Аутори анализирају иновативни капацитет сектора пољопривреде Србије, као и допринос иновација у сектору приближавања земље постављеним циљевима одрживог развоја. Недовољан напредак у погледу шире примене иновација у производњи хране, доводи последично до стагнирања или пак удаљавања Србије од реализације једног броја постављених циљева одрживог развоја. У наредном периоду требало би, уз обезбеђење повољних финансијских услова за инвестирање, осигурати заједничке и умрежене активности приватног, јавног, цивилног и научно образовног сектора и тако створити подстицајне услове за унапређење истраживачко развојног и иновативног потенцијала сектора пољопривреде Србије.

Кључне речи: одрживи развој, пољопривреда, рурални развој, иновације, Србија

Увод

Досадашњи висок напредак у расту продуктивности у пољопривреди и производња заснована на квантитету и интензивном коришћењу природних ресурса имали су за циљ одговор науке и национаних

1 Резултати приказани у поглављу су и део годишњих активности ИЕП везаних за МПНТР РС, бр. Уговора 451-03-9/2021-14.

2 Др Весна Параушић, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Београд, Тел: +381 11 697 28 58. Е-mail: vesna_pa@iep.bg.ac.rs

3 Др Светлана Рољевић Николић, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Београд, Тел: +381 11 697 28 58. Е-mail: svetlana_r@iep.bg.ac.rs

влада на тражњу за храном растуће светске популације. Ипак, овакав раст производње своју цену има у растућим негативним социјалним трендовима (миграције, неповољна демографска кретања), као и негативном утицају пољопривреде на стање животне средине, те је као такав у будућности неодржив и захтева заокрет ка принципима одрживости и развоју еколошки прихватљивих модела производње хране (FAO, 2018; OECD, 2016; Roljević Nikolić & Paraušić, 2020; Roljević Nikolić et al., 2012; Roljević et al., 2009).

Концепт одрживог развоја пољопривреде, који наглашава потребу да се даљи развој овог сектора заснива на принципима који уравнотежују социјалне, економске и еколошке димензије одрживости, FAO је још крајем осамдесетих година прошлог века дефинисао као „*систем развоја који доприноси очувању земљишта, воде, биљних и животињских генетичких ресурса, који не угрожава животну средину, технички је прикладан, економски одржив и друштвено прихватљив*“ (FAO, 1989, стр. 5).

У садашњем тренутку, развој пољопривреде и производње хране усмерен је ка превазилажењу постојећих сложених изазова (посебно проналажењу адекватног одговора пољопривреде на климатске промене), поштовању принципа одрживости и реализацији циљева одрживог развоја утемељених Агендом за одрживи развој 2030 Уједињених нација (UN, 2015). Агенда дефинише 17 циљева и 169 потциљева одрживог развоја, обухвата све три димензије свеобухватног одрживог развоја (економски раст, социјалну инклузију и заштиту животне средине), захтевајући од земаља потписница да своје ресурсе мобилишу управо на начин који доприноси реализацији постављених циљева до 2030. године (UN, 2015).

Поред, тога, у условима великог броја интензивних глобалних промена и изазова, развој и примена иновација, улагања у истраживање и развој, знање, образовање и науку, све више је императив изградња одрживе конкурентске предности пољопривредног сектора, како на микро, тако и на нивоу националних економија широм света.

Имајући претходно у виду, јасно је да се на путу одрживог развоја сектор производње хране мора „ослањати“ на примену иновативних система и технолошких унапређења, која истовремено могу да допринесу заштити природних ресурса, али и повећању продуктивности ресурса, смањивању неефикасности и различитих трошкова у пословању тржишних субјеката (FAO, 2017; Santiteerakul et al., 2020; El Bilali & Allahyari, 2018).

Правац развоја пољопривреде и руралних подручја заснован на принципима одрживости и већој примени иновација - декларативно је одређење и Владе Републике Србије. Једно од приоритетних подручја стратешких промена у пољопривредном сектору Србије, у циљу унапређења конкурентности овог сектора, дефинисано „Стратегијом пољопривреде и руралног развоја Републике Србије за период 2014-2024. година“, јесте управо подручје 7 „Технолошки развој и модернизација пољопривредне производње и прераде“ (Службени гласник РС, бр. 85/14). Поред тога, почетком 2021. године усвојена је „Стратегија научног и технолошког развоја Републике Србије за период 2021-2025. година – Моћ знања“ (Службени гласник РС, број 10/21), са основним циљем да се кроз примену знања и унапређење научно технолошког и иновационог потенцијала Србије убрза њен економски развој, унапреди стандард и квалитета живота њених грађана и убрза интеграција земље у европски истраживачки простор.

Предмет поглавља јесте анализа иновативног потенцијала пољопривредног сектора Србије, са циљем сагледавања степена у коме улагања у истраживање и развој и иновације у пољопривредном сектору доприносе приближавању Србије постављеним циљевима одрживог развоја УН 2030 (Уједињене нације Србија, 2018).

Материјал и метод

За потребе истраживања аутори су користили деск метод истраживања и секундарне податке, као и резултате емпиријског истраживања, заснованог на дугогодишњем искуству и раду аутора у сектору пољопривреде и учешћу на бројним техничко-технолошким, примењеним, развојним и иновативним пројектима у пољопривреди и руралном развоју Србије.

Секундарни извори података укључили су у анализу: (а) објављене научне радове домаћих и страних аутора у анализираној области; (б) студије и анализе које су у предметној области публиковале различите домаће и међународне институције; (в) претраживање интернет извора иноватора и/или институција директно укључених у развој и имплементацију иновација у пољопривредном сектору Србије; (г) статистичку базу Републичког завода за статистику Србије и Еуростата.

Добијени подаци су сумирани и представљени у облику графикана и табела коришћењем дескриптивне статистике.

Иновације у пољопривредном сектору Србије и допринос реализацији циљева одрживог развоја

Појам и значај иновација у пољопривреди

Појам иновација, њихова природа и фокус мењали су се током времена у односу на бројне и динамичне промене окружења. Дефиниције овог појма у литератури су бројне, значајно различите у односу на аспекте анализе (да ли иновација доноси нешто истински ново или побољшава постојеће стање) и научне дисциплине у којима се анализирају. Најчешће се класификују као иновације производа, услуга, процеса или технике.

Највише цитирана дефиниција иновације тумачи овај појам као „*вишефазни процес у којем организација трансформише идеје у нове / унапређене производе, услуге или процесе, како би напредовала, конкурисала и успешно се диференцирала на свом тржишту*“ (Baregheh, Rowley & Sambrook, 2009, стр. 1334). Републички завод за статистику Србије (скр. РЗС), за потребе реализације анкетног истраживања у области иновација, користи следећу дефиницију овог појма: „*иновација је примена новог или значајно побољшаног производа (роба или услуга) или процеса, нове маркетиншке методе или нове организационе методе у пословању, организацији рада или односима пословног субјекта са окружењем*“ (Manual, 2005, стр. 46).

Појам иновација у пољопривреди данас се доминантно везује за примену информационо комуникационих технологија (скр. ИКТ) у дигитализацији управљања пољопривредном производњом и прецизној пољопривреди (OECD, 2018; El Bilali & Allahyari, 2018; Hunt & Daughtry, 2018), као и примену био и нанотехнологија у пољопривредним наукама и производњи хране (Aguilar et al., 2013; Mousavi & Rezaei, 2011). Управо развој и увођење ових врста иновација биће предмет поглавља.

Дигитална пољопривреда, позната и као „*паметна*“ или „*e*“ пољопривреда своје почетке има у 2017. години, када је пожњевен први усев у свету у потпуности машински вођен (OECD, 2018). Ова пољопривреда користи широк спектар уређаја, алата и апликација, од ниских технолошких решења до „*дигиталних*“ фарми, које поседују интегрисане системе и користе различите дигиталне платформе, софтверске апликације (нпр. за управљање дроновима), сателитске навигације, комерцијалне дроне, роботiku, сензоре за прикупљање података, софтвере за њихову обраду и анализу, интернет ствари као вид умрежености софтвера и аутомата (енг. *Internet of Things*) и слично (OECD, 2018).

Нанотехнологија има много примена у свим фазама производње и прераде хране и може допринети ефикаснијој употреби свих инпута у производњи, ефикасном надзору и контроли штеточина и болести, лечењу биљака и животиња, побољшаној контроли и сигурности хране, као и заштити животне средине (Mousavi & Rezaei, 2011; Mukhopadhyay, 2014; Prasad et al., 2014). Иновације у селекцији и оплемењивању биљака методама модерне биотехнологије, између осталог, помажу у развоју висококвалитетних усева са унапређеним карактеристикама (Kondić-Špika & Kobiljski, 2012), генетски инжењеринг, као нова генерација биотехнологије, представља нову еру у биљној и животињској генетици (Виоџанин et al., 2017), а различите нове технологије у гајењу биљака (нпр. узгој биљака без земљишта) сматрају се најбољим начинима узгоја биљака са становишта сигурности хране и одрживог развоја (Lakhiar et al., 2018).

Иновације на различите начине доприносе успостављању компатибилности економске, социјалне и еколошке димензије сектора пољопривреде и производње хране. Допринос иновација огледа се у следећим сегментима функционисања целокупног система производње хране:

- ✓ Прецизна анализа стања и потреба у производњи, као и унапређен систем прикупљања и обраде података - доприноси контролисаној, оптималној и рационалној потрошњи свих инпута, чија прекомерна употреба иначе доводи до загађења или угрожавања стања животне средине;
- ✓ Аутоматизација пољопривредних активности доводи до смањивања губитака у производњи (нпр. губици приноса услед корова, инсеката и болести), раста продуктивности, као и до смањења трошкова производње (трошкова радне снаге, трошкова инпута и слично) - што даље резултира растом основних економских показатеља (економичност и рентабилност производње);
- ✓ Иновације доприносе расту приноса пољопривредних култура, побољшању квалитета, здравствене исправности и сигурности пољопривредно-прехранбених производа, побољшањима у процесима прераде, чувања, складиштења и транспорта хране;
- ✓ Примена иновација у пољопривреди важан је фактор останка младих у руралним подручјима, подстицај је за покретање и развијање сопственог бизниса, развој нових производа и услуга, нових канала продаје и слично.

Иновативни капацитет пољопривреде Србије

Сектор пољопривреде и производње хране у Србији представља важну привредну делатност, која се може успешно развијати једино уколико јавни и приватни сектор континуирано улажу финансијска средства у истраживање и развој и примену иновативних решења у свим сферама производње, чувања и складиштења производа, трговине, транспорта, комуникација и маркетинга пољопривредно прехрамбених производа.

Облачинска вишња, као нова сорта вишње која се размножава изданцима и има бројне позитивне особине (висока родност, мала бујност, ниска улагања у узгој, крупност плода, висока подобност за прерађивачку индустрију и слично), створена у Институту за воћарство у Чачку, била је важна иновација, чији су позитивни резултати још увек присутни и сврставају Србију у важног светског извозника вишње (SEEDEV, 2017). Ипак, иновације у пољопривреди данас подразумевају много више од развоја нових сорти, увођења нових пољопривредно прехрамбених производа, нових врста паковања и слично. Област дигитализације пољопривреде и примена ИКТ, као и примена иновација у биотехнологији и нанотехнологији у пољопривредној производњи и прехрамбеној индустрији, данас су поља где се све земље света интензивно такмиче.

У погледу примене иновација у пољопривреди и производњи хране, Србија значајно заостаје за земљама Европе (Despotović et al., 2019). Иако прехрамбени сектор показује већу склоност ка отвореним иновацијама, у односу на пољопривредни сектор (Zakić et al., 2017), недовољан иновативни потенцијал научно-истраживачког кадра оцењује се као претња технолошком развоју агропривреде и развоју руралних подручја Србије (Службени гласник РС, број 85/14).

Потенцијал ИКТ није искоришћен и занемарљиво мало се ове технологије користе за унапређење и рационализацију пољопривредне производње (Milovanović, 2014; Станојевић, 2019). У области увођења дигиталних платформи иницирана су само два пројекта (инсталација агрометеоролошких станица и дигитална платформа „Агросенс“ института „БиоСенс“ из Новог Сада) за која су издвојена значајна финансијска средства, при чему предвиђене активности и циљеви пројеката нису остварени (Станојевић, 2019).

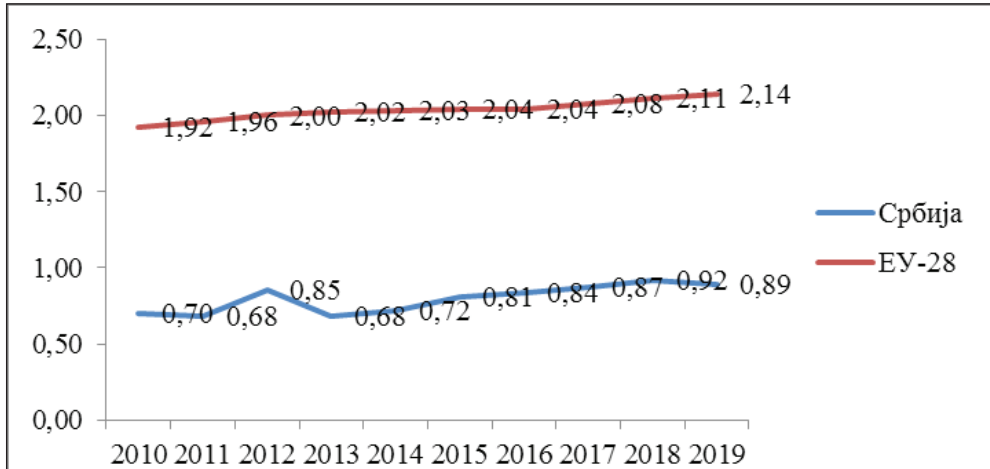
Област примене иновација у биотехнологији и нанотехнологији у пољопривреди такође је на самим почецима развоја, далеко од ефикасне примене решења у пракси.

Генерално, иновативна решења су спорадична, мало или нимало коришћена у пракси, усмерена на изузетно мали број пољопривредних газдинстава (пилот пројекти на одабраним пољопривредних газдинствима) и углавном су резултат реализације пројеката које финансирају домаће или међународне организације и институције. Више о овим пројектима, даје се у наставку:

- (1) Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, кроз меру руралног развоја усмерену на креирање и пренос знања, сваке године расписује конкурсе за *„расподелу подстицаја за унапређење система креирања и преноса знања кроз развој техничко-технолошких, примењених, развојних и иновативних пројеката у пољопривреди и руралном развоју“*, а кроз ове пројекте развијене су, између осталог, и иновације у области роботике и примене обновљивих извора енергије у циљу наводњавања пољопривредних култура (Клјajić et al., 2016);
- (2) У оквиру Хоризонта 2020, као Оквирног програма Европске уније за истраживање и иновације, финансира се изградња БиоСенс института, као центра изврности за напредне технологије у области одрживе пољопривреде, реализује се 36 пројеката у области *„Безбедност хране, одржива пољопривреда и биотехнологија“*, као и по 34 пројеката у областима *„Безбедна, чиста и ефикасна енергија“* и *„Информационе и комуникационе технологије“* (Служени гласник РС, број 10/21);
- (3) У организацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, на *„Такмичењу за најбољу технолошку иновацију у Србији за 2017. годину“*, у категорији реализоване иновације, успешно је представљен систем *„Агрокапиларис“*, који у систему подповршинског капиларног наводњавања доноси значајне техничке иновације;
- (4) У оквиру заједничког пројекта Програма Уједињених нација за развој (UNDP) и Министарства животне средине под називом *„Локални развој отпоран на климатске промене“* подржано је током 2018. године 25 иновативних идеја у области борбе против климатских промена, између осталог, и идеја Института Михајло Пупин из Београда о паметном управљању земљиштем и даљинском надзору над земљиштем путем Андроид апликације на мобилном телефону, као и примени роботизованог соларног електроагрегата за потребе наводњавања.

Статистички подаци указују на неповољно стање Србије када су у питању улагања у истраживање и развој и људске ресурсе, који су важан предуслов примене иновација.

Графикон 1. Улагања у истраживање и развој као % БДП, 2010-2019., Србија и ЕУ 28

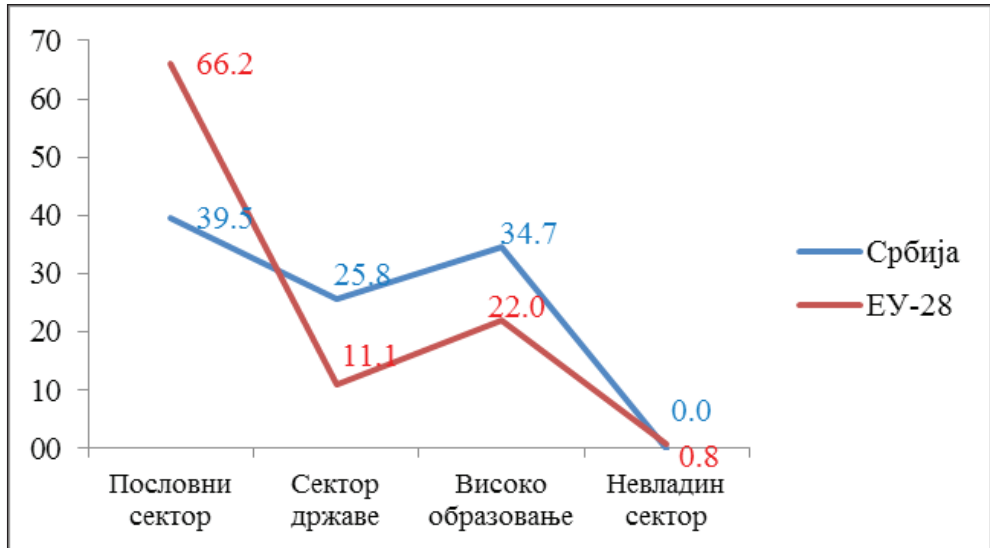


Извор: Еуростат, база података.

Бруто домаћа улагања у истраживање и развој, као проценат бруто домаћег производа (скр. БДП), у Србији су испод 1% у целокупном периоду од 2010-2019. године (*Графикон 1*). Иако ова улагања показују благу тенденцију раста, још увек су значајно испод просека ЕУ – 28 (*Графикон 1*).

Структура улагања у истраживање и развој по секторима у Србији такође је неповољнија у односу на просек ЕУ 28, пре свега јер пословни сектор учествује у укупним улагањима са свега 39,5%, у односу на просечно 66,2% у земљама ЕУ 28 (*Графикон 2*).

Графикон 2. Структура улагања у истраживање и развој у Србији и ЕУ-28, према секторима, 2019, % (обрачун у стандарду куповне моћи)



Извор: Еуростат, база података.

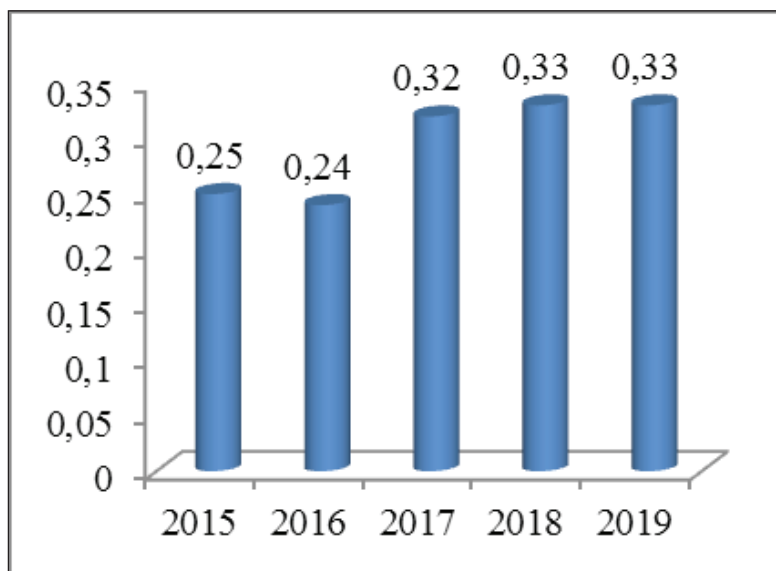
Од укупних *брutto домаћих издатака за истраживање и развој у делатност Пољопривредна производња, лов и пратеће услужне делатности*, Србија алоцира свега 0,94% средстава (2019), а структура ових издатака показује да са 21% учествује нефинансијски сектор (привредна друштва, задруге и оргачка друштва и слично), а сектор државе са 80% (РЗС, подаци добијени на упит). У структури буџетских средстава Србије за истраживање и развој (према друштвено-економским циљевима истраживања), у пољопривреду, као један од друштвено економских циљева истраживања, алоцира се 8,3% средстава (2019. година), при чему се 95% ових средстава усмерава у сектор државе, а свега 5% у пословни сектор (РЗС, подаци добијени на упит).

Учешће запослених у сектору истраживања и развоја у Србији, у односу на укупан број запослених је свега око 1% (2019), а одукупног броја истраживача запослених у овом сектору (16.399 у 2019.) процентуално их је највише у сектору високог образовања, чак 71%, затим у јавном сектору - 20% а у пословном сектору – свега 9% (РЗС, база податка). Од укупног броја запослених лица у области науке и технологије, у делатности Пољопривреда, шумарство и рибарство запослено је мање од 1%, а структура истраживача ангажованих на пословима истраживања и

развоја у пољопривредним наукама је крајње неповољна: чак 67% њих припада сектору високог образовања, 30,7% сектору државе, а свега 2,3% пословном сектору (РЗС, база података).

На иновативност српске пољопривреде, тачније на њену финансијску способност да улаже у истраживање и развој, као и примену иновација, значајно утиче свеобухватна финансијска подршка државе овом сектору. **Индекс државних расхода усмерених на пољопривреду** (мери однос учешћа издатака за пољопривреду у расходима централне државе и учешћа бруто додате вредности пољопривреде у бруто домаћем производу земље), као индикатор у оквиру 2. циља одрживог развоја има вредност нижу од 1 (*Графикон 3*). Ово указује на ниску оријентацију државе према сектору пољопривреде, односно да овај сектор прима мањи део државне потрошње у односу на свој допринос економској додатој вредности.

Графикон 3. Индекс државних расхода усмерених на пољопривреду



Извор: РЗС, база података.

Поред овога, бројни други социо-економски фактори успоравају напредак у сектору истраживања и развоја, као и већу примену иновација у пољопривреди Србије, а најважнији су следећи:

- Мала просечна величина пољопривредног газдинстава, доминација породичних пољопривредних газдинстава у укупном броју пољопривредних газдинстава (99,7%) и висок проценат мешовитих

(53%) у односу на газдинства специјализована (47%) за одређену линију производње (РЗС, 2019). Примера ради, просечна физичка величина газдинства у Србији износи 6,2 ха, а економска 8.610 евра (РЗС, 2019), што је неколико пута ниже у односу на просек ЕУ-28;

- Смањивање броја пољопривредне радне снаге у периоду између 2012. до 2018. године, као и неповољна старосна и образовна структура управника пољопривредних газдинстава. Највећи број управника је у старосној доби преко 55 година, а преко 90% њих има само практично пољопривредно искуство (РЗС, база података);
- Недовољно ефикасан трансфер знања и иновација у пољопривредном сектору и руралним подручјима, као резултат бројних ограничења у функционисању пољопривредно саветодавне службе (Djurić, 2020);
- Високи трошкови увођења иновација и недовољна мотивисаност пољопривредника да инвестирају у примену иновација, поготово имајући у виду да резултати и уштеде нису брзо видљиви и да у почетној фази само олакшавају људски рад, што не представља довољно јак мотив за улагања (Станојевић, 2019);
- Недовољно развијена удружења пољопривредника и неефикасно повезивање и умрежавање сектора привреде са владиним и невладиним сектором, као и сектором научно образовних и истраживачких институција кроз кластере (Paraušić & Domazet, 2018; Параушић, 2018; Paraušić et al., 2017);
- Недовољно развијена предузетничка култура и високи трошкови предузетничког капитала.

Допринос иновација у пољопривреди приближавању циљевима одрживог развоја Србије

Уз мултифункционални карактер пољопривреде, иновације имају потенцијал да одговоре критеријумима одрживости и уједно представљају најбољи одговор пољопривреде на климатске промене и све строжије захтеве држава у сегменту заштите животне средине (Boima et al., 2011; Despotović et al., 2019; Ristić et al., 2020; Станојевић, 2019; El Bilali & Allahyari, 2018; El Bilali, 2018).

Иновације у сектору пољопривреде и производње хране кључан су фактор успеха Србије у приближавању следећим циљевима и потциљевима одрживог развоја до 2030. године, постављених Агендом 2030 Уједињених нација за одрживи развој (UN, 2015) и националним документом „Циљеви одрживог развоја Србија“ (Уједињене нације Србија, 2018):

Циљ 1: „Окончати сиромаштво свуда и у свим облицима“.

- Потциљ 1.1. *„До 2030. искоренити екстремно сиромаштво свуда и за све људе, које се мери као број људи који живе са мање од 1,25 долара на дан“;*

Циљ 2: „Окончати глад, постићи безбедност хране и побољшану исхрану и промовисати одрживу пољопривреду“.

- Потциљ 2.1. *„До 2030. окончати глад и осигурати приступ безбедној, нутритивној и довољној исхрани током целе године свим људима, а посебно сиромашнима и лицима у стањима рањивости, укључујући одојчад“;*
- Потциљ 2.3. *„До 2030. удвостручити пољопривредну продуктивност и приходе малих произвођача хране, а посебно жена, аутохтоних народа, породичних пољопривредних произвођача, сточара и рибара, кроз безбедан и једнак приступ земљишту, другим производним ресурсима и подацима, сазнањима, финансијским услугама, тржиштима и могућностима за остваривање додатне вредности, односно за запошљавање ван пољопривреде“;*
- Потциљ 2.4. *„До 2030. обезбедити одрживе системе за производњу хране и применити отпорне пољопривредне праксе за повећање продуктивности и производње, које помажу у одржавању екосистема, које јачају капацитет за прилагођавање климатским променама, екстремним временским условима, сушама, поплавама и осталим катастрофама, и које прогресивно побољшавају квалитет земљишта и тла“;*
- Потциљ 2а. *„Повећати инвестирање, укључујући кроз побољшану међународну сарадњу у руралну инфраструктуру, пољопривредна истраживања и саветодавне услуге, развој технологије и банака биљног и сточног генетског материјала како би се унапредили*

пољопривредни производни капацитети у земљама у развоју, а посебно у најмање развијеним земљама“;

Циљ 6: „Обезбедити доступност и одрживо управљање водом и санитацијама за све“.

- Потциљ 6.3. „До 2030. унапредити квалитет воде смањењем загађења, елиминисати одлагање и на најмању могућу мери свести испуштање опасних хемикалија и материјала, преполовити удео непречишћених отпадних вода и значајно повећати рециклирање и безбедну поновну употребу на глобалном нивоу“;
- Потциљ 6.4. „До 2030. битно повећати ефикасност коришћења воде у свим секторима и обезбедити одрживу експлоатацију воде и снабдевање слатком водом како би се одговорило на несташицу воде и у знатној мери смањио број људи који се суочавају са несташицом воде“;

Циљ 9: „Изградити отпорну инфраструктуру, промовисати инклузивну и одрживу индустријализацију и подстицати иновације“.

- Потциљ 9.5. „Унапредити научна истраживања, побољшати технолошке могућности индустријских сектора у свим земљама, посебно земљама у развоју, што подразумева да се до 2030. подстичу иновације и значајно повећа број запослених у области истраживања и развоја на милион људи, као и да се повећа јавна и приватна потрошња за истраживање и развој“;

Циљ 12: „Обезбедити одрживе обрасце потрошње и производње“.

- Потциљ 12.2. „До 2030. постићи одрживо управљање и ефикасно коришћење природних ресурса“;
- Потциљ 12.4. „До 2020. постићи еколошки исправно управљање хемикалијама и свим врстама отпада током читавог њиховог употребног циклуса, у складу са договореним међународним оквирима, и значајно смањити њихово испуштање у ваздух, воду и земљиште како би се што више умањили њихови негативни утицаји на здравље људи и животну средину“;
- Потциљ 12а. „Подржати земље у развоју да јачају своје научне и технолошке капацитете како би се кретале у правцу одрживијих облика потрошње и производње“.

Достизање ових глобалних циљева и потциљева одрживог развоја које су поставиле УН, националне статистике свих земаља прате преко јединственог сета индикатора. Републички завод за статистику Србије још увек је у процесу успостављања индикатора за праћење остваривања циљева и потциљева одрживог развоја (један број индикатора још увек се не прати, јер нису доступни подаци за њихово праћење). Листа циљева одрживог развоја (скр. ЦОР) и индикатора за праћење њиховог остваривања, које је РЗС до сада развио (укупно 98 индикатора ЦОР), доступна је на интернет страници РЗС, у оквиру DevInfo базе података (РЗС, DevInfo).

У Табели 1. дат је приказ индикатора на основу којих је могуће пратити допринос иновација у сектору пољопривреде и производње хране остваривању ЦОР Србије, као и напредак Србије у остваривању ових циљева, односно потциљева.

Табела 1. Индикатори за праћење доприноса иновација у сектору пољопривреде остваривању ЦОР Србије до 2030. године

ПОТЦИЉЕВИ ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА	ИНДИКАТОРИ
<i>Циљ 1. „Окончати сиромаштво свуда и у свим облицима“</i>	
Потциљ 1.1.	Индикатор 1.1.1. „Удео становништва које живи испод међународне линије сиромаштва, према полу, старости, статусу запослености и географској локацији“ - ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ
<i>Циљ 2. „Окончати глад, постићи безбедност хране и побољшану исхрану и промовисати одрживу пољопривреду“</i>	
Потциљ 2.1.	Индикатор 2.1.1. Преваленција неухрањености - ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ Индикатор 2.1.2. Преваленција умерене или тешке небезбедности хране код становништва, према Скали искуства са небезбедношћу хране – ЗНАЧАЈНО УДАЉАВАЊЕ ОД ЦОР
Потциљ 2.3.	Индикатор 2.3.1. Обим производње према јединици радне снаге по врстама пољопривредног/пасторалног/шумарског предузећа – ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ Индикатор 2.3.2. Просечни приход малих произвођача хране, према полу и староседелачком статусу – ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ

ПОТЦИЉЕВИ ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА	ИНДИКАТОРИ
Потциљ 2.4.	Индикатор 2.4.1. Удео пољопривредног земљишта под продуктивном и одрживом пољопривредом – ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ
Потциљ 2.а.	Индикатор 2.а.1 Индекс државних расхода усмерених на пољопривреду - ЗНАЧАЈАН НАПРЕДАК У ОСТВАРИВАЊУ ЦОР Индикатор 2.а.2 Укупни званични токови средстава (званична развојна помоћ плус остали званични токови) у сектору пољопривреде – ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ
Циљ 6. „Обезбедити доступност и одрживо управљање водом и санитацијама за све“	
Потциљ 6.4.	Индикатор 6.4.1. Промене у ефикасности коришћења вода током времена - УМЕРЕНО УДАЉАВАЊЕ ОД ЦОР Индикатор 6.4.2. Индекс експлоатације воде према врсти извора воде – ЗНАЧАЈНО УДАЉАВАЊЕ ОД ЦОР
Циљ 9. „Изградити отпорну инфраструктуру, промовисати инклузивну и одрживу индустријализацију и подстицати иновације“	
Потциљ 9.5.	Индикатор 9.5.1. Расходи за истраживање и развој као удео у БДП-у – ЗНАЧАЈАН НАПРЕДАК У ОСТВАРИВАЊУ ЦОР Индикатор 9.5.2. Број истраживача (изражено као еквивалент запослености са пуним радним временом) на милион становника – УМЕРЕН НАПРЕДАК У ОСТВАРИВАЊУ ЦОР
Циљ 12. „Обезбедити одрживе образце потрошње и производње“	
Потциљ 12.2.	Индикатор 12.2.1 Материјални отисак, материјални отисак по глави становника и материјални отисак по БДП-у – ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ Индикатор 12.2.2а. Домаћа потрошња материјала – ЗНАЧАЈНО УДАЉАВАЊЕ ОД ЦОР Индикатор 12.2.2б Продуктивност ресурса – УМЕРЕН НАПРЕДАК У ОСТВАРИВАЊУ ЦОР
Потциљ 12.4.	Индикатор 12.4.2. Количина произведеног опасног отпада по глави становника и удео третираног опасног отпада, према врсти третмана – ИНДИКАТОР СЕ НЕ ПРАТИ

Извор: Аутори на основу РЗС, 2020.

Закључак

Одрживи развој, као свеобухватна парадигма Уједињених нација, као и концепт одрживог пољопривредног и руралног развоја, који развија ФАО – наглашавају потребу да се развој пољопривреде и свеобухватни и целовити развој руралних подручја заснивају на принципима који уравнотежују социјалне, економске и еколошке димензије одрживости.

На путу одрживог развоја пољопривреде и руралних подручја, кључни фактори бржем приближавању циљевима одрживог развоја (UN, 2015) и јачању одрживе конкурентске предности за све земље и тржишне произвођаче, јесу улагања у истраживање и развој, људске ресурсе и знање, као и примена иновативних решења у пракси.

Област дигитализације пољопривреде и примена ИКТ, као и примена иновација у биотехнологији и нанотехнологији у пољопривредној производњи и прехранбеној индустрији, данас су поља где се све земље света интензивно такмиче. Дигитализација алата у пољопривреди, примена пољопривредних робота, беспилотних летилица, информационо комуникационих решења, затим бројне оплемењивачке станице, са сталним експериментима у сегменту технологија гајења, регистрације нових сорти и слично, само су нека од иновативних решења која су данас од кључне важности за напредак у пољопривредном сектору.

Иновативни капацитет у пољопривреди и производњи хране у Србији недовољно је развијен. Потенцијал ИКТ није искоришћен и занемарљиво мало се ове технологије користе за унапређење и рационализацију пољопривредне производње. Такође, иновације у биотехнологији и нанотехнологији далеко су од ефикасне примене у пракси. Иновативна решења су спорадична, краткотрајно, мало или нимало примењена, усмерена на изузетно мали број пољопривредних газдинстава (пилот пројекти на одабраним пољопривредним газдинствима) и најчешће су резултат реализације различитих пројеката које финансирају домаће или међународне организације и институције.

Низак иновативни капацитет сектора пољопривреде доводи до стагнирања или пак удаљавања Србије од реализације једног броја постављених циљева одрживог развоја (РЗС, 2020). Стога, у наредном периоду требало би, уз обезбеђење повољних финансијских услова за инвестирање, осигурати заједничке и умрежене активности приватног,

јавног, цивилног и научно образовног сектора и тако створити подстицајне услове за унапређење истраживачко развојног и иновативног потенцијала сектора пољопривреде Србије.

Литература

1. Aguilar, A., Cichocka, D., Hogel, J., Venturi, P., & Economidis, I. (2013). *Biotechnology research for innovation and sustainability in agriculture in the European Union*. In: D. Bennett & R. Jennings (Eds.), *Successful Agricultural Innovation in Emerging Economies*, Cambridge University Press New York, 283-298.
2. Baregheh, A., Rowley, J., & Sambrook, S. (2009). Towards a multidisciplinary definition of innovation. *Management decision, Vol. 47, No. 8: 1323-1339*
3. Biočanin, R., Kostić, B., Tolja, N., Mijatović, N., & Kastrat, I. (2017). *Biotechnology in sustainable agriculture state of the Western Balkans*. In: 4th International Scientific Conference, Agribusiness MAK-2017, “European Road” IPARD 2015-2020. Etno Centar GEGULA-Center for the successful development of family agriculture and tourism, 342-351
4. Bouma, J., Van Altvorst, A. C., Eweg, R., Smeets, P. J. A. M., & Van Latesteijn, H. C. (2011). The role of knowledge when studying innovation and the associated wicked sustainability problems in agriculture. *Advances in agronomy*, 113: 293-323
5. Despotović, D., Ristić, L., & Dimitrijević, M. (2019). Significance of innovation for sustainable economic and agricultural development in the Republic of Serbia. *Facta Universitatis, Series: Economics and Organization*, Vol. 16, No. 4: 389-401.
6. Đurić, K. (2020). *Stanje i perspektive poljoprivrednog savetodavstva u Republici Srbiji*. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad
7. El Bilali, H., & Allahyari, M. S. (2018). Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies. *Information Processing in Agriculture*, 5(4): 456-464.
8. El Bilali, H. (2018). Relation between innovation and sustainability in the agro-food system. *Italian Journal of Food Science*, 30(2): 200-225

9. Еуростат, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
10. FAO (2018). *Transforming food and agriculture to achieve the SDGs. 20 interconnected actions to guide decision-makers*. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>
11. FAO (2017). *The future of food and agriculture - Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>
12. FAO (1989). 'Sustainable development and natural resources management', Twenty-Fifth Conference, Paper C 89/2 - Sup. 2, Food and Agriculture Organization, Rome, доступно <http://www.fao.org/3/z4961en/z4961en.pdf>; <http://www.fao.org/3/w7541e/w7541e02.htm>
13. Hunt Jr, E. R., & Daughtry, C. S. (2018). What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture?. *International journal of remote sensing*, 39(15-16): 5345-5376.
14. Kljajić, N., Paraušić, V. & Rodić, A. (2016). *Techno-economic feasibility use of portable solar irrigation system*. In D. Tomić, K. Lovre & J. Subić (Eds.), *Emerging technologies and the development of agriculture*, Thematic Proceedings. Novi Sad, Serbia. Serbian Association of Agricultural Economists, Belgrade, Serbia; Faculty of Economics, Subotica, University of Novi Sad, Serbia; Institute of Agricultural Economics, Belgrade, Serbia, 36-57.
15. Kondić-Špika, A., & Kobiljski, B. (2012). *Biotechnology in Modern Breeding and Agriculture*. In: Proceedings of the International Conference on BioScience: Biotechnology and Biodiversity-Step in the Future. The Fourth Joint UNS-PSU Conference, Novi Sad, Serbia, 18–20 June 2012, 201-210
16. Lakhari, I. A., Gao, J., Syed, T. N., Chandio, F. A., & Buttar, N. A. (2018). Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: A review on aeroponics. *Journal of plant interactions*, 13(1): 338-352.
17. Manual, O. (2005). *Guidelines for collecting and interpreting innovation data*. Third edition. Organization for Economic Co-Operation and Development & Statistical Office of the European Communities, Paris, France

18. Milovanović, S. (2014). The role and potential of information technology in agricultural improvement. *Економика пољопривреде*, 61(2): 471-485.
19. Mousavi, S. R., & Rezaei, M. (2011). Nanotechnology in agriculture and food production. *J Appl Environ Biol Sci*, 1(10): 414-419.
20. Mukhopadhyay, S. S. (2014). Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. *Nanotechnology, science and applications*, 7: 63-71
21. OECD (2018). *How digital technologies are impacting the way we grow and distribute food. GFA 2018: Digital technologies in food and agriculture: reaping the benefits*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Global Forum on Agriculture Paris, 14-15 May. [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/GF\(2018\)1&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/GF(2018)1&docLanguage=En)
22. OECD (2016). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016. Organisation for Economic Co-operation and Development*, доступно https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2016_sti_in_outlook-2016-en#page35
23. Paraušić, V. & Domazet, I. (2018). Cluster Development and Innovative Potential in Serbian Agriculture. *Economics of Agriculture*, No. 3: 1159-1170
24. Параушић, В. (2018). Значај и улога удружења пољопривредника у Србији. *Агроекономика*, Бр. 80: 43-51
25. Paraušić, V., Domazet, I., Simeunović, (2017). Analysis of the Relationship Between the Stage of Economic Development and the State of Cluster Development. *Argumenta Oeconomica*, Vol. 39, No. 2: 279-305
26. Prasad, R., Kumar, V., & Prasad, K. S. (2014). Nanotechnology in sustainable agriculture: present concerns and future aspects. *African Journal of Biotechnology*, 13(6): 705-713.
27. Ristić, L., Despotović, D., & Dimitrijević, M. (2020). Multifunctionality of agriculture as a significant factor for sustainable rural development of the Republic of Serbia. *Economic Themes*, 58(1): 17-32.
28. РЗС (2020). *Извештај о напретку у остваривању циљева одрживог развоја до 2030. године у Републици Србији*. Републички завод за статистику Србије, Београд, доступно http://sdg.indikatori.rs/media/1545/izvestaj-o-napretku-u-ostvarivanju-ciljeva-odrzivog-razvoja-do-2030-godine-u-srbiji_web.pdf

29. РЗС (2019). *Анкета о структури пољопривредних газдинстава, 2018. Пољопривредна газдинства према типу производње и економској величини*. Републички завод за статистику Србије, Београд, доступно <https://publikacije.stat.gov.rs/G2019/Pdf/G20196005.pdf>
30. РЗС (DevInfo). DevInfo online база података. Републички завод за статистику Србије, Београд, доступно на линку <http://devinfo.stat.gov.rs/diSrbija/diSDG.aspx>
31. РЗС, база података, <https://data.stat.gov.rs/?caller=SDDDB>
32. Roljević Nikolić, S. & Paraušić, V. (2020). *Organic farming and sustainable development of rural areas: A case study of Serbia*. In: M. Platania, M. Jeločnik, I. Neta Gostin (Eds.), *Organic, farming, ecomarket and their capitalization through the entrepreneurial initiative*, Alexandru Ioan Cuza University; Institute of Agricultural Economics, Iași, Romania; Belgrade, Serbia, pp. 217-237.
33. Roljević Nikolić, S., Grujić, B., & Sarić, R. (2012). Organic agriculture in terms of sustainable development and rural areas' development. *Rural Areas and Development*, 9: 155-172.
34. Roljević S., Sarić R. & Vuković, P. (2009). Significance and application of biological measures of combat in the concept of sustainable agriculture. *Economics of Agriculture*, 4: 617-626.
35. Santiteerakul, S., Sopadang, A., Yaibuathet Tippayawong, K., & Tamvimol, K. (2020). The Role of Smart Technology in Sustainable Agriculture: A Case Study of Wangree Plant Factory. *Sustainability*, 12(11), 4640, doi:10.3390/su12114640
36. SEEDDEV (2017). *Konkurentnost poljoprivrede Srbije*. SouthEastern European Development Organisation. Serbia
37. Службени гласник РС, број 10/21. Стратегија научног и технолошког развоја Републике Србије за период од 2021. до 2025. године „Моћ знања”
38. Службени гласник РС, број 85/14. Стратегија пољопривреде и руралног развоја Републике Србије за период 2014-2024. Година
39. Станојевић, Н. (2019). Улога информационих технологија у одрживом развоју пољопривреде. *Економски видици*, бр. 1-2: 1-16

40. Уједињене нације Србија (2018). *Циљеви одрживог развоја Србија*, Београд, 2018, доступно <https://www.stat.gov.rs/media/3707/un-sdg-brochure-srb-cir-2018-2-web.pdf>
41. UN (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. General Assembly. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development. New York, USA, https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
42. Zakić, N., Bugarčić, M., & Milovanović, M. (2017). Proclivity for open innovation in the case of agricultural and food companies in Serbia. *International Review*, (3-4): 64-71.

ИНОВАТИВНА РЕШЕЊА СИСТЕМА НАВОДЊАВАЊА УЗ ПРИМЕНУ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ: ТЕХНИЧКИ АСПЕКТИ

Жељко В. Деспотовић¹, Александар Родић², Илија Р. Стевановић³

Сажетак

Узајамним коришћењем соларне енергије и енергије ветра, могу се постићи оптимални резултати, имајући у виду комплементарност ових облика енергије, односно чињеницу да када доминира сунчева енергија, постоји дефицит енергије ветра и обратно, када доминира енергија ветра, недостаје сунчеве енергије.

У представљеном поглављу је приказана реализација једног типа хибридног система напајања (комбинација обновљивих извора енергије: ветра и сунца и електроенергетске мреже) који обезбеђује аутономно и непрекидно напајање потрошача у системима наводњавања повртарских култура „кап по кап“ и „Агрокапиларис“, као и осталих потрошача (погони компресора и механизма за подизање ролетни пластеника) на огледној парцели Средње Техничке Пољопривредно-Хемијске школе из Обреновца, конкретно на локацији места Грабовац. Приказана реализација систем хибридног напајања је један од кључних резултата реализације пројекта „Природни ресурси ветра, сунца и воде у циљу унапређења агро-техничке мере наводњавања: примена зелених технологија у функцији одрживог руралног развоја Србије“ (тема 9), у оквиру Програма подстицаја за унапређење система креирања и преноса знања кроз развој техничко-технолошких, примењених, развојних и иновативних пројеката у пољопривреди и руралном развоју

-
- 1 Проф. др Жељко В. Деспотовић, научни саветник, дипл.ел.инж., Институт „Михајло Пупин“, Универзитет у Београду, Волгина 15, Београд, Тел: +381 11 677 10 24, E-mail: zeljko.despotovic@pupin.rs
 - 2 Проф. др Александар Родић, научни саветник, дипл.маш.инж., Институт „Михајло Пупин“, Универзитет у Београду, Волгина 15, Београд, Тел: +381 11 677 42 36, E-mail: aleksandar.rodic@pupin.rs
 - 3 Илија Р. Стевановић мастер машинж., истраживач сарадник, Институт „Михајло Пупин“, Универзитет у Београду, Волгина 15, Београд, +381 11 677 42 36, E-mail: ilija.stevanovic@pupin.rs

у 2019/2020 години. Основна идеја у реализацији пројекта је била да се што више користи обновљива и природом дата „зелена енергија“, а само у случајевима када постоји пад производње из обновљивих извора и/или испражњеност батеријске банке, да се користи енергија из електро дистрибутивне мреже. Између осталог, примењено техничко решење представља и допринос популаризацији, промоцији и трансферу знања о могућностима коришћења ОИЕ у пољопривредној производњи у Републици Србији.

Кључне речи: Обновљиви извори енергије, пољопривреда, наводњавање, хибридни системи напајања, батеријска банка, енергетски претварачи, одрживи развој.

Увод

Разни извори енергије, као што су соларна, енергија ветра, енергија хидротокава, биомаса, органски отпад, биогорива и комбиновани термички процеси пружају једноставно, одрживо и ефикасно решење за очување вредних необновљивих фосилних ресурса и без утицаја на загађење животне средине (Eindhof, 2012). Соларна енергија која се може користити у различитим облицима (соларни панели, директна соларна термална енергија и сл.), обновљива горива и ветар могу понудити решења за светске енергетске проблеме и што је такође веома битно, учинити животну околину одрживом за будуће генерације и значајно утицати на смањење загађења животне средине које је проузроковано употребом енергије из фосилних горива.

Примена и коришћење енергетских извора у пољопривреди су веома важни за ратарску производњу и у системима агропрераде. Енергија човека и животиња, као и други облици механичке енергије се интензивно користе у разним гранама пољопривредне производње (ратарство, повртарство, сточарство и сл.)(Jensen, 1995). Потребне за енергијом у пољопривреди су подељене у две групе, и то директне и индиректне. Директна енергија је потребна за обављање различитих задатака повезаних са процесима ратарске производње, као што су припрема земљишта, наводњавање, вршидба, жетва и транспорт пољопривредних инпута и крајњих производа. Евидентно је да се овај тип енергије директно користи на фарми и на њивама. С друге стране, индиректна енергија се састоји од енергије која се користи у производњи, паковању и транспорту ђубрива, пестицида, семена и у пољопривредним машинама.

Као што сам назив имплицира, индиректна енергија се не користи директно на фарми или пољопривредном добру. Израчунавање енергетских улаза у пољопривредној производњи је теже у поређењу са индустријским сектором због великог броја фактора који утичу на пољопривредну производњу (Chel, 2011).

Пољопривреда је прави и једини извор хране за људе. Већина пољопривредних машина покреће се фосилним горивима, која доприносе ефекту „стаклене баште“ услед емисије гасова и као последица тога долази до убрзавања климатских промена. Таква штета по животну средину може се ублажити промоцијом обновљивих извора енергије (ОИЕ), као што су пре свега соларна енергија, ветар, биомаса, плима и осека, геотермална енергија, хидроенергија, биогорива и енергија таласа. Ови обновљиви извори имају огроман потенцијал за пољопривредну индустрију, а субвенцијама државе треба да подстакну пољопривреднике да користе технологију ОИЕ.

Енергија ветра у комбинацији са сунчевом енергијом представља један од најчешће коришћених хибридних система снабдевања и напајања енергијом за различите намене, које се односе на примену и унапређење агрономских и техничких мера у системима наводњавања. Повољност представља то што у периодима када се имају слабији интензитети сунчевих зрачења (позна јесен, зима, рано пролеће) доминира енергија ветра. Такође и у летњем периоду (који иначе подразумева доминантну енергију сунца), нарочито у планинским областима, али не ретко и у равничарским, у ноћним условима када нема сунчеве енергије, енергија ветра постаје доминантна. На овај начин је постигнуто допуњавање ове две врсте обновљиве енергије, тако да се на годишњем нивоу има скоро континуални систем који може да обезбеди енергетско напајање система за наводњавање пољопривредних култура.

Додатно унапређење система наводњавања се може остварити уколико се као допунски енергетски извор користи електро дистрибутивна мрежа 230V, 50Hz. У том случају се може говорити о хибридном систему напајања за наводњавање пољопривредних култура. Једна од битних особина овог система напајања је што је он уствари и непрекидан извор енергије. Тенденција је да се у што мањем обиму као извор енергије користи електро дистрибутивна мрежа, већ само када је то нужно, а у што већем обиму обновљива, чиста, односно тзв. „зелена енергија“. Треба напоменути да је у овим системима неопходан систем електричних акумулатора (батерија) који служи за нагомилавање обновљиве енергије

(у овом случају енергије ветра и сунца). Овај акумулациони систем се популарно назива „*батеријска банка*“. Он треба да обезбеди напајање енергетског дела система за наводњавање и заливање, и то у периодима када нема довољно енергије из ветра и сунца.

Хибридни системи за напајање електричном енергијом представљају електроенергетске системе који садрже више од једног извора електричне енергије. Уопштено говорећи, хибридни системи напајања снабдевају потрошаче електричном енергијом, која се добија углавном из ОИЕ (Radaković, 2019; Batic, 2010; Stankov, 2017; Despotović, 2020a). Ти системи се најчешће састоје од ветротурбина са генераторима, соларних панела, хидро-генератора, а у неким случајевима када се захтева већа аутономија напајања, додају се као помоћни извори напајања дизел-електрични или бензински агрегати (Durgam, 2015; Nayyar, 2000; Mahmoud, 2006). Коришћење ових агрегата је скопчано са проблемима уградње, монтаже, проветравања и одвођења продукта сагоревања горива, те стога и са значајнијим загађењем околног ваздуха. Такође ови електрични агрегати праве значајну буку и вибрације, те стога на тај начин утичу на животну околину, пре свега на људе и животиње. Из ових разлога се као допунски извор може користити електро дистрибутивна мрежа. На овај начин поменути хибридни системи напајања постају и непрекидни, што је веома значајно са аспекта примене савремених мера у системима наводњавања пољопривредних култура.

Хибридни системи су јако погодни за напајања система за наводњавање који се налазе у руралним областима и тешко доступним локацијама, где нема могућности напајања са електро дистрибутивне мреже или је ово мрежно напајање интермитентног карактера (Durgam, 2015; Nayyar, 2000). Капацитет хибридних система се креће у опсегу од неколико десетина вати до неколико стотина киловата. Ови системи најчешће могу да складиште електричну енергију, која је потребна при појави вршне потрошње или када је расположива снага из електроенергетске мреже мала. Складиштење се врши у акумулаторским батеријама, помоћу којих се повећава флексибилност и поузданост система.

У поглављу је приказан један пример примене и реализације система за испумпавање воде и заливања повртарских култура по систему „кап по кап“ и методом „Агрокапиларис“ на школској огледној парцели Средње Техничке Пољопривредно-Хемијске школе из Обреновца, на локацији места

Грабовац. Основна идеја у реализацији пројекта је била да се што више користи обновљива и природом дана „зелена енергија“, а само у случајевима када постоји пад производње из обновљивих извора и/или испражњеност батеријске банке, да се користи енергија из електро дистрибутивне мреже.

Могућност искоришћења енергетских потенцијала сунца и ветра у пољопривредној производњи Републике Србије

У природи постоје енергетски токови који нису под контролом човековог деловања, али значајно утичу на његов живот и животну средину. Ови токови енергије у већини случајева настају као директна последица приспеле енергије Сунца на планету Земљу. Због свог кретања, облика и нагиба ротационе осе, целокупна површина планете Земље не добија уједначену количину енергије. Томе треба додати и остале специфичности као што су на пример рељеф, расподела водених токова и водених осталих површина. Услед специфичности рељефа неки ефекти се повећавају а неки ублажавају. Ово је са једне стране последица различитости врста земљишта и вода, а са друге стране последица њихове различите апсорпције сунчевог зрачења. Због тога се јавља температурна разлика и разлика атмосферских притисака, што за последицу има кретање ваздушних маса, односно долази до стварања струјања и ветрова. Иако се свега 3% сунчеве енергије доспеле на површину планете Земље претвара у кретање ваздушних маса, њихова енергија није занемарљива, уз једну битну констатацију да је има и на јако неприступачним местима и то скоро цео дан. Ово је енергију ветра учинило јако атрактивном и инвестиционо привлачном како у области производње електричне енергије, тако и у области употребе електричне енергије. Свакако да је пољопривредна производња један од највећих потрошача електричне енергије добијене из ОИЕ.

Република Србија се налази релативно близу Карпатског планинског масива, одакле углавном дувају снажнији ветрови. Ветра такође има и на различитим географским локацијама, а по интензитету ветрова доминирају источни делови Србије, Банат и долина Дунава. У микро-климатском смислу ваздушна струјања су најдоминантнија у руралним планинским областима, на ободима шума, у речним долинама и дуж речних токова и речних канала, на планинским превојима, и сл. Ово омогућава коришћење снаге ветра различитим капацитетом и на различитим географским локацијама. Према бројним експертским анализама капацитети ветрова на овом подручју Балкана се крећу у опсезима 1300-1500MW, или око 2.3-2.4 TWh/god.

Најпогодније локације у Републици Србији за изградњу ветро-постројења су: Миџор на Старој Планини (просечна брзина ветра од 8m/s, Сува Планина око 7m/s, Вршачки Брег око 6m/s, Тупижница око 6m/s, Крепољин око 6m/s, Дели Јован око 6m/s. Извесни капацитети постоје и у долинама водених токова и река као што су Дунав, Сава, Морава и Дрина.

За оцену оправданости градње ветро-постројења, потребно је спровести одређена мерења и извршити стручне анализе. Агенција за енергетску ефикасност Републике Србије је организовала и обавила мерења параметара ветрова на висинама од 20-80m на локацијама у Неготину, Великом Градишту и Тителу. Према стручним студијама Министарства рударства и енергетике, утврђена је исплативост у улагање оваквих и сличних постројења. Да би нека локација са присуством ветроенергије била повољна и финансијски исплатива, потребно је да се најмања годишња брзина ветра креће у границама од 4.8-6m/s. Стога је потребно брижљиво обавити мерења за сваку локацију, како би се имао тачан увид у исплативост инвестиције.

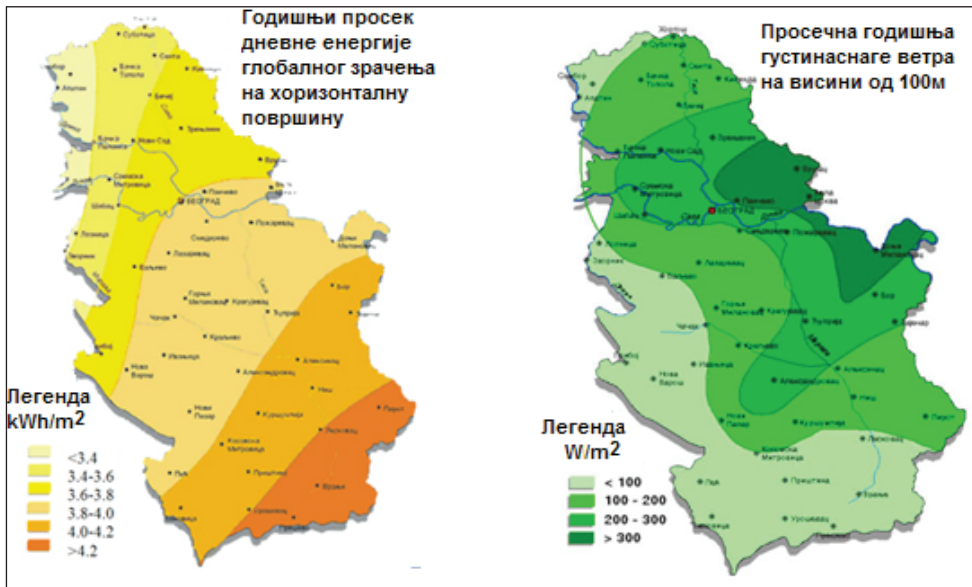
За мања домаћинства и пољопривредна газдинства се препоручује да се пре постављања ветротурбина изврше одговарајућа мерења по сезонама.

На географским ширинама Републике Србије енергетски потенцијали сунца и ветра су прилично избалансирани, за разлику од неких европских држава (Шведска, Норвешка, Данска, Финска), у којима је потенцијал ветра значајно већи од потенцијала сунца или пак ако се ради о јужним и медитеранским земљама, где је доминантна сунчева енергија. Ова чињеница пружа велику погодност комбинације ових типова енергетских извора на домаћим локацијама у Републици Србији. У прилог овоме иде и чињеница да су ова два вида енергије комплементарна. У годишњим периодима, када је изузетно сунчано и топло доминантан извор је сунчева енергија, али у зимском периоду нарочито у Кошавској области, доминира ветар. На дневном нивоу могуће је направити оптимизацију у смислу балансирања производње и коришћења енергије, на такав начин што ће се дању више користити енергија сунца, а ноћу ваздушно струјање услед разлика у температурама и атмосферским притисцима, односно ветар. На ово свакако значајан утицај имају и тип вегетације и рељефа. Познавајући ове чињенице могуће је оптимизовати производњу и коришћење ОИЕ на локацијама од интереса.

Да би се стекао бољи увид у комбиновано коришћење енергије сунца и ветра у Републици Србији, анализирају се карте потенцијала сунчеве и енергије ветра. У том циљу су на *Слици 1.* приказане годишње просечне густине енергија ветра и сунца на територији Републике Србије.

На картама које су дате на *Слици 1.*, уочава се да су најбољи терени за комплементарну употребу сунчеве и ветро енергије области источне и југоисточне Србије. Локације дуж река (Дунав, Сава, Дрина) су такође повољне области за коришћење ова два вида енергије. Ове чињенице морају бити узете у обзир када се пројектује хибридни систем напајања у циљу установљења система испумпавања воде и наводњавања усева на локацији од интереса. Техничко-економске могућности коришћења соларних система за потребе наводњавања у пољопривреди су детаљније обрађени у референцама (Despotović, 2016a; Despotović, 2016b; Despotović, 2018; Despotović, 2020b; Rodić, 2017; Subić, 2016; Subić, 2020) и претходним студијама и пројектима рађеним за МПШВ. У наставку ће се у кратким цртама акценат ставити на теоријско разматрање корисне снаге једне типичне мини ветротурбине, која се најчешће користи у системима наводњавања на мањим и средњим парцелама.

Слика 1. Поређење потенцијала сунчеве енергије и енергије ветра на карактеристичним локалитетима Републике Србије



Снага ветра која се преноси на ротор ветрогенератора је директно пропорционална површини коју обухватају лопатице ротора, затим густини ваздуха и кубном степену брзине ветра. Теоретска корисна снага је дата опште познатом релацијом:

$$P = \frac{1}{2} \alpha \rho \pi r^2 v^3 \quad (1)$$

где су:

- P - снага у W,
- α - фактор искоришћења,
- ρ - густина ваздуха у kg/m^3 ,
- r - радијус турбине у m, и
- v - брзина ваздуха у m/s.

Пошто елисе турбине апсорбују енергију од ваздуха, брзина ваздуха опада. Немачки научник Алберт Бец, је показао 1919. године да ветротурбина може да искористи највише 59% од теоретске енергије ветра.

Постојеће стање технике хибридних система напајања примењених у пољопривреди

Реномирани произвођачи хибридних система напајања (VESTAS, General Electric, SIEMENS...) нуде решења за велике снаге (>10kW) и она су по правилу “On-Grid” системи који у себи садрже енергетско-електронске модуле за синхронизацију са “јаком и крутом” електро дистрибутивном мрежом. Ови хибридни системи су базирани на испоруци енергије произведене из сунца и ветра у електро-дистрибутивну мрежу. Ова решења нису прилагођена за релативно мале потрошаче (потрошаче малих снага), какви се срећу у апликацијама у пољопривреди, односно у системима наводњавања.

На тржишту малих хибридних система (системи са релативно малим захтевима у погледу снаге) се нуде слична техничка решења која се углавном односе на хибридне системе малих снага (до 4kW) базирани на коришћењу ветра и сунца, уз употребу батеријске банке. У већини случајева се остварује комбинација напајања са скупим, бучним и веома загађујућим дизел електричним или бензинским електро агрегатима. Ова решења са дизел или бензинским електро агрегатима, као и решења се коришћењем мрежних прикључака (електро дистрибутивна мрежа), су веома скупа и не укључују

осталу инфраструктуру као што су полагање кабловских траса, даљинска комуникација и праћење статуса система напајања, батеријске банке, система за наводњавање, заштита од атмосферских пражњења, пренапонска заштита и сл. Фирма SOLAR ONLINE из Аустралије (Solar Online, 2020) нуди хибридни систем базиран на коришћењу искључиво ветра и сунца без коришћења дизел или бензинског електро агрегата. Постоји могућност доградње са дизел или бензинским електро агрегатом али је то скопчано са релативно великом ценом и са свим претходно поменутих манама ових агрегата. Приказ једног таквог хибридног система који се управо користи у апликацијама наводњавања у пољопривредним системима је дат на *Слици 2*. Стандардно од ове фирме се нуди следећа опрема и следеће решење:

- 1kW ветротурбина са контролером пуњења батерије
- Стуб висине 13m, са сајлама за учвршћење и за монтажу ветротурбине
- Соларни панели
- Рам за монтажу соларних панела, димензионисан за брзине ветра до 40km/h
- MPPT соларни контролер
- LCD дисплеј са логовањем података
- 2kW-4kW соларни инвертор са синусним излазом који у себи опционо може садржавати и батеријски пуњач
- Батеријски пуњач: 85-100A (24VDC), 42-55A (48VDC)
- AC Auto Transfer Switch (ATS) са инвертора ка потрошачима
- Соларне батерије са релативно великом дубином пражњења
- Батеријски каблови
- Систем за надзор батерије укључујући термичке сензоре
- DC развод
- Кабловска инсталација за ветротурбину и соларне панеле
- Заштитна кола
- Пројектовање, монтажа и инсталација опреме
- Систем за праћење сунца (као опција на специјалан захтев)

Слика 2. Хибридни систем (сунце-ветар) снаге 1kW производње фирме SOLAR ONLINE (Solar Online, 2020), примењен у пољопривредним апликацијама



Овај систем укључује аутономију 3 до 4 часа, при пуној снази потрошње, уз претпоставку да је производња енергије из ветра и сунца редукована. Систем садржи велику батеријску банку. Систем напајања не садржи могућност пребацивања на електро-дистрибутивну мрежу. Пројекција цена једног оваквог хибридног система је дата у *Табели 1*.

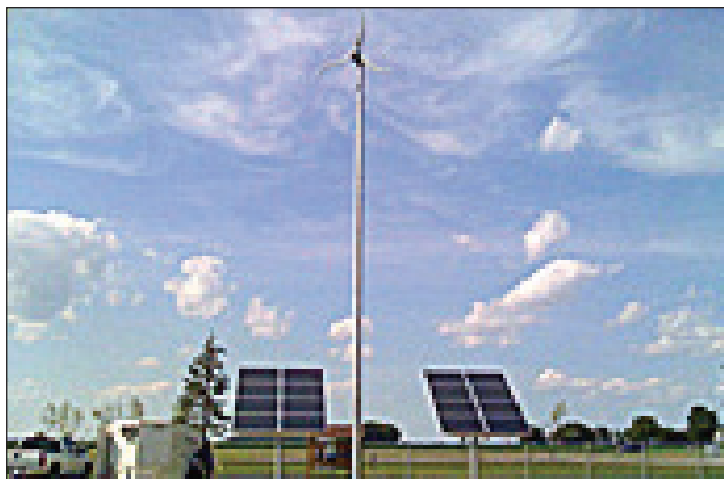
Табела 1. Пројекција цена хибридног система (сунце-ветар) снаге 1kW производње фирме SOLAR ONLINE

Инсталисана снага (W)	Корисна енергија у kWh/ дану	Цена Система	Цена са одговарајућим попустом
2050	7.5	\$38,200.00	\$34,200.00
2575	9.5	\$45,200.00	\$41,200.00
3100	11.5	\$52,750.00	\$48,750.00
3625	13.5	\$59,800.00	\$55,800.00
4150	15.5	\$66,900.00	\$62,900.00

Америчка фирма AGRICULTURE SOLAR нуди слична решења, по систему “кључ у руке” за пољопривредне произвођаче (углавном ратаре и повртаре) (Agriculture Solar, 2020). На *Слици 3*. је дат приказ хибридног система без интеграције мрежног напајања. Као опција се нуде дизел

или бензински електрични агрегати. Такође као опција се нуде и системи са покретним соларним панелима са електро-механичким склопом за праћење сунчеве путање током дана у интервалу времена од изласка до заласка сунца (тзв .”*solar tracking*” системи). Неки од ових система су реализовани и детаљно описани у референцама (Despotović, 2019; Stevanović, 2013; Jovanović, 2017).

Слика 3. Хибридни систем (сунце-ветар) снаге 2kW производње фирме AGRICULTURE SOLAR (Agriculture Solar, 2020), примењен у пољопривредним апликацијама



Цене оваквих система у производном програму фирме AGRICULTURE SOLAR се крећу у распону 20.000-50.000USD зависно од апликације и захтева за наводњавањем. Системи не поседују статички прекидач и аутоматско пребацивање на мрежно напајање. Системи су наменски прављени за америчко тржиште и прилагођени су захтевима пољопривредних произвођача. Цене за америчке пољопривредне произвођаче су ниже од претходно поменутих уз напомену да су субвенције државе у том случају значајне.

Фирма JAIN DRIP нуди веома интересантно решење интеграције соларних панела и ветротурбине, које је детаљније приказано са свим техничким детаљима (Jain Drip, 2020). У овом случају постоји ограничење носивости стуба на коме се монтирају соларни панели и ветрогенератор. Такође у овом случају постоји ограничење у погледу инсталисане снаге, због претходно наведеног ограничења. На *Слици 4.* је приказан овај тип интеграције хибридних система.

Слика 4. Хибриди систем фирме JAIN DRIP базиран на интеграцији соларних панела и ветротурбине на истом стубу (Jain Drip, 2020)



Хибридни систем приказан на *Слици 4.* не укључује интеграцију са мрежним напајањем и примењив је на системе релативно мале снаге опсега 500-750W. Цена ових система је у распону 5.000-8.000USD и у ову цену нису укључени пратећа инсталациона и заштитна опрема. Обзиром на ограничење снаге, специфична цена по вату (киловату) инсталисане снаге је релативно висока.

Шпанска фирма TODOENSOLAR нуди решење са вертикалном турбином и припадајућим ветрогенератором, типа *Kliux Geo* (1800W). Детаљнији приказ техничког решења ове фирме је дат на линку (Todo ensolar, 2020). На *Слици 5.* је дат приказ хибридног система производње TODENSOLAR базираног на вертикалној ветротурбини.

Слика 5. Хибриди систем (сунце-ветар) фирме TODENSOLAR базиран на интеграцији соларних панела и вертикалне турбине *Kliux Geo* (Todoensolar, 2020).



Овај систем се састоји од следеће техничке опреме која је у наставку специфицирана по ставкама:

(1) ВЕТРО-ТУРБИНА са припадајућим компонентама

- Ротор са вертикалном осом *Kliux Geo 1800 W*
- Синхрони генератор са перманентним магнетима.
- Стуб за монтажу, анти-корозивно заштићен одговарајућим премазом
- Инвертор *Mini 2600, 2 kW, 230V, 50 Hz (SANTERNO)*.
- GSM комуникациони модул (опција).
- Мини метеоролошка станица (опција)

(2) СОЛАРНИ СЕТ

- Соларни панели, монокристални (4000W инсталисане снаге).
- Соларни инвертор *Sunny Boy SB4000 TL-20, 4200 W, 230, 50Hz (SMA)*.
- Алуминијумска структура за монтажу соларних панела

(3) ДИМЕНЗИЈЕ И ТЕЖИНА

- Генератор са вертикалним ротором и преносом : 237kg
- Тежина стуба: 232.6kg.
- Пречник ротора: 2.36 m.
- Висина ротора / трансмисије: 3 m / 0.83 m.
- Висина стуба: до 6 m.

(4) ГЕНЕРАТОР

- Номинална снага генератора: 1.800 W.
- Брзина : 3.5 m / s.
- Аеродинамичка кочница.
- Максимална брзина обртања ротора: 106 ob/min
- Ниво буке на растојању 10m, 32.6dB.
- Век трајања: 25 година.

Цена једног оваквог система је око 23.000 евра без трошкова транспорта и испоруке. Систем нема интегрисан статички прекидач и могућност интеграције са електро дистрибутивним напајањем.

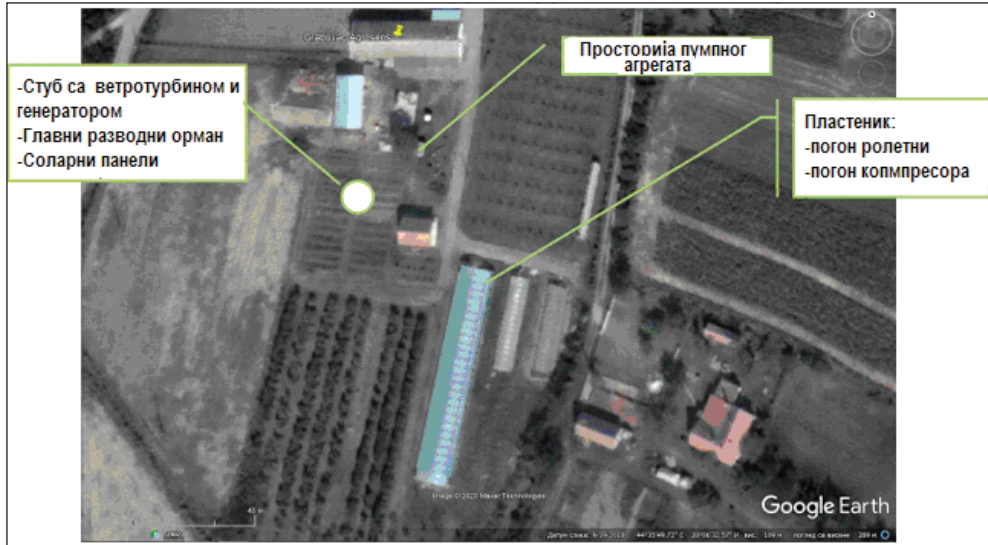
Интеграција система ОИЕ (сунце, ветар) у реализацији хибридног система напајања на пољопривредној парцели „Грабовац“

На основу прегледа стања у области хибридних система напајања примењених у пољопривреди, као и прегледа комерцијализованих решења, закључак је да су ови хибридни системи реализовани углавном као комбинација коришћења енергије сунца и ветра (опционо дизел или бензински електро агрегат) али без могућности прикључења на електро дистрибутивну мрежу. Углавном су системи реализовани у зависности од конкретне ситуације и за конкретну апликацију која зависи од услова наводњавања за дату локацију или пољопривредну парцелу. Цене расположивих комерцијалних хибридних система напајања су релативно високе и нису обично ни технички али и ценовно примерене специфичним пројектним захтевима који се траже у системима за унапређење агротехничких мера наводњавања.

Сходно претходним разлозима, приступило се пројектовању, оптимизацији, реализацији и пуштању у рад новог непрекидног, хибридног система напајања и комплетне електроенергетске и телекомуникационе инфраструктуре у систему наводњавања. Примењено техничко решење, као једна од кључних мера за унапређење система наводњавања „*cap po cap*“ и система „Агрокапиларис“, на огледној парцели Средње Техничке Пољопривредно-Хемијске школе из Обреновца, на локацији места Грабовац. Између осталог, примењено техничко решење представља и допринос популаризацији, промоцији и трансферу знања о могућностима коришћења ОИЕ у пољопривредној производњи у Републици Србији. У наставку текста су дати детаљнији опис реализованог постројења и прецизније техничке карактеристике.

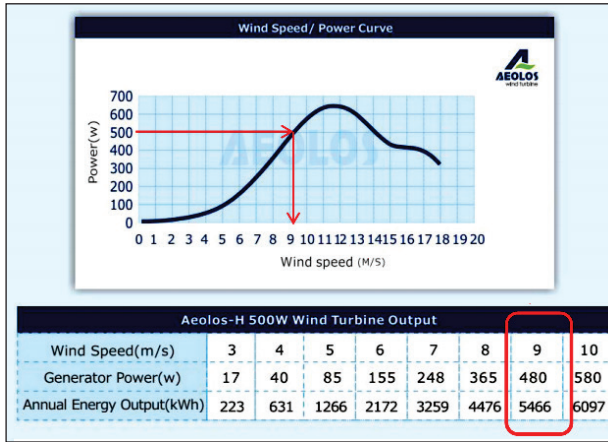
На *Слици 6.* је приказана диспозиција објеката и техничке опреме на огледном добру Средње пољопривредно-хемијске школе из Обреновца, које је лоцирано у месту Грабовац. Енергија сунца се обезбеђује из четири соларна панела, сваки максималне снаге 275W, при максималној сунчевој инсолацији од око 1000W/m². Енергија ветра се обезбеђује из ветротурбине чији генератор на свом излазу може да оствари максималну снагу од 500W при брзини ветра од 8-9m/s. Коришћена ветротурбина у овом систему је AEOLOS H500. Турбина је изведена са три крака, односно лопатице које су начињене од композитног материјала РА66, при чему је ротор пречника 2.7m, ефективне површине пресека кроз који се обрћу лопатице (тзв. „*swept area*“) од 5.7m².

Слика 6. Ситуациони план објеката и опреме на огледном добру “Грабовец”



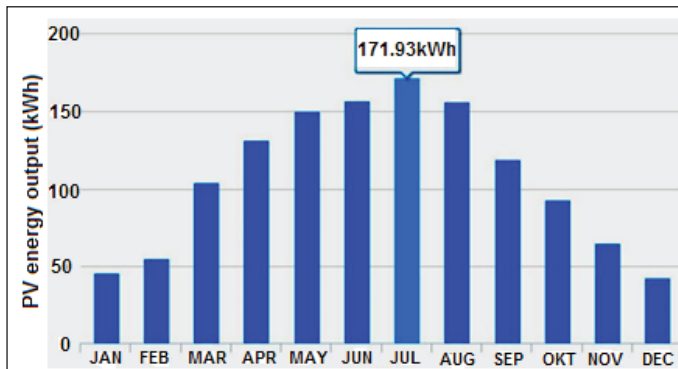
Номинална ротациона брзина ротора турбине је око 480 об/мин. Генератор ветротурбине је трофазни са сталном побудом (перманентни магнети), номиналног излазног напона 24Vac, номиналне излазне учестаности 50Hz. Степен искоришћења генератора је око 0.85. На *Слици 7.* је дата електро-механичка карактеристика (снага-брзина ветра) за коришћену ветротурбину тип Н500, произвођача АЕОЛОС. Излазна електрична снага ветрогенератора је дата у [W], док је брзина ветра изражена у [m/s]. Са ове карактеристике се јасно види да се при брзини од око 9m/s, на излазу ветрогенератора добија декларисана електрична снага од 500W. Под претпоставком да је средња годишња брзина ветра на овој локацији око 5m/s, може се рачунати са приближном вредношћу средње годишње производње електричне енергије око 1200kWh.

Слика 7. Излазна карактеристика генератора ветротурбине AEOLOS H500



На Слици 8. су приказане средње месечне производње електричне енергије за 2018 годину из четири соларна панела укупне снаге 1100W, на локацији места Грабовац, добијена коришћењем софтвера PVGIS (PV Gis, 2020)

Слика 8. Средње месечне производње енергије фото-напонских панела укупне снаге од 1100 W за 2018 годину на локацији „Грабовац“

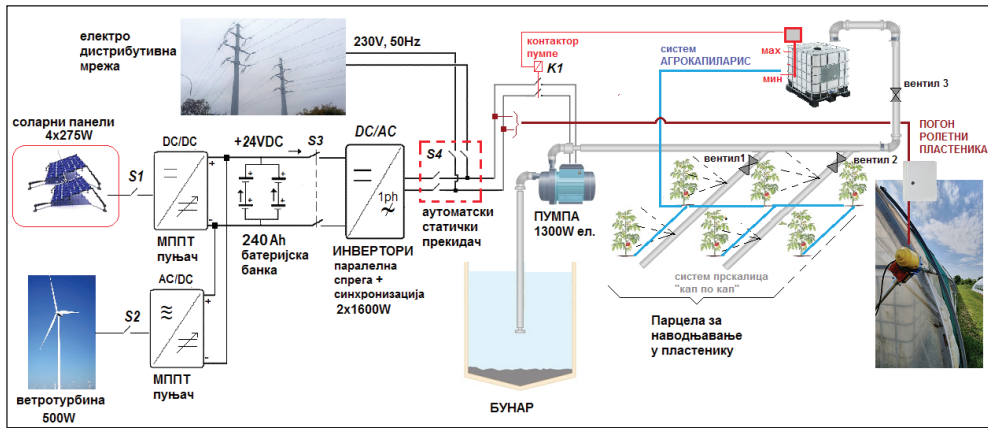


Највећа средња вредност произведена електричне енергије из соларних панела се има у периоду април-септембар (минимална вредност у септембру и априлу, од приближно 120kWh и максимална вредност у јулу од око 172kWh). Са претходног дијаграма се такође може уочити да је укупна годишња производња ове групе панела око 1290kWh, што је приближно једнако представљеној средњој годишњој производњи ветротурбине што је у складу са претходно поменутиим комплементарним односом, односно балансом производње енергије из ОИЕ сунце-ветар.

Технички опис концепције хибридног система напајања на пољопривредној парцели „Грабоваци“

На Слици 9. је приказана принципска шема система за испумпавање воде и наводњавање, као и припадајућег система хибридног напајања потрошача на пољопривредном огледном добру у Грабовцу. Главни енергетски потрошачи у овом систему су хидрауличка пумпа механичке снаге 750W (обзиром на ефикасност пумпе, електрична снага је око 1300W), погон компресора у пластенику (служи за надувавање дупле фолије у циљу стварања топлотне изолације и затегнутости фолије) снаге око 100W и погон за подизање и спуштање ролетни пластеника снаге 2x100W (два погона на свакој од страна пластеника). Овај погон служи за контролисано проветравање пластеника.

Слика 9. Принципска блок шема система за наводњавање и припадајућег хибридног напајања на огледном добру Грабоваци



На пољопривредном добру су примењена два система наводњавања: „кап по кап“ и „Агрокапиларис“. Када је систем у режиму „кап по кап“ погонска пумпа црпи воду из бунара, коју под притиском путем флексибилног цевовода и система прскалица доводи до култура које се налазе у пластенику (парадајз, купус, празилук и сл.). У овом режиму су отворени вентили 1,2 система прскалица, а затворен је вентил 3 система „Агрокапиларис“.

Систем за наводњавање „Агрокапиларис“ је иновативни начин подповршинског капиларног наводњавања код кога је основни принцип да се вода до корена биљке дистрибуира специфично конструисаним воденим трансмитерима, који се уграђују на одређеној дубини (испод дубине обраде земљишта). Три главне карактеристике које овај систем

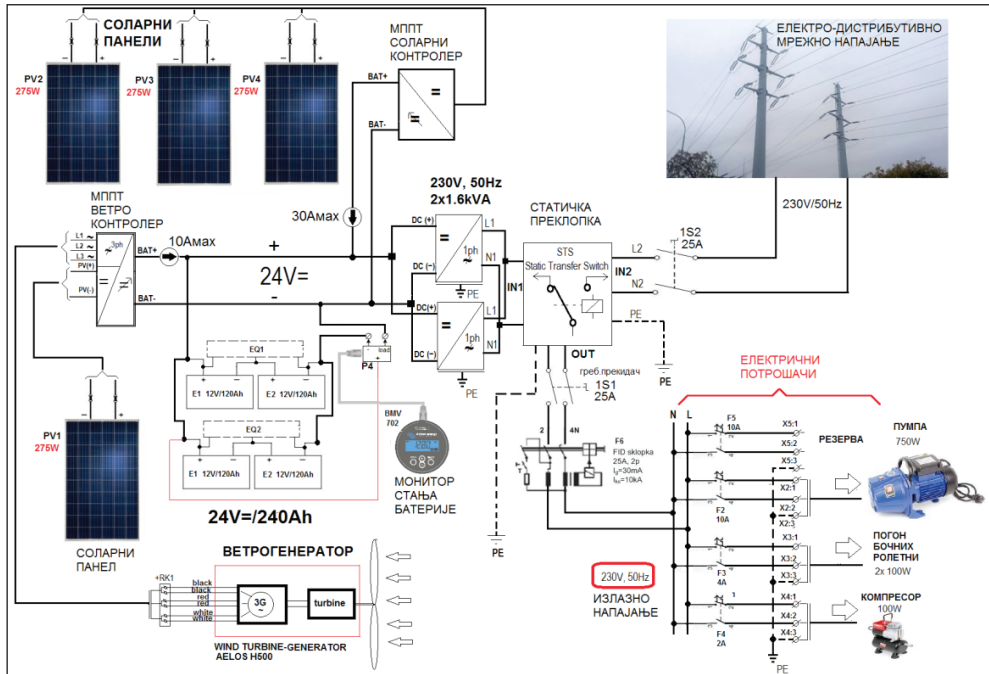
одвајају од свих других постојећих система за наводњавање су: (1) рад под екстремно ниским притисцима (по енергетској ефикасности, издваја се као најекономичнији, јер ни један други постојећи систем за наводњавање не функционише под радним притиском од 0,2 бара), (2) веома дуг век експлоатације система (карактерише га немогућност зачепљења трансмитера за влагу, што је предуслов за дуг век експлоатације), (3) саморегулација при давању влаге биљкама (ни један други постојећи систем за наводњавање не поседује ову опцију).

Поред ових карактеристика значајне су следеће предности: погодност за примену у еколошкој производњи, смањује се ризик од штеточина, разноврсност у примени (како на малим парцелама, тако и на великим комплексима), једноставно се одржава и користи, такође кроз систем је могуће вршити фертигацију органским или микробиолошким ђубривима, као и водотопивим минералним ђубривима.

У режиму „Агрокапиларис“ затворени су вентили 1,2 а отворен је вентил 3. У овом режиму пумпа под притиском напаја водом засебан танк који је смештен у пластенику. У танку се води додају поменути хемијски адитиви путем специјалног система за дозирање. У воденом танку се налази индуктивни индикатор са пловком који служи за одржавање нивоа воде у танку између минималне (МИН) и максималне вредности (МАХ). Пумпа која гура воду под притиском пуни танк када је ниво испод МИН нивоа (тада је укључена главна склопка К1 погонског мотора пумпе). По достизању МАХ нивоа индикатор даје сигнал за искључење главне склопке К1 погонског мотора пумпе и доток воде у танк се прекида. У случају пада нивоа испод МИН вредности се поново укључује погонски мотор пумпе.

Систем хибридног напајања електричном енергијом за оба поменута типа наводњавања има изузетан значај и обезбеђује практично непрекидан рад постројења. Овај систем је реализован, као што је већ споменуто у претходном поглављу коришћењем ОИЕ (сунце-ветар), напојне дистрибутивне мреже 230V, 50Hz. Технички опис концепције хибридног система напајања се односи на принципску блок шему реализованог хибридног система напајања која је приказана на *Слици 10*.

Слика 10. Принциуска шема хибридног напајања на огледном пољопривредном добру „Грабовац“



Систем обновљивих извора (ветар и сунце) на овој локацији у најбољем случају може да обезбеди вршну снагу од око $2 \times 1600\text{W}$. Једносмерни напон паралелно повезаних соларних панела је $18\text{--}36\text{Vdc}$ (номинална вредност је 24Vdc). Међуфазни напон ветрогенератора је ефективне вредности од 30Vac и он се AC/DC претварачем (исправљачем) претвара у једносмерни напон вредности од око 42Vdc , који се доводи на улаз MPPT пуњача (на електричној шеми означен као MPPT ветро-контролер). Максимална струја пуњења батерије из овог склопа је око 10A .

Стабилизација напона и струје соларних панела у циљу пуњења батеријске банке је остварено DC/DC претварачем код кога је имплементиран алгоритам праћења тачке максималне снаге (*“Maximum Power Point Tracking”*-MPPT) (Majstorović 2020). На електричној шеми овај склоп је означен као MPPT соларни контролер. Овим електронским модулом је обезбеђено контролисано пуњење батерија максималном струјом од 20A (при интензитету сунчевог зрачења од 1000W/m^2). Овај електронски модул поседује потребне електричне заштите (напонске и струјне) и обезбеђује оптимално искоришћење нелинеарне струјно-напонске карактеристике

и карактеристике расположиве снаге соларних панела (Мајсторовић, 2020; Shen, 2014). Паралелно свакој батеријској групи су везани модули за изједначавање напона и струја на батеријама EQ1 и EQ2. На овај начин се постиже равномерно „трошење батерија“ и подиже се животни век батерија, које иначе представљају најскупљи део система.

Излазни монофазни наизменични напон хибридног система напајања је 230V, 50Hz, тако да је у систему присутан енергетски претварачки блок који се састоји од два DC/AC претварача (инвертора) који се везују у паралелној спрези и синхронизовани по принципу један главни-MASTER, а други помоћни SLAVE (Despotović, 2016c; Мајсторовић, 2017). Ови инвертори претварају једносмерни напон батеријске банке од 24Vdc у наизменични напон 230V,50Hz. Овај енергетски блок обезбеђује напајање потрошача у систему док има довољно енергије из ОИЕ или батерије. Инверторски блок даје на свом излазу максималну привидну снагу од 2x1600VA. При фактору снаге 0.8, укупну активна снага на излазу је 2400W. Ова снага се односи за најкритичнији случај када је температура околине +40°C. При нижим температурама околине од +25°C, излазна активна снага која се може остварити је око 2800W. Обзиром да је најкритичније оптерећење инвертора погонски електромотор пумпе (електричне снаге 1300W), пројектован је инверторски блок који при старту пумпе може остварити максималну излазну од око 16kW, и то у кратком временском интервалу од 0.6s, колико траје стартовање мотора пумпе. Излазни инвертори имају имплементиране напонске заштите на улазу и на излазу (поднапонска и пренапонска). Поред ових напонских заштита су обезбеђене струјне заштите (заштита од преоптерећења и заштита од директног кратког споја на излазу инвертора).

Струја по фази коју обезбеђује ветрогенератор је око 6А при номиналном напону од 30Vac. Стабилизација напона ветрогенератора је обезбеђена MPPT електронским склопом који је предвиђен за паралелан рад са соларним MPPT контролером (пуњачем). Трофазни напон ветрогенератора се претвара у једносмерни, путем улазног исправљача. Овај исправљени једносмерни пулсирајући напон се затим стабилише и прилагођава напону батерије. Излазна струја коју може обезбедити овај склоп је 10А при максималној брзини ветра. Стога је укупна струја пуњења батерије, узимајући у обзир и пуњач од соларних панела, око 30А. Ово важи за максималне улазне снаге из ОИЕ (ветар и сунце). Ветрогенераторски MPPT модул има могућност да активира механичку кочницу у условима јаким олујних ветрова (за брзине ветра веће од 10m/s). У конкретном случају је

механичко кочење ветрогенераторског склопа обезбеђено при брзини ветра од 10m/s. Са карактеристике снаге која је приказана на *Слици 7.* се управо уочава да се при брзини ветра од 11m/s (што представља критичан случај) има максимална снага од 660W. Рад при овим условима се не препоручује, тако да се контролисано механичко кочење генератора остварује када брзина ветра достигне вредност блиску 10 m/s.

Аутономија реализованог система напајања, за пројектовану батеријску банку је 2.5h, при дубини пражњења батерија од 50%. За веће дубине пражњења (око 80-90%) могуће је обезбедити електричну енергију у току 4h. Реални захтев што се тиче времена аутономије, у склопу примена агро-техничких мера наводњавања „кап по кап“ на овом пољопривредном добру, је око 2h. У случају испражњености батеријске банке и смањене снаге из ОИЕ (када нема ветра и сунчевог зрачења) пројектован је систем за аутоматско укључење мрежног напајања 230V, 50Hz. Ово је остварено путем аутоматског статичког прекидача (тзв. “*Static Trasfer Switch*”), који је приказан на електричној принципској блок шеми на *Слици 10.* Овим се обезбеђује непрекидно напајање потрошача у систему за наводњавање (погон пумпе, погон компресора пластеника, погон ролетни за проветравање пластеника и осталих мањих потрошача).

У оквиру батеријске банке је реализован електронски дигитални склоп у оквиру кога је интегрисан отпорни шант (мерни отпорник), за мерење струје батерије. Његова осетљивост је 1mV/1A, за струјни опсег 0-500A. У оквиру овог модула је такође интегрисано и мерење напона батерије, тако да је у потпуности обезбеђен мониторинг стања батеријске банке (струја пуњења, струја пражњења, напон батерије, стање напуњености –SOC%, дубина пражњења-DOD%, преостало време аутономије и сл.). На LCD дисплеју овог модула је могуће пратити следеће величине од интереса: струју пуњења/пражњења батерије изражену у [A], напон батерије у [V], тренутну расположиву и процењену енергију батерије до крајње дубине пражњења, изражене у [kWh], дубину испражњености батерија изражене у [%], као и стање напуњености батеријске банке изражене у [%]. Прекострујне заштите главних и помоћних кругова су изведене аутоматским заштитним прекидачима, док је заштита од струјног удара на страни 230V, 50Hz, изведена двополном диференцијалном заштитном склопком номиналне струје 25A (FID склопка). Она је означена на блок шеми са F6. Струја реаговања диференцијалне заштите је подешена на 30mA.

Потрошачи који се напајају 230V, 50Hz су заштићени од струја преоптерећења и струја кратких спојева, двополним аутоматским заштитним прекидачима. Погон бочних ролетни пластеника и погон компресора се напајају из разводног ормарића који је постављен на унутрашњој конструкцији пластеника, при самом улазу уластеник.

Претходно поменута опрема и модули енергетске електронике су смештени у главном разводном орману (ГРО). Разводни орман је монтиран на метални подест. Димензије ГРО су 1000x800x400mm. ГРО је израђен је од двостуког декапираног лима, дебљине 2.5mm. ГРО је у циљу антикорозивне заштите обојен и пластифициран. Ово је битно, обзиром да је веома изложен спољашњим утицајима (киша, снег, температура). Стога је ГРО предвиђен је у степену заштите IP66. Обзиром на ове услове околине и климатске утицаје систем је пројектован тако да опрема у њему буде у приближно стабилним температурним условима и условима релативне влажности. У том циљу је пројектовано принудно хлађење ГРО, тако што је унутар њега постављен склоп термостат-хигростат у комбинацији са одговарајућим грејачем и вентилатором (када се врши загревање унутрашњости ормана и спречавање кондензације или када се врши одвођење вишка топлоте услед дисипације претварачких модула). На бочним странама ГРО је обезбеђено увлачења и потискивање ваздуха, који служи за хлађење. У летњем периоду када је повишена околна температура већа од +40°C, путем термостата се укључује вентилација ГРО, а кроз отворе са жалузинама на горњој страни ГРО је обезбеђен одвод топлог ваздуха. У зимском периоду када су ниске температуре околине, у циљу спречавања кондензације у ГРО се укључује грејач напона 230V, 50Hz и снаге 60W, путем склопа термостат-хигростат. На овај начин се врши загревање унутрашњости ГРО у комбинацији са вентилатором, чиме се исушује унутрашњост ГРО, те се на тај начин спречава појава кондензације. На бочној страни ГРО је постављена разводна кутија у којој се налази главни прекидач електричног погона пумпе, као и две визуелне светлосне индикације: зелена -”рад на обновљиву енергију” и црвена -”рад на мрежном напајању”.

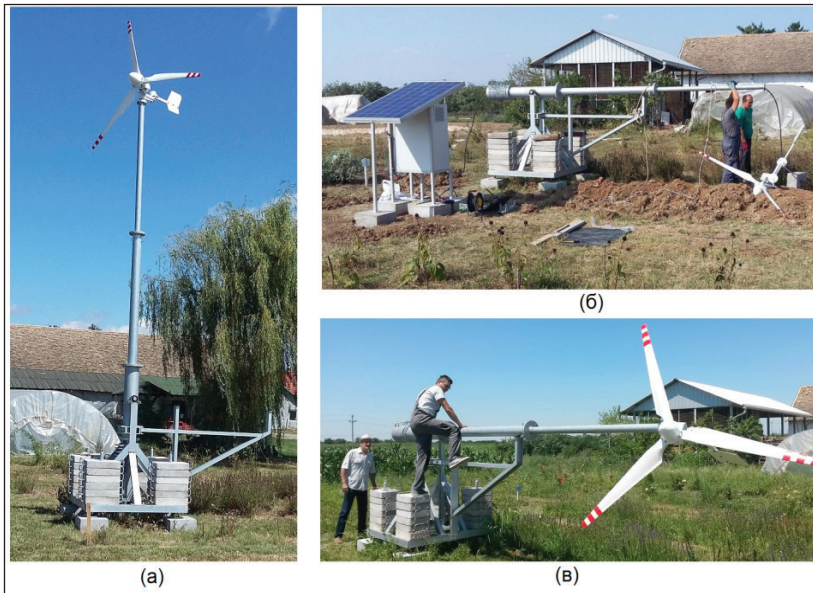
Обзиром да у систему постоји напон 230V, 50Hz, поред поменутих инсталација у систему хибридног напајања је изведено и заштитно уземљење и инсталација за изједначење потенцијала. На овај начин је обезбеђена заштита од струјног удара, и изједначење потенцијала у простору где се потенцијално може наћи руковаоц. Уградњом уређаја уређаја за диференцијалну заштиту од земљоспоја су предвиђене додатне мере заштите од електричног удара.

Приказ активности и резултата примене

Реализација хибридног система напајања у оквиру пумпног и заливног система на парцели „Грабовац“ је обухватила десет активности: (1) монтажа носећег стуба ветротурбине, (2) ископ земљаних канала за смештај свих енергетских и сигналних каблова, (3) полагање енергетских и сигналних каблова и постављање на дубини од 0.8m, (4) постављање кабловских PVC штитника и упозоравајуће траке, (5) постављање система заштитног уземљења: уземљивачких сонди 1.5m и земљовода, односно FeZn траке, (6) затрпавање каблова и система уземљења, (7) монтажа ГРО, (8) монтажа соларних панела (9) повезивање потрошача са ГРО, (10) функционално испитивање и пуштање у експлоатациони рад целокупног система.

У оквиру прве активности је остварена монтажа стуба ветротурбине и заклетног механизма. Неке од најбитнијих фаза у току ове активности су дате на *Слици 11*.

Слика 11. Монтажа стуба и ветротурбине; (а) вертикално постављени стуб, (б) стуб у хоризонталном положају (в) подизање стуба



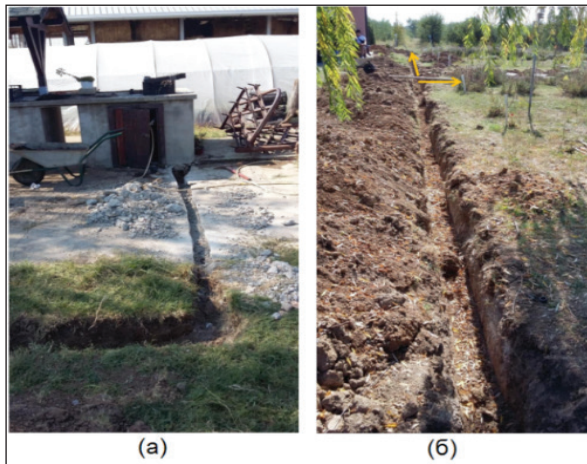
На *Слици 11.(а)* је приказана монтирана ветротурбина са генератором, на стубу висине 6m. Пре постављања је извршено фундаирање стуба бетонским носачима и припадајућим контра-теговима. Стуб ветротурбине је тако пројектован да га је могуће закренути и оборити из вертикалног

у хоризонтални положај. Хоризонтални положај је сервисни положај и једино служи када се углавном врше интервенције на електричном генератору (монтажа генератора и полагања генераторског кабла).

На *Слици 11.(б)* приказан хоризонтални положај стуба. У овом положају се врши монтажа ветрогенератора, постављање напојног кабла генератора, али у неким случајевима се врши и сервисирање генератора. *Слика 11.(б)* управо приказује монтажу и полагање генераторског кабла ка ГРО. На *Слици 11.(в)* је дат приказ подизања стуба ветротурбине.

У оквиру друге активности је обављен ископ кабловских канала за смештај енергетских и сигналних каблова. У исте канале је положен цевовод који напаја водом систем цеви за наводњавање „кап по кап“ у пластенику. Цевовод је постављен на дубини од око 1.3m, односно 0.5m испод нивоа постављања каблова. *Слика 12.* приказује два карактеристична дела кабловске трасе-1 која је изведена између пумпног агрегата и пластеника.

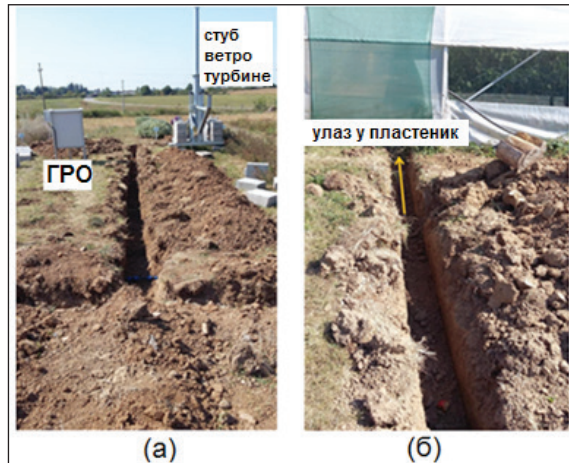
Слика 12. Кабловска траса од просторије пумпног агрегата до пластеника; (а) почетни део трасе ; (б) крајњи део кабловске трасе према пластенику



Слика 12.(а) приказује почетни део кабловске трасе која је изведена у бетонском каналу код бетонске плоче непосредно поред просторије за смештај пумпног агрегата. *Слика 12.(б)* приказује део кабловске трасе према пластенику, а пре полагања енергетских и сигналних каблова.

На *Слици 13.* је приказана кабловска траса-2, према стубу ветротурбине и ГРО. На *Слици 13.(а)* је изведен део трасе од рачвања главног канала ка стубу ветротурбине и ка ГРО. На *Слици 13.(б)* је приказан крајњи део трасе ка уласку у пластеник.

Слика 13. Кабловска траса према стубу ветротурбине и ГРО; (а) део кабловске трасе од „Г“ рачве ГРО ; (б) део кабловске трасе при уласку у пластеник



У оквиру треће активности је извршено полагање свих потребних енергетских и сигналних каблова. Вођено је рачуна да се ови кабови положи на коти која се налази изнад коте цевовода (који се иначе користи за дистрибуцију воде за наводњавање). Сви положени енергетски и сигнални кабови су типа PP41 и положени су према свим стандардима за овај тип инсталација.

У четвртој активности је извршена додатна заштита, обележавање и затрпавање кабловских канала. У оквиру ове активности је извршено постављање кабловских PVC штитника и постављање упозоравајуће траке дуж целе кабловске трасе и изнад PVC штитника. Овој операцији је дат велики значај, обзиром да ће се на том делу огледног добра вршити одговарајући земљани повртарски радови, којима би постојала извесна вероватноћа оштећења каблова.

У петој активности је извршено постављање заштитног уземљења (уземљивачких сонди дужине 1.5m и земљовода, односно FeZn траке дужине 25m. Слика 14. приказује карактеристичне делове заштитног уземљења, које је постављено у земљаним каналима у непосредној околини стуба ветротурбине и ГРО.

Три уземљивачке сонде дужине $L=1.5m$ су постављене на дубини 0.7m и на међусобним растојању око 6.5m. На овај начин је постигнута хомогена расподела отпора распростирања сваке од сонди, чиме је постигнута већа ефикасност комплетног линијског уземљивача. Сонде су међусобно

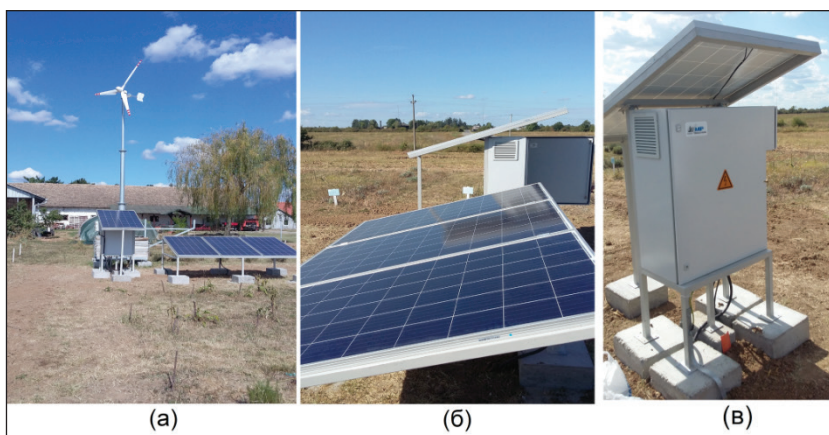
повезане тзв. земљоводом који је изведен са траком FeZn 25x4. Вредност пројектованог отпора уземљења описаног система уземљивача, уз усвојени тип тла (глина 50% и песак 30%) је $R_{uz} \leq 10\Omega$.

Слика 14. Линијски уземљивач у оквиру система заштитног уземљења хибридног постројења



У шестој активности је изведена анти-корозивно изоловање свих спојева у инсталацији уземљивача и извршено је затрпавање уземљивачких сонди и FeZn челичне траке. Након тога је реализована седма активност у којој је извршена монтажа ГРО са припадајућим соларним панелима. Резултати ове активности су приказани на *Слици 15*.

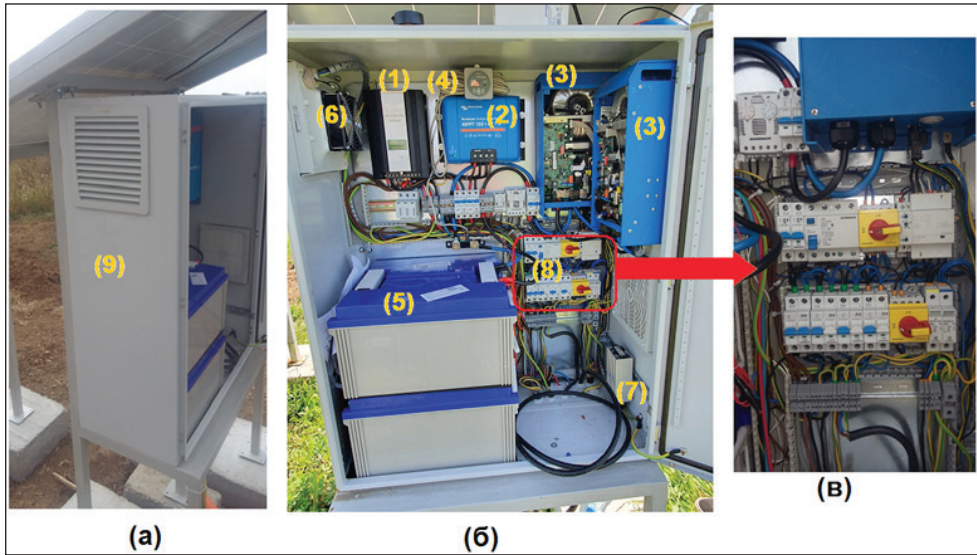
Слика 15. Монтажа ГРО и соларних панела ; (а) изглед постројења након монтаже, (б) изглед носача соларних панела, (в) изглед и фундаирање ГРО



На Слици 15.(а) је приказан изглед комплетног хибридног постројења које се састоји од ветротурбине на припадајућем стубу висине 6m, система соларних панела (3 панела на подестима на земљи + 1 панел изнад конструкције ГРО) и самог ГРО. На Слици 15.(б) је приказан детаљ монтаже система соларних панела (3+1). На Слици 15.(в) је дат изглед постављеног и фундираног ГРО.

На Слици 16. је дат детаљни приказ спољашњих детаља ГРО, на коме је монтиран соларни панел под нагибом и приказ унутрашњости ГРО са припадајућом хибридним напајањем и електро-енергетском опремом. На Слици 16.(а) је приказана бочна страна ГРО, на којој се монтирају жалузине вентилатора за хлађење унутрашњости ормана.

Слика 16. ГРО са припадајућом опремом; (а) бочна страна, (б) унутрашњост, (в) статички аутоматски прекидач и остала заштитна и склопна опрема



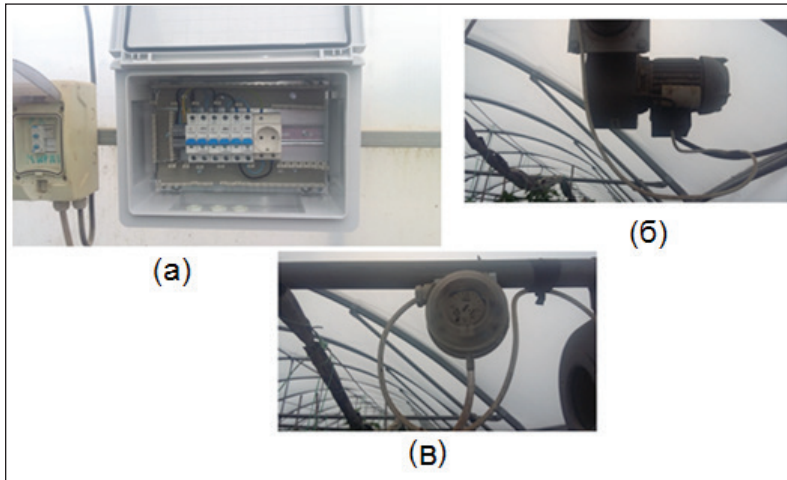
На Слици 16.(б) је приказана унутрашњост ГРО у коме је смештена следећа електро-енергетска опрема: (1) MPPT ветроконтролер (једносмерни DC улаз за 1 соларни панел + три наизменична AC улаза са прикључних клема ветрогенератора), (2) MPPT соларни контролер на који се прикључују три соларна панела, којим је обезбеђена стабилизација напона и контролисана струја пуњења батеријске банке, (3) Два једносмерно/наизменична DC/AC претварача (два инвертора), укупне привидне снаге 3000VA (активна снага 2600W), (4) Електронски склоп за надгледање статуса “батеријске банке“ (напон, струја, дубина испражњености SOC% и приказ преостале расположиве енергије батерије изражене у kWh), (5) батеријска банка

24V=/240Ah, (6) вентилатор за климатизацију ГРО, (7) грејач од 60W за грејање ормана у периодима када постоји опасност од кондензације, (8) склоп статичког аутоматског прекидача, као и остала заштитна и склопна опрема, (9) вентилациони одвод ГРО са жалузинама.

На *Слици 16.(в)* је дат детаљни приказ статичког аутоматског прекидача, односно детаљан приказ позиције (8) са *Слике 16.(б)*. У овом делу је такође приказан и склопни део (заштитна FID склопка и остала заштитна опрема, заштите од пренапона и остала склопна опрема, као што су гребенасте склопке, прекиачи и сл.

У оквиру осме активности је извршена монтажа помоћних разводних ормана. *Слика 17.* приказује помоћни разводни орман, који је смештен у пластенику. Из овог ормана се обезбеђује електрични развод погона компресора пластеника и погона подизача бочних ролетни пластеника.

Слика 17. Детаљ приказа електричне опреме у пластенику; (а) помоћни разводни орман 230V, 50Hz за потрошаче; (б) погон компресора, (в) пресостат компресора



Слика 17.(а) приказује помоћни разводни орман за напајање потрошача у пластенику. У склопу њега су монтирани заштитни аутоматски прекидачи, који служе за заштиту од преоптерећења и за заштиту од кратких спојева. У овом разводном орману је смештена и једна помоћна, односно резервна монофазна утичница за 230V, 50Hz/16A.

Слика 17.(б) приказује електромоторни погон компресора који служи за надувавање двоструке пластичне фолије пластеника, а на Слици 17.(в) је приказан пресостат компресора који има задатак да одржава задати притисак у простору између пластичних фолија.

На Слици 18. су приказани детаљи монтаже система за подизање ролетни пластеника.

Слика 18. Монтажа погонског мотора и механизма за подизање ролетни пластеника



На Слици 19. је дат приказ диспозиције и места уградње танка за воду у пластенику, који се користи у систему за наводњавање „Агрокапиларис“. У склопу танка са водом су предвиђене сонде за индикацију минималног и максималног нивоа воде. На основу информација о нивоу воде у танку се остварује укључење и искључење погона пумпе, односно обезбеђује се процес наводњавања.

Слика 19. Диспозиција и место уградње танка за воду који се користи у систему наводњавања „Агрокапиларис“



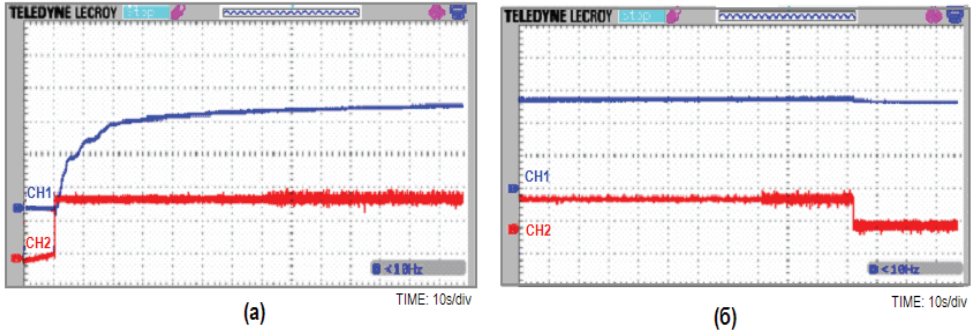
У оквиру девете активности је извршено повезивање свих потрошача који се користе у систему наводњавања са ГРО, као и повезивање помоћних разводних ормана и разводних кутија (за погон пумпе, погон компресора у пластенику, снаге 100W и погон за подизање ролетни снаге 2x100W).

На крају, у десетој активности реализације овог пројекта је извршено комплетно тестирање и пуштање у рад целокупног хибридног система напајања у експлоатациони рад. У наставку ће бити дати неки најбитнији експериментални резултати који су добијени током експлоатационог тестирања и пуштања у рад.

Експериментални резултати

На *Слици 20.* је дат експериментални снимак режима пуњења батерије преко МРРТ пуњача соларних панела. Када је вршено ово снимање (септембар 2020.) доминантни извор обновљиве енергије је било сунце, тако да се дати снимак односи на соларне панеле. На *Слици 20.(а)* је приказан временски интервал пуњења батерије $24V=240Ah$ са почетног нивоа напона од 23.5Vdc и при константној струји пуњења од око 18A.

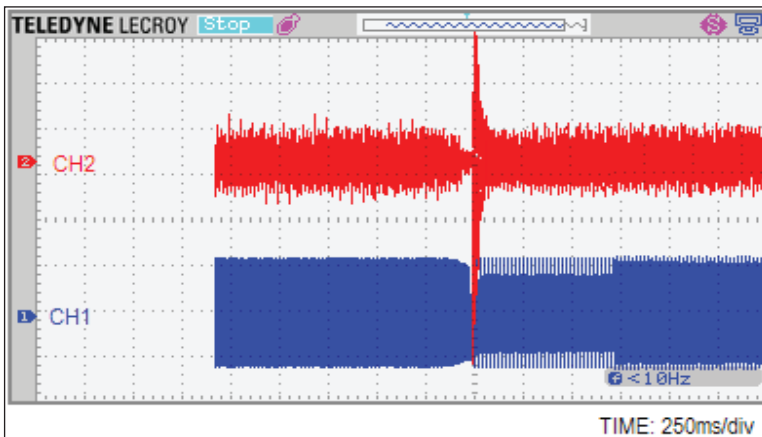
Слика 20. Режим пуњења батерије МРРТ пуњача соларних панела: (а) временски интервал на почетку пуњења: напон батерије CH1-[1000mV/div], струја пуњења CH2-[10A/div], (б) временски интервал на крају пуњења: напон батерије CH1-[10V/div], струја пуњења CH2-[20A/div]



На *Слици 20.(б)* је приказан експериментални снимак временског интервала на крају пуњења при чему је напон батерије износио око 28Vdc, када је батерија била напуњена на SOC=100%. Након достизања SOC=100% струја из МРРТ пуњача је редукована на вредност струје „trickle charge“.

На *Слици 21.* дат је експериментални снимак струје и напона погонског мотора пумпе при његовом преласку са инверторског напајања на мрежно напајање.

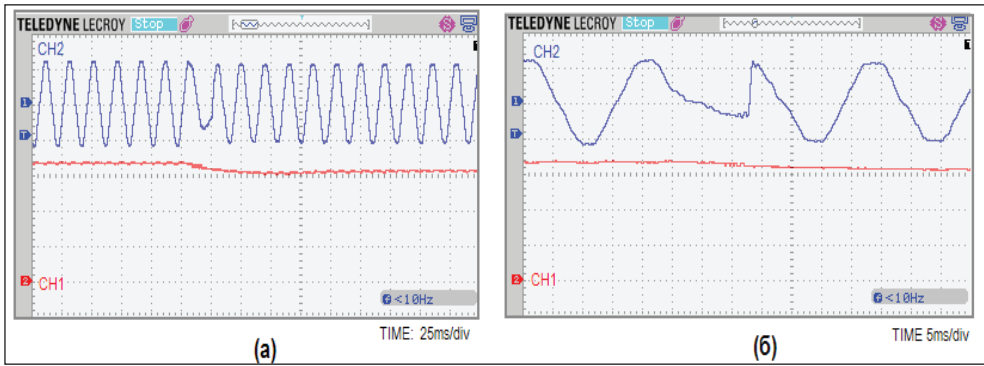
Слика 21. Режим преласка рада пумпе са инверторског напајања 230V, 50Hz на мрежно напајање; CH1-напон мотора пумпе [250V/div], CH2-струја мотора пумпе [15A/div]



Са снимка на *Слици 21.* се уочава да се у веома кратком тренутку изврши пребацивање напајања путем електронски контролисане статичке преклопке. Уочава се струјни пик при поновном старту мотора пумпе који одговара његовој полазној струји од око 50А. Такође је утврђено да се при овом преласку јавља пропад напона (односно пад напона) у интервалу од око 100ms у току кога се изврши комплетно пребацивање напајања и поновни старт пумпе.

Са датог снимка се уочава да је у нормалном раду пумпе, ефективна вредност струје електромотора пумпе износила око 5А, што приближно одговара номиналној струји мотора пумпе чија је улазна електрична снага 1300Wmax.

Слика 22. Тестирање статичке преклопке приликом преласка са мрежног напајања на инверторско напајање; CH1-напон батерије [8V/div], CH2-напон потрошача (погон компресора и погон ролетни пластеника) [250V/div]



На *Слици 22.* су дати експериментални снимци тестирања статичке преклопке приликом преласка мрежног напајања на инверторско напајање у режиму када су активни потрошачи мањих снага, до 300W, односно погон компресора и погон за подизање ролетни који се налазе у пластенику).

На *Слици 22.(a)* је дат приказ напона батерије и напона на потрошачима. Са снимка се уочава да се при преласку на инверторско напајање има одређени пад напона на батерији, али да је прелазак на инверторско напајање остварен у релативно кратком интервалу. Детаљнији приказ овог интервала је дат на снимку на *Слици 22.(б)* где се уочава да је време преласка око 20ms.

Техно-економска анализа реализованог система хибридног напајања потрошача у системима наводњавања на огледној парцели „Грабовац“

У хибридном режиму рада ветротурбина од 500W, плус соларни систем од $4 \times 275W = 1100W$ годишње произведу укупно 1266 kWh + 1290 kWh = 2566kWh електричне енергије. Ово важи под претпоставком да је средња просечна годишња брзина ветра на локацији Грабовац приближно 5m/s (прилично реална вредност). То је значајан енергетски потенцијал, који превазилази потребе наводњавања на Огледном добру Средње пољопривредно-хемијске школе у Грабовцу. На крају ове кратке анализе је дата процена економске одрживости примењених хибридних извора енергије. Дневне потребе за енергијом приказаног огледног добра су при просечној потрошњи од око 1200W за интервал од 4 часа. Овде треба напоменути да се део енергије за потрошаче црпи и из батеријске банке. Ако би са та енергија трошила сваки дан у току године по 4 сата (што је песимистичка претпоставка, а реалан интервал је 2-2.5 сати) онда би енергетски конзум био 1752 kWh. Та количина енергије је мања од могуће производње за коју смо рекли да износи 2166kWh електричне енергије. Значи, у оквиру овог система постоји и одређена енергетска резерва.

Да би се одредио период повратка инвестиције, претпоставићемо да се уместо ОИЕ користи дизел електрични агрегат (ДЕА) чија је потрошња горива (бензин или дизел) око 1 l/h. Ако би свакодневно агрегат радио по 4 сата онда би годишње потрошио чак 1460 l горива по претпостављеној цени од 1.25 евра. На основу овога следи да би годишњи трошак за гориво износио 1825 евра односно приближно 220.000,00 динара. Треба напоменути да је дизел или бензински електро агрегат јако непријатан и значајан загађивач еколошког система и да се његовом употребом губи смисао производње тзв. „органичних производа“ на ратарским парцелама. Енергија ветра и сунца је чиста и „зелена енергија“ и као таква не угрожава екосистем.

Цена приказаног реализованог хибридног система је око 10.000 евра. На основу ових параметара је могуће одредити период повратка инвестиције узимајући само уштеду у гориву. Једноставно се добија да је повраћај инвестиције око 5,5 година. Уколико би подстицај државе аграрном сектору био 50%, једноставно се добија да је период повраћаја инвестиције мањи од 3 године. Ако се зна да је радни век система за коришћење ОИЕ 20 година, јасно је колике уштеде могу донети овакви хибридни системи својим корисницима, након треће године.

На крају још једном треба истаћи да се узајамним коришћењем соларне енергије и енергије ветра, могу постићи оптимални резултати, имајући у виду комплементарност ових облика енергије, односно чињеницу да када доминира сунчева енергија, постоји дефицит енергије ветра и обратно, када доминира енергија ветра, недостаје сунчеве енергије.

Закључак

У оквиру представљеног истраживања је приказана реализација једног типа хибридног система напајања који обезбеђује аутономно и непрекидно напајање потрошача у системима наводњавања повртарских култура „кап по кап“ и „Агрокапиларис“, као и осталих потрошача (погони компресора и механизма за подизање ролетни пластеника) на огледној парцели Средње Техничке Пољопривредно-Хемијске школе из Обреновца, на локацији места Грабовац.

Реализовано хибридно напајање је непрекидно у том смислу, што након редуковане испоруке енергије из ветра и (или) сунца обезбеђује аутономију од око 2.5-3 сата из батеријске банке 24V=240Ah, а након пражњења батерије испод прага 22V, аутоматски се цео систем напајања пребацује са инверторског на мрежно напајање 230V, 50Hz.

Након приказане концепције система хибридног напајања, описане су активности реализације пројекта, дати су неки кључни резултати реализације и приказани су неки од експерименталних резултата. Након тога је дата техно-економска анализа повраћаја инвестиције и извршена је анализа уштеда у поређењу са коришћењем дизел или бензинског агрегата. На основу представљеног решења и извршене техно-економске анализе следи најбитнији закључак да је реализовани систем напајања по квалитету конкурентан комерцијалним произвођачима сличних хибридних система, а по цени је значајно повољнији.

Приказана реализација систем хибридног напајања је један од кључних резултата реализације пројекта „Природни ресурси ветра, сунца и воде у циљу унапређења агро-техничке мере наводњавања: примена зелених технологија у функцији одрживог руралног развоја Србије“ (тема 9), у оквиру Програма подстицаја за унапређење система креирања и преноса знања кроз развој техничко-технолошких, примењених, развојних и иновативних пројеката у пољопривреди и руралном развоју у 2019/2020 години. Пројекат број 680-00-00029/2019-02 је финансиран од стране Министарства пољопривреде,

шумарства и водопривреде Републике Србије-Управа за аграрна плаћања, Београд (Период реализације 02.10.2019 – 02.10.2020).

Студију изводљивости и пројекат бр. 680-00-00029/2019-02 су реализовали:

- Институт за економику пољопривреде, Београд (ИЕП), носилац пројекта и водећи партнер;
- Институт Михајло Пупин, д.о.о, Београд, Центар за роботiku, партнер на пројекту (израда пројекта за извођење, техничка реализација хибридног постројења);
- Пољопривредно-хемијска школа у Обреновцу, партнер на пројекту

У оквиру ове фазе је систем комплетиран и претходно реализовани систем наводњавања “кап по кап” са системом наводњавања „Агрокапиларис“ у оквиру кога је обезбеђено одржавање нивоа воде у воденом танку, који је смештен у пластенику. Такође се планира постављање дигиталне метеоролошке станице, чиме ће бити омогућено праћење климатских параметара на локацији у Грабовцу (брзина ветра, интензитет сунчевог зрачења, температура, притисак, влажност и количина падавина). На овај начин ће бити могуће извршити поређење постојећег система наводњавања и новог система наводњавања у погледу ефикасности заливања, квалитета плодова, енергетске ефикасности система, утицаја временских услова на процес заливања и сл.

Реализовани непрекидни хибридни систем напајања приказан у овом техничком решењу је пројектован да може да подмири потребе свих потрошача који су инсталирани на крају завршне фазе пројекта.

Литература

1. Agriculture Solar (2020), Wind and Solar Energy in Agriculture, http://www.agriculturesolar.com/3b_wind_&_solar_energy_in_agriculture.html#.X-c7DdThCVM, (преузето, децембар 2020).
2. Batic, M., Vitorovic, A., Despotovic, Z., (2010), *The Consideration of Optimal Control Algorithms for Hybrid Renewable Energy Systems*, XVI International Conference YU INFO 2010, (Копаоник, Србија).
3. Chel, A., Kaushik, G., Renewable energy for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2011, 31 (1), pp. 91-118.

4. Despotović, Ž., Jovanović, M., Stevanović, I., (2016a), Possibilities of using renewable energy sources in agriculture in the Republic of Serbia, *Sustainable agriculture and rural development in terms of the Republic of Serbia strategic goals realization within the Danube region - development and application of clean technologies in agriculture*, Publisher: Institute of Agricultural Economics, Belgrade, Chapter 7, pp.107-128, ISBN 978-86-6269-056-2
5. Despotović, Ž. , Jovanović, M., Stevanović, I., (2016b), *Primena mobilnih solarnih jedinica u ratarstvu i stočarstvu*, Zbornik radova - IV Sajam Energetske Efikasnosti i Obnovljivih izvora energije, Vol.1, pp. 11-26, ISBN 978-86-916839-3-1; skup organizovan pod pokroviteljstvom SDIT grada Požarevca, Požarevac
6. Despotović, Ž., Majstorović, M., (2016c), *Voltage stabilisation and synchronisation of dc/ac power converters in mobile off-grid solar power system*, Full Papers Proceeding of International Conference “Power Plants 2016”, Zlatibor Serbia, ISBN 978-86-7877-024-1.
7. Despotović, Ž., Jovanović, M., Stevanović, I., Majstorović, M., (2018), *Regulacija pritiska u mobilnom “off-grid” fotonaponskom sistemu za navodnjavanje useva*, Zbornik radova-VI Sajam energetske efikasnosti, Požarevac, ISBN 978-86-916839-5-6-5.
8. Despotović, Ž., Jovanović, M., Rodić, A., Stevanović, I., (2019), *Praktične realizacije sistema za dvo-osno praćenje sunčeve putanje*, VII Sajam Energetske Efikasnosti i Obnovljivih Izvora energije 2019, Požarevac, Srbija.
9. Despotović, Ž., Tajdić, M., Kon, J. (2020a), Hibridno napajanje telekomunikacione opreme daljinskih memnih stanica u sistemima zaštite od poplava“, *ENERGIJA, EKONOMIJA, EKOLOGIJA*, Vol.35, No1, pp. 350-359, ISBN 978-86-86199-02-7.
10. Despotović, Ž., Stevanović, I., Rodić, A., (2020b), *Realizacija hibridnog sistema napajanja u cilju agro-tehničkih mera navodnjavanja na oglednoj parceli-Grabovac, Obrenovac*, Zbornik radova skupa Energetska efikasnost i obnovljivi izvori energije, Požarevac, pp. 11-27, ISBN 978-86-916839-8
11. Durgam, S.S., Musale, A.B., Balki, S.A., Gahane, P.S., Awale, L.B. (2015), AC Hybrid Charge Controller, *Int. Journal of Engineering Research and Applications* , Vol. 5, Issue 3, (Part -5), pp. 5-10.

12. Edenhofer, O., Madruga, R.P., Sokona, Y., Seyboth, K., Eickemeier, P. Matschoss, P., Hansen, G., Kadner, S., Schlömer, S., Zwickel, T., Christoph. V.S. (2012), *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Intergovernmental Panel on Climate Change, ISBN 978-92-9169-131-9, Cambridge University Press, (Cambridge, United Kingdom).
13. Jain Drip (2020), Solar and Wind Hybrid Power System, http://jaindrip.com/Solar/jain_jyot/jain%20jyot%20solar%20wind%20hybrid%20system.htm, (преузето, новембар 2020).
14. Jensen M.H., Malter A.J. (1995), Protected Agriculture – A global review, *World Bank Technical Paper*, World Bank, ISSN: 0253-7494 (Washington, USA).
15. Jovanović, M., Despotović, Ž., Urukalo, Đ. (2017), *The chronological system of solar tracking implemented to mobile solar generator - IMP MSEG*, V International Conference on Renewable Electrical Power Sources, Belgrade, <https://izdanja.smeits.rs/index.php/mkoiee/article/view/2948>
16. Mahmoud, M.M, Ibrik, I.H. (2006), Techno-economic feasibility of energy supply of remote villages in Palestine by PV-systems, diesel generators and electric grid, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 10, no. 2, pp. 128–138.
17. Majstorović, M., Despotović, Ž., Ristić, L., (2017), *Application of Mobile Solar OFF-grid Generator in Irrigation System-a case study*, Session: Renewable and Distributed Energy Sources, Paper T7.2-2, 19th International Symposium Power Electronics - Ee2017, N. Sad, Serbia., Proceedings of 19th International Symposium - Ee2017, eISSN:978-1-5386-3502-5. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8171710>
18. Majstorović, M., Despotović, Ž., Mršević, D., Đurić, B., Milešević, M., Stević, Z., (2020), *Implementation of MPPT methods with sepic converter*, 19th International IEEE Symposium INFOTEH-Jahorina (INFOTEH 2020), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9066296>
19. Nayar, C.V., Ashari, M., Keerthipala, W.L.L. (2000) A grid-interactive photovoltaic uninterruptible power supply system using battery storage and a back up diesel generator, *IEEE Trans. on Energy Conversion*, Volume 15, iss. 3, pp. 348 – 353.

20. PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM-PV GIS (2019), https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP, (преузето, јун 2019).
21. Radaković, Z., Paunović, N., Mitev, I. (2019), *Optimalno projektovanje hibridnog sistema za off-grid napajanje električnom energijom*, 17. Telekomunikacioni forum TELFOR 2009, (Beograd, Srbija).
22. Rodić, A., Jovanović, M., Despotović, Ž., Stevanović, I., Subić, J., (2017), *Ekonomski i ekološki aspekti obnovljivih izvora energije u poljoprivrednoj proizvodnji u Republici Srbiji*, Zbornik radova II Savetovanja sa međunarodnim učesćem “Održiva Energetika 2017”, V.Banja, Vol.2, No1, pp.193-203, ISBN-978-86-80464-05-3.
23. Shen, C.L, Ko, Y.X., (2014), Hybrid-input power supply with PFC (power factor corrector) and MPPT (maximum power point tracking) features for battery charging and HB-LED driving, *Energy*, Vol.72, No.1, pp.501-509.
24. Solar Online (2020), Solar and Wind Hybrid System, https://www.solaronline.com.au/solar_wind_hybrid_systems.html, Australia, (преузето, децембар 2020).
25. Stankov. S., (2017), *Napajanje individualnih potrošača hibridnim sistemima*, Zbornik Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji – Processing, [S.l.], Vol. 27, No. 1.
26. Stevanović, I., Popić, S., Rodić, A., Despotović, Ž., Jovanović, M., (2013) *Pokretni robotizovani solarni generator; primer konstruktivnog rešenja mehaničke strukture*, 57.Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku-ETRAN, Zlatibor.
27. Subić, J., Jovanović, M., Despotović, Ž., Jeločnik, M., (2016), Possibilities of applying robotic systems and smart sensor networks in integral agricultural apple production, *Advances in Robot Design and Intelligent Control*, Springer, Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD16), Vol.540, Chapter 30, pp.269-285, ISBN 978-3-319-49058-8.
28. Subić, J., Jeločnik, M., Nastić, L., Paraušić, V., Nikolić, S., Rodić, A., Despotović, Ž., Stevanović, I., (2020), *Tehno i agro-ekonomска analiza primene energije vetra i sunca za potrebe navodnjavanja u poljoprivrednom sektoru Srbije*, Instituta za ekonomiku poljoprivrede, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Projekat br. 680-00-00029/2019-02.
29. Todoensolar (2020), <https://www.todoensolar.com/Solar-wind-hybrid-system>, (преузето, новембар 2020.).

ИНОВАТИВНЕ МЕТОДЕ ЗА ОДРЖИВО КОРИШЋЕЊЕ ЗЕМЉИШТА У ПРОИЗВОДЊИ ПОВРЋА У ЗАШТИЋЕНОМ ПРОСТОРУ

Владан Угреновић¹, Радмила Пивић²

Сажетак

Производња поврћа у заштићеном простору као најинтензивнија биљна производња, са високим нивоом инпута у великој мери користи необновљиве ресурсе: воду, земљиште и троши велике количине енергије. Са друге стране основни услов за оптимално гајење поврћа у заштићеном простору је плодно земљиште. Све већа потреба за одрживошћу пољопривредне производње мења приступ, од исхране биљака директном применом растворљивих минералних ђубрива ка одржавању плодности земљишта. Директним мерама као што су: примена органских ђубрива, минералних и микробиолошких ђубрива одржава се и повећава плодност земљишта, као и његова биолошка активност. Међутим, све чешће раздвајање биљне и сточарске производње и трендови смањења употребе синтетичких минералних ђубрива доводе у питање одрживост интезивне повртарске производње. Због тога све већи значај добија увођење ширих плодореда, са већим учешћем махунарки, здружених и покровних усева, као и коришћење сувих и зелених органских малчева. Располагање биљним остацима, увођење покровних усева у плодореде повољно утиче на повећање садржаја органске материје у земљишту, на његову плодност, па тиме и на обезбеђивање супстрата за микроорганизме. Нови трендови су да се биљке хране преко екосистема земљишта, а не употребом растворљивих ђубрива која му се додају. Применом органских ђубрива поправљају се и опорављају особине земљишта на којима је била примењена интензивна пољопривреда и надокнађује се недостатак азота. Њиховом применом позитивно се утиче на физичке и биолошке особине земљишта.

Кључне речи: производња поврћа, заштићени простор, земљиште, орджива пољопривреда

1 Др Владан Угреновић, виши научни сарадник, *Институт за земљиште Београд, Теодора Драјзера 7*, Тел: +381 11 266 71 99, E-mail: vladan.ugrenovic@gmail.com

2 Др Радмила Пивић, научни саветник, *Институт за земљиште Београд, Теодора Драјзера 7*, Тел: +381 11 266 71 75, E-mail: drradmila@pivic.com

Увод

Одрживи системи пољопривредне производње базирају се на еколошкој пракси, високом степену биодиверзитета и очувању природних ресурса. Данашња пољопривреда велики је загађивач ваздуха, земљишта и вода, узрокује емисије стакленичких гасова, па је значајан њен негативан утицај на климу и биодиверзитет (Угреновић и сар., 2012; Barthel et al., 2013; Blandford i Nassapouannes, 2018; Hontoria et al., 2019; Qiao et al., 2019).

Нарочито производња поврћа у заштићеном простору као најинтензивнија пољопривредна производња, са високим нивоом инпута (Dimitrijević et al., 2014) у великој мери користи необновљиве ресурсе: воду, земљиште и троши велике количине енергије. Интезивна производња поврћа у Европи одвија се на око 405.000 ha, док у земљама југоисточне Европе на око 104.560 ha, а најчешће се гаје: парадајз, паприка, плави патлиџан, диња, краставац, тиквица, лубеница, и зелена боранија. У последњих 50 година због појаве синтетичких ђубрива, пестицида и све већег раздвајања биљне и сточарске производње, ротација усева драматично се поједноставила, смањењем броја врста усева у плодореду и повећаним учешћем земљишта које се користи у систему монокултуре (Barbieri et al., 2017). Инвестициона улагања за најчешће гајене врсте у интезивној повртарској производњи, доста су висока, а приноси често не покривају трошкове. Све то доводи до честог практиковања монокултуре (Червенски и сар., 2020) и ризика могуће појаве заједничких болести, корова и штеточина, отежаног одржавања плодности земљишта (Лазих и сар., 2013) и веће примене синтетичких агрохемикалија.

Стратегијом пољопривреде и руралног развоја Републике Србије 2014-2024, дефинисано је да је ефикасно управљање земљиштем и повећање доступности земљишних ресурса једно од приоритетних подручја (МПШВ РС, 2013). Уређење пољопривредног земљишта могуће је остварити само применом комплексних мелиоративних мера које поред осталих обухватају изградњу, примену и одржавање система за наводњавање. Примена наводњавања веома је значајна за уређење стања у хидрологији и снабдевање водом која се примењује у пољопривреди. Снажан утицај глобалних климатских промена које су све израженије, утиче на промене у расположивости земљишне влаге и повећање површина неповољних за пољопривредну производњу, а самим тим и на повећање захтева за потребним количинама воде за наводњавање (Пивић и сар., 2015;16;17). Активности на ублажавању утицаја климатских промена имају пресудан значај за очување и рационално коришћење земљишних ресурса и ублажавање процеса деградације земљишта који настају због измењених климатских услова, пре свега тем-

пературе и падавина. Када су падавине у дефициту, мелиоративном мером наводњавања, расположива вода се доводи у пољопривредно земљиште, чиме се обезбеђује потребна влажност неопходна за оптималан раст и развиће гајених биљака у току вегетационог периода.

Прелазак на одрживе системе производње поврћа у заштићеном просору мора бити економски одржив и потребне су иновативне адаптације. Нове стратегије Европске комисије „За праведан, здрав и еколошки прихватљив прехранбени систем“ СОМ(2020) 381 и „За биоразноликост до 2030. године“ СОМ(2020) 380, на свеобухватан начин одговарају на изазове одрживих прехранбених система.

Нарочито се истиче рационално коришћење пољопривредног земљишта, применом поступака који за њега нису штетни. Прописују се мере за смањење губитака хранљивих материја у земљишту за најмање 50% и смањење употреба ђубрива за најмање 20% до 2030. године, а да се притом осигура да не дође до смањивања плодности земљишта. Истиче се значај органске производње која чува ресурсе, као што је земљиште и унапређује биодиверзитете. У том систему производње хране, биљке се хране преко екосистема земљишта, а не употребом растворљивих ђубрива која се додају земљишту. Један од примера новог зеленог модела је секвестрација угљеника у пољопривреди и подстицање пракси које складиште CO_2 у органској материји земљишта, везивањем у стабилну фракцију хумуса. То треба да доприносе већој климатској неутралности пољопривреде. Применом квалитетних компостираних ђубрива, увођењем ширих плодореда, покровних усева, зеленишних ђубрива, калцизацијом и гипсовањем земљишта могу се решавати нека од ових питања.

Физичке и водно-физичке особине земљишта као основа за пројектовање система за наводњавање

Механички (гранулометријски) састав земљишта

Механички састав земљишта представља релативни процентуални однос заступљених честица песка, праха и глине у земљишту. Обзиром да земљиште садржи честице различите величине оно се понаша као полидисперзни систем.

Поједини аутори сматрају да је најповољнији механички састав са еколошког становишта онај који имају земљишта у којима је приближно исти (што ће рећи око 33%) садржај песка, праха и глине.

Од механичког састава земљишта зависи ваздушни, топлотни и водни режим земљишта као и физичке особине земљишта као што су: порозност, водопропустљивост, вододрживост, капиларност, структура и друге.

Густина суве фазе земљишта (запреминска маса)

Однос масе земљишта сушеног на 105 °С према његовој запремини у непо ремећеном стању представља густину суве фазе. Вредност овог параметра највише зависи од минералошког састава земљишта, и од количине хумуса у њему. Према наводима Гајића (2005), оранични хоризонт земљишта чија запреминска маса равна или већа од 1.20 g cm⁻³ припада категорији „збијене оранице”, а уколико запреминска маса варира од 1.30 до 1.40 g cm⁻³ таква ораница спада у „јако збијену ораницу”. Исто тако, вредности запреминске масе у интервалу од 1.4 до 1.6 g cm⁻³ типичне су за „подораничне хоризонте већине земљишта”, а вредности од 1.6 до 1.8 g cm⁻³ карактеристичне су за „јако збијене илувијалне хоризонте земљишта”.

Густина чврсте фазе земљишта (специфична маса)

Густина чврсте фазе земљишта дефинисана је односом масе чврстих честица сушених на 105 °С и запремине земљишта без шупљина (пора). Код порозних земљишта она је мала, код слабо порозних већа. За разлику од осталих физичких особина земљишта, специфична маса показује стабилност у односу на промене настале применом агротехничких и мелиоративних захвата. Највише зависи од хемијско-минералошког састава земљишних честица и њиховог међусобног односа, као и од количине хумуса. На њену величину не утичу примењене агротехничке мере.

Порозност земљишта

Порозност земљишта представља однос разлике специфичне и запреминске масе и специфичне масе изражен у vol%. Вредност овог параметра највише зависи од механичког састава и структуре али на њу утичу и садржај хумуса као и извесни други чиниоци. За ваздушне и водне особине велики значај има не само порозност већ и однос између капиларне и некапиларне порозности. Водна својства су увелико зависна од капиларне, док су ваздушна својства зависна од некапиларне порозности. У наставку је на основу класификације Ђоровића (2001), приказане у *Табели 1.*, дата класификација земљишта у односу на испитивани параметар.

Табела 1. Класе порозности земљишта

Класа порозности	Порозност (%)
Врло порозна	>60
Порозна	45-60
Слабо порозна	30-45
Врло слабо порозна	<30

Извор: Ђоровић, цитат Томић (2001)

Ваздушни капацитет земљишта

Апсолутни ваздушни капацитет, односно капацитет за ваздух земљишта у ужем значењу тог појма, који одговара величини надкапиларне порозности, односно порозности аерације, према класификацији Пелишек-а (1964), класификује се на: веома низак ако је вредност апсолутног ваздушног капацитета мања од 5% запреминских, низак када износи 5–10%, средњи, када износи 10–20% и висок, када је његова вредност већа од 20% запреминских. Прва градација апсолутног ваздушног капацитета омогућује врло слабу, друга слабу, трећа средње јаку, а четврта јаку аерацију земљишта.

Водне особине земљишта

Водне особине спадају у групу најважнијих карактеристика земљишта, од чије величине јако зависи степен изражености многих педогенетских процеса, као и успевање биљака, односно плодност земљишта. Задржавање воде у земљишту и њена приступачност биљкама дефинисани су водним капацитетима (хидролимитима земљишта) и карактером лако приступачне воде биљкама.

Од хидролошких карактеристика земљишта од посебног су значаја за снабдевање биљака водом пољски (ретенциони) водни капацитет, влажност венућа биљака и физиолошки приступачна вода, као и њихови количински односи.

Максимални водни капацитет

Максимални водни капацитет (МВК) одговара максималном садржају воде у земљишту, односно влажности при којој су све земљишне поре (капиларне и некапиларне) испуњене водом. Ако се максимални водни капацитет изрази у процентима од запремине укупне масе земљишта за одређени слој, онда је близак вредности укупне порозности.

Пољски (ретенциони) водни капацитет

Пољски водни капацитет представља количину воде која остане у земљишту после гравитационог отицања. У пољу је одређивање његове вредности врло захтевно, па се у лабораторији одређује вредност блиска наведеном капацитету апаратом Pressure Plate Extractor.

Истраживања Ђоровића и Јовановића (1988), показала су да су разлике одређивања наведеног капацитета у пољу и у лабораторијским условима директно пропорционалне капацитету земљишта за ваздух. То значи да, што је већи капацитет за ваздух то је већа грешка између ова два капацитета.

За наводњавање пољски (ретенциони водни капацитет) чини основу и он представља горњу границу дозвољеног влажења земљишта, до које се при наводњавању вода може доводити у ефективну дубину ризосфере. При заливању земљиште се навлажи до пољског (ретенционог) капацитета у слоју који је одређен обрачунатом заливном нормом. Веће количине додате воде одлазе у дубље слојеве, па поред тога што се повећавају трошкови заливања, изазивају се и нежељене последице. Дубина заливања усева одређена је по ризосфери гајених биљака и она је обично до 60 cm, изузев за луцерку, воћне врсте и винову лозу. Стога познавање ретенционог водног капацитета земљишта до одређене дубине има велики практични значај у наводњавању за одређивање рационалне норме заливања.

Лентокапиларна влажност земљишта

Хидролитом лентокапиларне влажности или прекида капиларне везе представља доњу границу оптималне влажности земљишта, односно доњу границу биљкама лако приступачне воде. Одређује се у лабораторијским условима апаратом Pressure membrane extractor. Када садржај воде у земљишту достигне тај хидролитом неопходно је почети са довођењем воде у ризосферни слој земљишта, тј. заливањем.

Влажност венућа биљака

Влажност венућа означава најнижи садржај воде у земљишту при којем престају физиолошки процеси у биљкама. Одређује се у лабораторијским условима апаратом Pressure membrane extractor. При прогнози режима наводњавања хидролитом влажности венућа биљака користи се за одређивање укупне количине приступачне воде биљкама.

Физиолошки приступачна вода биљкама

Овај водни капацитет је физиолошки најважнији водни капацитет и представља једну од најважнијих показатеља особина земљишта. Познато је да биљке могу да користе воду у распону од пољског (ретенционог) водног капацитета до влажности венућа, а под извесним условима до влажности максималног хигроскопичитета, па чак и ниже.

Међутим, сва вода у овом распону није једнако приступачна биљкама. Један део воде који се налази између влажности ретенционог (пољског) водног капацитета и прекида капиларне везе (лентокапиларне влажности) представља биљкама лако приступачну влагу, а садржај воде између прекида капиларне везе и влажности венућа биљака је теже приступачна влага биљкама.

Доња граница лако приступачне влажности (лентокапиларна влажност) треба да се узима као основ при одређивању момента заливања, јер се не сме допустити да влажност земљишта падне испод доње границе оптималне влажности (pF 3.8).

Водопропустљивост земљишта - филтрација

Способност земљишта да кроз своју масу пропушта воду, дефинише се као водопропустљивост земљишта. Количина воде која ће се процедити кроз земљиште зависи од: микрорелефа, ходника флоре и фауне, пукотина, механичког састава, структуре, порозности, карактера и степена zasiћености земљишта катјонима, стабилности порозног система и др.

Под филтрацијом се подразумева кретање воде кроз водом засићено земљиште (сатурисано), деловањем гравитационе силе као и кретање воде кроз земљиште испод огледала подземне воде. Сатурација представља стање у којем су све поре земљишта испуњене водом. Филтрација воде у земљишту је динамична величина и код земљишта и растреситих седимената се може током времена мењати у широким границама. Велика разлика у филтрацији воде може се констатовати у границама исте парцеле и на веома малом растојању. Углавном се сматра да је ова појава последица бубрења колоида. Филтрација се код слојевитих земљишта јако мења по дубини. Појава илувијалних хоризоната или глиновитих слојева код алувијума (флувисола) јако смањује пропустљивост дубљих слојева земљишта. Вредност наведеног параметра изражава се у $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{mm} \cdot \text{час}^{-1}$ или $\text{mm} \cdot \text{дан}^{-1}$.

При одређивању коефицијента филтрације користе се бројне директне и индиректне методе, било теренске или лабораторијске. У узорцима који су предмет ове Студије, примењена је лабораторијска метода одређивања филтрационих способности земљишта применом апарата Darcy-a, у модификацији Стојићевића, а процена добијених вредности одређена је на основу класификације приказане у Табели 2., (Белић и сар., 2004).

Брзина филтрације је у почетку мерења највећа, а затим постепено опада тако да се после неколико часова (3-5) добија мање више уједначен ток, па се из тог разлога последња мерења узимају као меродавна.

Брзина филтрације је различита код појединих типова земљишта и зависи од великог броја параметара, поготово од физичких особина земљишта.

Табела 2. Подела земљишта према водопропустљивости

К (cm s ⁻¹)	Земљиште
10 ⁻¹ -10 ⁻²	Врло јако пропусно
10 ⁻³	Јако пропусно
10 ⁻⁴	Средње пропусно
10 ⁻⁵	Слабо пропусно
10 ⁻⁶	Врло слабо пропусно
10 ⁻⁷	Непропусно

Извор: Вукашиновић, цитат Белић и сар., (2014).

Подаци о филтрацији су важан земљишни показатељ у агрономији, а посебно у мелиорацијама (Дугалић и сар. 2005). У наводњавању се наведени параметар користи за одређивање губитака воде процеђивањем као и код субиригације. Ако се код наводњавања не води рачуна о величини овог параметра може доћи до испирања храњивих материја из ризосферног-површинског хоризонта / слоја.

Стабилност структурних агрегата

Сваки тип земљишта карактерише се одређеном структуром. Она је важан чинилац плодности пољопривредног земљишта и постепено настаје деловањем комплексних физичко-хемијских процеса. Од интеракције типа земљишта, цементних агенаса, управљања земљиштем и еколошких услова зависи стварање структуре земљишта. Повољну структуру земљишта је потребно одржавати а неповољну поправљати (Белић и сар., 2004).

Стабилност структурних агрегата, по наводима Вучића и Марића (1992), сматра се кључем плодности земљишта. То је динамична величина нарочито у орничном хоризонту и зависи од особина земљишта, климе и услова обраде. Као последица обраде земљишта агрегатна стабилност брзо опада, док величина сувих агрегата расте. Познавање стабилности структурних агрегата земљишта значајно је због примене најбољег решења за одржавање земљишта у што повољнијем стању ради његове обраде и биљне производње уопште.

Чиниоци стабилности структуре замљишта су: кохезија, хумус богат у хуминским материјама, калцијум, гвожђе, земљишна фауна, глина и други, док чиниоце нестабилности структуре могу узроковати: киша и град, вода која засићује земљиште, натријум, кисео хумус (Павићевић, 1972).

Искусствено се показало да наводњавање опште узев квари структуру и ова појава се уочава код готово свих земљишта. Најмање структуру квари орошаваће а највише наводњавање потапањем и преливањем. Структурни агрегати су сатурисани водом и то чини да се честице земљишта одвајају једна од друге у процесу бубрења. У влажном стању таква земљишта су слепљена а у сувом су склона грудвању.

За очување и поправљање структуре постоје два приступа: класичан (спор али ефикасан) и савремени (уношење екстрактивних и синтетичких материја у земљиште).

У класичне методе убрајају се:

- обрада земљишта у условима најповољније влажности,
- обogaћивање земљишта хумусом богатим у хуминским материјама,
- калцификација киселих земљишта уз примену ђубрива,
- гипсовање заслањених земљишта,
- увођење трава и легуминоза у плодоред.

Стабилност микроагрегата је изражена према Vageler-у индексом њихове стабилности (**Ss**) према формули:

$$Ss = (Fp - Fnp) / Fp \times 100$$

где је:

Fp - % честица мањих од 0.002 mm у узорку земљишта припремљеном са $Na_4P_2O_7 \times 10 H_2O$;

Fnp - % честица мањих од 0.002 mm у узорку земљишта припремљеном са H_2O .

Класификација степена стабилности структурних микроагрегата земљишта приказана је у Табели 3.

Табела 3. Класификација степена стабилности структурних микроагрегата земљишта

Индекс стабилности микроагрегата (Ss)	Степен стабилности микроагрегата по Vagler-y
<10	Потпуно нестабилни
10-20	Нестабилни
20-30	Врло мало стабилни
30-50	Мало стабилни
50-70	Доста стабилни
70-90	Стабилни
>90	Врло стабилни

Извор: Методе истраживања физичких својстава земљишта (1971)

У испитиваним узорцима одређен је и ризик од стварања покорице у површинском хоризонту.

Ризик од стварање покорице R (%) одређује се према формули Белић и сар. (2004):

$$R = \text{SOM} \times 100 / (\text{глина} + \text{прах})$$

где су:

- SOM- садржај органске материје у земљишту (%);
- Глина + Прах - садржај одређене механичке фракције (%).

Ризик од формирања покорице је:

- висок ако је вредност R мања од 5%,
- на граници, ако је R 7% и
- ниска ако R је већи од 9% (Тирић и сар., 2012).

Методе за одрживо коришћење земљишта

Да би земљиште било повољна средина за оптималну пољопривредну производњу, потребно је да поседује повољне физичко-механичке особине, односно да не показује јако изражено бубрење, скупљање, пластичност, лепљивост, везаност и збијеност као и да не пружа велики отпор при обради и развоју корена и изданака биљака које се на њему гаји. Услед пољопривредног коришћења и примене агротехничких, хемијских и биолошких мера долази до промене физичко-механичких особина земљишта. На земљиштима неповољних физичко-механичких

особина неопходно је спровести мере поправке водно-ваздушног и топлотног режима.

Степен изражености неповољних особина па тако и бонитет, гледано са еколошког становишта зависи поред осталог и од минералног и хемијског састава, односно садржаја органских материја у земљишту, калцијум карбоната и других адсорбованих катјона и карактера педогенетских процеса који се одвијају у земљишту (алкализације, илувијације, замочваривања, ерозије, хумизације, агрегације).

Мере које се спроводе односе се на поправку механичког и агрегатног састава, хумизацију, калцизацију, гипсовање, примену правилног плодореда, обраду земљишта у интервалу влажности који одговара стању физичке зрелости земљишта за обраду, продубљивање ораничног и растресање збијеног и јако везаног подораничног хоризонта као и гајење вишегодишњих трава у плодореду (Дугалић, и Гајић, 2012). Управљање специфичностима примене различитих биљних врста и њиховог укључивања у плодореде у повртарској производњи у заштићеном простору налази примену како у периоду припреме земљишних парцела приликом подизања заштићених простора за производњу, тако и касније у самом процесу производње.

Одржавање нивоа плодности земљишта

Основни услов за оптимално гајење поврћа у заштићеном простору је плодно земљиште, које омогућава да биљка из земљишног раствора усваја неопходне макро и микро елементе. Међутим све већа потреба за одрживошћу пољопривредне производње мења приступ од исхране биљака директном применом растворљивих минералних ђубрива до одржавања плодности земљишта (Ugrenović, 2020). Директним мерама као што су: примена органских ђубрива, минералних и микробиолошких ђубрива одржава се и повећава плодност земљишта, као и његова биолошка активност. Сточарска производња је веома значајна, јер у производњи за земљиште обезбеђује неопходне органске и хранљиве материје. Све чешће раздвајање биљне и сточарске производње (Barbieri et. al. 2017) и трендови смањења употребе синтетичких минералних ђубрива доводе у питање одрживост интензивне повртарске производње. Због тога све већи значај добија увођење ширих плодореда, са већим учешћем махунарки, здружених и покровних усева, као и коришћење сувих и зелених органских малчева (Лазичић и сар. 2013). Располагање биљним остацима, увођење покровних усева у плодореде повољно утиче на повећање са-

држаја органске материје у земљишту (Clark, 2008; Santos et.al. 2011), на његову плодност, па тиме и на обезбеђивање супстрата за микроорганизме. Како наводи Tosti et al. (2012) биљни остаци са ниским односом C:N у биомаси се разграђују брже од оних са ширим односом (Табела 4.). Здруживањем биљних врста из различитих фамилија, са различитим C:N односом у плодореду, може смањити тај однос укупне произведене биомасе и на тај начин убрзати разградњу (Fageria et al. 2005). Располагањем са овим особинама биомасе усева могу се усмеравати процеси у земљишту у правцу постављеног циља, да ли је потребна органска материја или приступачан азот за наредни усев (Угреновић и Филиповић, 2017). Усвајањем азота покровни међуусеви у заштићеном простору могу да спрече његово испирање и тако га сачувају за наредни усев, а тиме спрече и загађење подземних вода (Malone et al. 2014). Укључивањем у плодоред покровних усева, у чијим биљним остацима је однос угљеника и азота (C:N) изнад 30, микроорганизми за њихову разградњу троше азот, па се ова појава може искористити за управљање нитратима у земљишту (Угреновић и Филиповић 2017).

Табела 4. Однос угљеника и азота (C:N) у биљним остацима.

Органска материја	C:N однос
Младе биљке ражи	14:1
Зреле биљке ражи	40:1
Биљке слачице у цветању	9:1
Биљке хељде у цветању	10:1
Маљава грахорица	10:1 до 15:1
Инкарнатска детелина	15:1

Извор: Угреновић и Филиповић (2017).

Структура земљишта

Најважније агротехничке мере којима се може утицати на поправку и очување структуре земљишних агрегата у повртарској производњи у заштићеном простору су: правилна ротација усева уз веће учешће легуминоза и покровних међуусева, правилна и благовремена обрада земљишта, калцизација киселих земљишта, уношење гипса у земљишта алкалне реакције, уношење органских и минералних ђубрива, односно средстава за исхрану биљака.

Структура земљишта у повртарској производњи у заштићеном простору може се брзо успоставити увођењем у плодосмену легуминоза као међуусава за зеленишно ђубриво, чији биљни остаци имају ужи однос C:N (Табела 4.). Приликом њиховог разлагања ослобађају се велике количине органских молекула, као што су полисахариди, који побољшавају структуру земљишта (Downie, 2010). То је разлог зашто је земљиште „меко“ након неког усева легуминоза, а тај ефекат се очекује да траје само онолико дуго колико постоје разградиви биљни остаци. Са већином гајених биљних врста (осим са купусњачама) у симбиотском односу живе микоризне гљиве (Himmelbyer et al., 2005; Plehchette et al. 2005). Биљке обезбеђују енергију овим гљивама, а гљиве проширују зону кореновог система, могу да помогну у апсорбовању воде и хранљивих материја као што је фосфор (Parniske, 2008). Микоризе насељавају ћелије врхова корена, па како корен расте, оне изумиру при чему се ослобађа гломалин (Wu et al. 2012). Управо тај одбачени гликопротеин доприноси бољој структурности земљишта (Bedinia, et al. 2009). Видови праксе у повртарској производњи у заштићеном простору који би могли да стимулишу стварање микориза, а тиме и гломалина, обухватају: континуирано заузимање земљишта живим кореновим системима на којима се могу настанити микоризе, избегавање превртања земљишта обрадом и прекомерног ђубрења фосфором (Parniske, 2008). Располагањем овим специфичностима примене различитих биљних врста и различитих техника њиховог гајења у повртарској производњи у заштићеном простору процеси у земљишту могу се усмеравати у правцу побољшања структуре земљишта.

Правилна, благовремена обрада земљишта при оптималној влажности такође доприноси одржавању и поправљању структуре земљишта. Препоручују се системи обраде који мање ремете земљиште и обезбеђују дужи период његовог мировања, применом међуусава и здружених усева (Угреновић и Филиповић 2017). Тежи се да се превртање и мешање слојева земљишта при обради сведе на најмању могућу меру.

Поред овога, уношење органских ђубрива (стајњака, компоста, тресета) и редовно ђубрење средствима за исхрану биљака (минерална ђубрива) такође, индиректно доприносе поправци структуре земљишта јер се њиховим коришћењем образује моћнији коренов систем и по скидању усева на земљишту остаје знатнија количина биљних остатака.

Калцизација и гипсовање су такође мелиоративне мере које применом на киселим, односно алкалним земљиштима позитивно утичу како на агрегацију земљишне масе тако и на стабилизацију структуре земљишта.

Примена органских ђубрива

За остварење високих и стабилних приноса доброг квалитета, повртарских биљних врста, поред минералних ђубрива треба примењивати и органска (стајњак, компост, зеленишна ђубрива). У циљу веће одрживости, нови трендови су да се биљке хране преко екосистема земљишта, а не употребом растворљивих ђубрива која му се додају (Угреновић и сар. 2020). Минерална ђубрива су брзо делујући извор хранива за биљке, док је код органских ђубрива већи део хранљивих материја у органском облику, који тек након минерализације биљка може да усвоји. Применом органских ђубрива поправљају се и опорављају особине земљишта на којима је била примењена интензивна пољопривреда и надокнађује се недостатак азота. Њиховом применом позитивно се утичу на физичке и биолошке особине земљишта. Молнар и сар. (1981) наводе да дугогодишње ђубрење органским ђубривом по правилу повећава општу порозност, а смањује запреминску масу и збијеност земљишта, првенствено у ораничном слоју.

Стајњак

У најширем смислу стајњак представља смешу измета домаћих животиња и простирке (слама, плева, поздер, пиљевина, папрат, лишће), Угриновић и сар. (2015). У зависности од степена микробиолошке активности и разложености полазног материјала (екскремената и простирке), према Ковачевићу (2003) разликују се четири категорије стајњака:

- Свеж стајњак који ни након месец дана не показује видљиво смањење биомасе и код којег се још увек лако разликују навлажени делови простирке, а однос C/N је веома велик.
- Полузгорели стајњак који настаје након два до четири месеца ферментације и код којег је приметно смањење почетне биомасе и опадање простирке, а садржај хранива је измењен.
- Згорели стајњак је уједначене масе и хомогене структуре, без видљиве простирке, смањене масе, промењеног хемисјког састава и повољнијег C/N односа. У оваквом стајњаку налазе се минерализоване хранљиве материје које су биљкама лакше доступне, а процес ферментације је практично окончан.

- Прегорели стајњак настаје дужим чувењем згорелог стајњака. По хемијском саставу, у односу на претходно поменути, заступљене су минералне материје у већем проценту, док је садржај органске материје мањи. Хранива из оваквог стајњака су биљкама лако приступачна у највећој мери.

Маса и запремина стајњака у току процеса ферментације се смањује, али и поред тога, релативан садржај главних макроелемената је у порасту (Табела 5.). У тим процесима у стајњаку се повећава концентрација азота, фосфора и калијума, а поправља се и однос C/N (Здравковић ет ал., 2012).

Табела 5. Промена хемиског састава и губитак масе стајњака (%) у току ферментације

Хранљиви елементи	Степен згорелости стајњака			
	Свеж	Полузгорео	Згорео	Јако згорео
Азот	0,52	0,60	0,66	0,73
Фосфор	0,31	0,38	0,43	0,48
Калијум	0,60	0,64	0,72	0,84
Губитак масе	0,00	29,0	47,2	62,4

Извор: Здравковић ет ал. (2012).

Без обзира на степен разлагања, стајњак садржи све биогене елементе неопходне за биљку. У том смислу стајњак се означава и као комплетно ђубриво (Богдановић и Убавић, 1999). Код различитих врста домаћих животиња структура и хемисјки састав свежег стајњака се разликује (Табела 6.).

Табела 6. Хемијски састав свежег стајњака (%)

Стајњак	Вода	Орг. мат.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Говеђи	77,4	20,3	0,45	0,24	0,50	0,40	0,11
Коњски	71,3	25,4	0,58	0,28	0,63	0,25	0,14
Овчији	68,0	30,0	0,84	0,23	0,67	0,33	0,18
Свињски	72,4	25,0	0,45	0,19	0,60	0,18	0,09
Мешани	75,0	21,0	0,50	0,25	0,60	0,35	0,15

Извор: Здравковић ет ал. (2012).

У току чувања и неговања стајњака, садржај влаге, угљеника/ органске материје опада, док је садржај минералних материја у релативном порасту (Угриновић и сар., 2015). Радом специфичних микроорганизама долази до разлагања сложених органских једињења у стајњаку, при чему се у атмосфери ослобађају топлота и гасови као што су угљен-диоксид, азот и његови оксиди, амонијак и метан. У пракси је чест значајан губитак хранљивих елемената из стајњака, проузрокован неправилном применом. Стајњак треба растурати и уносити у земљиште у што краћем временском периоду, по облачном времену, без ветра (Ковачевић, 2003). Ово нарочито код свежег и полузгорелог стајњака, како би што већи део гасова ослобођених ферментацијом остао у земљишту. У супротном, ови гасови представљају губитак и проблем за животну средину јер узрокују ефекат „стаклене баште“ (Clemens et al., 2006).

У повртарској производњи свеж стајњак се примењује за производњу расада у топлим лејама. У таквом стајњаку могу да се нађу семена корова, проузроковачи биљних болести, али и патогени штетни по здравље човека (*Escherichia*, *Salmonella*), Franz et al. (2010). Због тога свежи стајњак није погодан као средство за исхрану биљака у производњи конзумог поврћа, па мора да се компостира. Тиме се у процесу микробиолошке разградње постиже температура и до 70 С°, што проузрокује уништавање клијавости семена корова и патогена. Добро згорели стајњак садржи доступна хранива за биљке и одређене физиолошки активне материје које поспешују њихов раст. У повртарској производњи прегорели стајњак уноси се у земљиште пред сетву или садњу, користи се за покривање супстрата топлих и хладних леја након сетве, а обавезан је састојак супстрата за производњу расада.

Норме ђубрења стајњаком зависе од захтева биљне врсте, типа земљишта, квалитета стајњака, времена и начина уношења и утицаја климатских услова. Стајњак има продужено дејство које траје 3-4 године, лака земљишта ђубре се сваких 2-3 године, а тежа сваких 4-6 година. У првој години биљке искористе око 30% хранива, у другој око 40%, у трећој око 20% и у четвртој око 10%. Вубрење стајњаком се може комбиновати са употребом гипса, кречњака и доломита (за регулисање киселости: гипс за алкална земљишта а кречњак и доломит за кисела), Угриновић и сар. (2015).

Осим што садржи хранљиве материје, стајњак обогаћује земљиште органском материјом, побољшава физичко хемијске особине, појачава микробиолошку активност, побољшава водно ваздушни режим, повећава садржај CO₂ у земљишту и друго. Уношењем стајњака у земљиште органска материја директно му се враћа, побољшавају се физичке особине

земљишта, а микробиолошка активност се повећава (Здравковић ет ал., 2012). Резултати Савина и сар. (2010), јасно указују на то да је уношење стајњака права агротехничка мера за смањење сабијености земљишта. Применом стајњака повећана је биомаса угљеника, укупан број бактерија, број азотобактера и аминокхетеротрофа, као и активност ензима дехидрогеназе и уреасе (Ђурић и сар., 2008). Значи стајњак нема само хранидбену вредност већ је значајан и као поправљач земљишта.

Компост

Компост је органско ђубриво које се користи за исхрану биља, али се често користи и као материјал за настирање земљишта у производњи поврћа. У зависности од материјала који се користе и начина компостирања у повртарској производњи најчешће се примењују компости од остатака из биљне производње, биљног отпада из прерађивачке индустрије, као и глистењак. Осим хранива ова органска ђубрива садрже и друга органска једињења која стимулишу раст биљака и њихову отпорност.

Компостирање представља биохемијски процес у коме долази до потпуног разлагања органске материје посредством микроорганизама. Приликом тих процеса ствара се компост, CO_2 , топлота и вода. За компостирање је потребно да се користи здрав, уситњен органски материјал, са уравнотеженим односом C/N (Табела 7.). Сабијањем тог материјала у компостишту одређује се количина ваздуха, а тиме и брзина и смер ферментације.

Квалитет компоста без обзира на начин компостирања, мора да има оптималан C/N однос, који треба да је 25:1. У случају да није тако, добија се маса која може бити тамножуте боје (више C), до зеленксте боје (већи удео N) и која је лоших хемијских особина. Зелени делови биљака су "богатији" минералним материјама него одрвенели делови. Приликом уношења материјала у компостиште треба у мањем проценту уносити "споро – разградљиве" као што је: лишће брезе, тополе, платана, ораха, иглице и гране четинара. Такође, за компостирање не треба користити коровске биљке са семеном и са ризомима, као и болесне биљке, како се применом компоста у производњи не би ширио коров и болести.

Хемијски састав компоста зависи од основног материјала и најчешће садржи 0,35% до 0,5% азота, 0,2% фосфора, и 0,25% до 0,60% калијума (Лазивић и сар., 2013). Угреновић и сар. (2021) су компостирањем зелене биомасе луцерке (*Medicago sativa* L.) добили компоста са 5% укупног азота. Компост је по својим особинама сличан згорелом стајњаку, мрке

је боје, пријатног мириса, растресит је и без остатака видљивих органских материја, а рН у њему је 6 до 7,8 и има мање од 50% влаге.

Као посебна врста компста који се добија радом глиста је глистењак. Ово органско ђубриво богато је органском материјом (и до 55%), садржи око 2% укупног N, 1,2% P₂O₅ и 1,3% K₂O, као и микроелементе (цинк, бакар, манган, гвожђе), Лазић и сар. (2013). Глистењак се користи у смеси са земљом, на сиромашним земљиштима у сразмери 1 део глистењака на 10 делова земљишта, а на богатим земљиштима у сразмери 1:6. Ове смеше користе се у повртарској производњи у заштићеном простору за производњу и расада и конзумног поврћа.

Табела 7. Однос угљеника и азота (C:N) у биљним остацима

Врста материјала	C:N однос
Листови букве, храста, брезе	40:1
Иглице бора	30:1
Покошена трава	15-25:1
Лист и корен кромпира	10:1
Суви остаци легоуминоза	45-50:1
Пиљевина	200:1

Извор: Лазић и сар., (2013).

Калцизација као мера поправке киселих земљишта

За поправку неповољних хемијских особина киселих земљишта примењују се мере калцизације, односно уношења у земљиште кречног материјала и то CaCO₃ у форми меканог или млевеног кречњака, сатурационог муља (нус-производ у производњи шећера), CaO, Ca(OH)₂, MgCO₃, MgO или лапорних и других седимената богатих CaCO₃. Применом ових материјала, односно калцизацијом, смањује се концентрација Al, Fe и Mn у земљишном раствору. У условима киселе реакције земљишта, једињења наведених елемената су лакорастворљива, и тако лакоприступачна биљкама а при већим количинама токсична. Са повећањем рН вредности земљишног раствора долази до образовања нерастворљивих форми једињења наведених елемената тако да се и њихова токсичност смањује. Ово је посебно значајно у интензивној производњи поврћа због брзе ротације гајених врста. Мера калцизације, такође утиче и на стабилизацију структурних агрегата, односно долази до поправке сруктуре земљишта.

Количина кречног материјала коју је потребно применити у циљу поправке неповољних особина зависи од степена киселости и механичког састава зе-

мљишта. Утврђивање потреба киселих земљишта за калцизацијом врши се на основу одређене величине размењиве киселости (pH у 1М КСI) и степена zasiћености базних катјона V(%), Табела 8 и 9.

Табела 8. Класификациона шема за процену потребе земљишта за калцизацијом

Потреба за калцизацијом	Вредност V(%)	pH у 1МКСI
Јака	<50	<4,5
Умерена	50-70	4,6-5,0
Слаба	70-80	5,1-5,5
Нема потребе	>80	>5,5

Извор: Дугалић и Гајић (2012)

Табела 9. Норме уношења кречњака ($t \cdot ha^{-1}$) у зависности од степена киселости и механичког састава земљишта

Механички састав земљишта	pH у 1МКСI					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Пескуше и лаке иловаче	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Средње и теже иловаче	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

Извор: Дугалић, и Бошко (2005), Дугалић и Гајић (2012)

Гипсовање као мера поправке земљишта

Велика алкалност, такође је неповољна карактеристика земљишта. Она се негативно одражава како на раст и развиће гајених биљака и микроорганизмама заступљених у земљишту, тако и на повећање хидрофилности и пептизације земљишних колоида, а на тај начин и на разарање структурних агрегата, услед чега се погоршавају физичке, физичко-механичке, физичко-хемијске, хемијске и водне особине земљишта. Као мера за смањење алкалности земљишта наводи се примена поступка гипсовања, којим се постиже замена размењивог натријума у адсорбтивном комплексу калцијумом.

У многим државама још од половине прошлог века за поправљање неповољних земљишних особина користе се и полимери и сополимери познатији под комерцијалним именом крилијум. Њихов ефекат зависи пре свега од садржаја глине у земљишном узорку а исто тако и од садржаја хумуса, хемијских реакција у земљишту, саставу и количини размењивих базних катјона, садржаја водорастворљивих соли и осталог.

Проблем токсичности воде за наводњавање

Вода за наводњавање може условити појаву токсичног деловања на биљке. Ову појаву може изазвати и мали степен салинитета коришћене воде, и тако довести до смањења приноса, па чак и до увенућа биљака.

Све биљке нису подједнако осетљиве према токсичним конституентима, али је већина дрвећа и других дрвенастих вишегодишњих биљака осетљива (Пивић и сар., 2016;17). Орошавање може да проузрокује специфичне појаве токсичности.

Натријум

Већина једногодишњих биљака није осетљива према малим концентрацијама натријума, али су осетљиве према већим концентрацијама. Симптоми токсичности због дејства натријума јављају се најпре на најстаријим листовима пре него што акумулација достигне токсичан степен. Симптоми се јављају у виду ожеготина или сушења ткива на спољним ивицама, прогресивно према лисном центру.

Апсорпција натријума зависи у великој мери од количине присутног калцијума. Токсичност натријума се смањује или елиминише адекватном количином калцијума. Често смањење приноса биљака настаје и коришћењем воде за наводњавање са високим садржајем натријума, јер се кваре физичке особине земљишта а њихово погоршање више утиче на смањење приноса него непосредно токсичност.

Хлориди

Већина једногодишњих биљака није осетљива на мале концентрације хлорида. Хлориди се не адсорбују у земљишту, већ се лако крећу са земљишном водом. Симптом токсичног деловања хлорида испољава се у облику ожеготина или сушења лисног ткива, и то по ободу врха старијег лишћа, а затим повећавањем токсичности, сушење се прогресивно шири од ивица према основи листа. Такви листови рано отпаду и настаје дефолијација биљака. Приликом орошавања у условима високе евапорације, вода за наводњавање већ са садржајем од око 3 mol/m^3 хлорида проузрокује ожеготине у вршном делу листа, а ако су концентрације веће, долази до дефолијације.

Бор

Мада су мале количине бора неопходне за пораст и развитак биљака, он може бити токсичан за многе биљке ако је његова концентрација у земљишном раствору већа од неколико ppm-а (његових делова на милион делова воде). Стога се садржај овог елемента сматра важним приликом оцењивања квалитета воде за наводњавање. Проблеми бора изгледа да су најчешћи када се користи бунарска вода и вода из термалних подручја и извора земљотресних подручја. На токсичност бора осетљиве су многе биљне врсте и варијетети.

Бор који биљка апсорбује акумулира се у лишћу и другим деловима биљке. Типични симптоми токсичности појављују се на врховима и по ивицама старијег лишћа у виду жутих пега или сушења лисног ткива. Жутило или пегавост, у неким случајевима праћени су сушењем које се прогресивно шири према централним лисним нервима.

У Табели 10. дати су подаци о толерантности важнијих пољопривредних биљних врста према количини В (бора) у води за наводњавање. Наведене вредности могу знатно да се мењају у земљишту са лошом дренажом, зато што се односе на земљиште из којег је бор испран.

Табела 10. Релативна толерантност важнијих пољопривредних биљних врста према бору (В) у води за наводњавање (по Wilsoхu), (толерантност биљака у свакој колони опада идући наниже)

Толерантне	Полутолерантне	Осетљиве
4.0 mg l ⁻¹ В	2.0 mg l ⁻¹ В	1.0 mg l ⁻¹ В
Шећерна репа	Сунцокрет	Шљива
Сточна репа	Кромпир	Крушка
Баштенска репа	Памук	Јабука
Луперка	Парадајз	Винова лоза
Лук (црни)	Ротквица	Смоква
Кељ	Грашак	Трешња
Купус	Маслина	Бресква
Толерантне	Полутолерантне	Осетљиве
Салата	Јечам	Кајсија
Мрква	Пшеница	
	Кукуруз	
	Сирак	

Толерантне	Полутолерантне	Осетљиве
	Овас	
	Тиква	
	Паприка	
2.0 mg l ⁻¹ B	1.0 mg l ⁻¹ B	0.3 mg l ⁻¹ B

Извор: Методе истраживања физичких својстава земљишта (1971)

Токсичност изазивају релативно мале концентрације токсичних супстанци. Ако се гаје осетљиве биљке, неким мерама могу да се умање последице утицаја концентрација токсичних супстанци.

У те мере спадају:

- чешћа заливања;
- употреба додатне воде за испирање;
- случајеви токсичности натријума ублажавају се применом гипса или сумпорне киселине;
- замена воде или употреба мешане воде за наводњавање из два или више извора.

Од агротехничких мера за корекције постојећих услова у биљној производњи може се применити :

- гајење мање осетљивих биљака;
- примена додатних доза азота ради повећања фертилизације земљишта у циљу побољшаног пораста и развитка биљака;
- побољшање иригационог режима ако не постоји адекватна контрола наводњавања и правилно развођење воде и
- примена специјалних техника наводњавања.

Мешовити проблеми

Претходна три проблема углавном су повезана са квалитетом воде за наводњавање. Ипак, понекад и неки други проблеми могу неповољно да утичу на биљну производњу. Те проблеме могу да проузрокују поред осталих бикарбонат и рН вредност. У мешовите проблеме спадају још и биоцидне опасности и опасности од суспендованог наноса из воде за наводњавање.

Бикарбонати

Бикарбонат може да буде узрочник таложења белих талога на плодовима поврћа. У периоду велике евапотранспирације, а при наводњавању орошавањем, на лишћу и плодовима формира се бели талог CaCO_3 , који није подложен испирању каснијим заливањем. Мада тај талог није токсичан, он смањује продајну вредност плодова.

Да би се смањило или избегло деловање бикарбоната препоручује се:

- заливање ноћу, у критичним периодима;
- промена начина заливања.

***pH* вредност**

Вода за наводњавање треба да има pH вредност од 6.5 до 8.4. Вредности pH веће или мање од ових могу да проузрокују штетне последице у земљишту и на биљкама.

Опасност од суспендованог наноса

Суспендовани нанос у води за наводњавање има неповољан утицај на технологију наводњавања и на водопропустљивост земљишта. Када се у води за наводњавање налазе веће количине суспендованог материјала, погоршава се функционалност система а развођење воде се редукује. У случају наводњавања кап по кап, отвори на емитерима обично се запушавају, услед чега долази до неуједначене дистрибуције воде у пољу које се наводњава. Приликом заливања потапањем или из бразда, вода која стално тече носећи већу количину суспендованог наноса може утицати на стварање проблема водопропустљивости земљишта, нарочито ако се наводњава земљиште фине текстуре. У таквим условима суспендовани материјал може проузроковати појаву покорице, која отежава клијање и ницање биљака, а поред тога неповољно делује на инфилтрацију воде у земљиште.

Садржај амонијачног ($\text{NH}_4\text{-N}$), нитратног ($\text{NO}_3\text{-N}$) и нитритног азота ($\text{NO}_2\text{-N}$)

Критеријум за процену квалитета воде са становишта МДК садржај амонијачног ($\text{NH}_4\text{-N}$), нитратног ($\text{NO}_3\text{-N}$) и нитритног азота ($\text{NO}_2\text{-N}$), преузет је из регулативе Европске Уније (EU), EPA (SAD) и WHO (светска здравствена организација) и представљен у *Табели II*.

Табела 11. Критеријум за процену квалитета воде

Параметар	EPA (SAD)	WHO	EU
	(mg l ⁻¹)		
NO ₃ -N	45,0	50,0	50,0
NO ₂ -N	-	0,2	0,2
NH ₄ -N	1,0	1,0	1,0

Појава нитрита (NO₂-N), је карактеристична за бунаре са смањеним садржајем кисеоника и са високим садржајем Fe³⁺ јона. Како је однос нитрат-нитрит динамична величина, потребно је пратити садржај ових параметара бар два пута годишње (ако се вода из тих бунара користи као техничка). У случају да се вода из бунара користи за пиће и напајање стоке контролу квалитета воде треба пратити сваке недеље према критеријуму EPA (SAD).

Потребно је нагласити значај контроле квалитета вода и са становишта неопходне имплементације „Нитратне директиве“ у наше законодавство. Нитратна директива прописује да се у површинским и подземним водама не сме наћи више од 50 mg l⁻¹NO₃-N. Области које су обележене као потенцијално угрожене (нитратно осетљиве зоне) подлежу анализи чешће него што је то уобичајено.

Воде из таквих зона могу бити забрањене за даље коришћење јер могу штетно утицати на здравље људи и животиња, или се пак, прописују мере смањења уноса органских и минералних ђубрива, смањења броја грла стоке итд.

Закључак

Основни услов за оптимално гајење поврћа у заштићеном простору је плодно земљиште. Међутим све чешће раздвајање биљне и сточарске производње и трендови смањења употребе синтетичких минералних ђубрива доводе у питање одрживост интезивне повртарске производње. Нови трендови су да се биљке хране преко екосистема земљишта, а не употребом растворљивих ђубрива која му се додају. Због тога све већи значај добија увођење ширих плодореда, са већим учешћем махунарки, здружених и покровних усева, као и коришћење сувих и зелених органских малчева. Располагање биљним остацима, увођење покровних усева у плодореде повољно утиче на повећање садржаја органске материје у земљишту, на његову плодност, па тиме и на обезбеђивање супстрата за микроорганизме. Применом ових технологија поправљају се и опора-

вљају особине земљишта на којима је била примењена интензивна повртарска производња и надокнађује се недостатак азота. Њиховом применом позитивно се утичу на физичке и биолошке особине земљишта.

Литература

1. Barbieri, P., Pellerin, S., & Nesme, T. (2017). Comparing crop rotations between organic and conventional farming. *Scientific Reports*, 7 (13761), 1-10.
2. Barthel, S., Crumley, C. L., Svedin, U. (2013). Biocultural refugia: combating the erosion of diversity in landscapes of food production. *Ecology and Society*, 18(4).
3. Белић, М., Пејић, Б., Хаџић, В., Бошњак, Ђ., Нешић, Ј., Максимовић, Л., Шеремешкић, С. (2004): Утицај наводњавања на структурно стање чернозема. "Зборник радова", *Научног Института за ратарство и повртарство, Нови Сад*, 40:129-141.
4. Белић, М., Нешић, Ј., Ћирић, В. (2014) *Практикум из педологије*. Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду, Србија.
5. Blandford, D., Hassapoyannes, K. (2018). The role of agriculture in global GHG mitigation.
6. Bogdanović, D., Ubavić, M. (1999): *Plodored i đubrenje*. U: Molnar (Ured.), *Plodoredi u ratarstvu*. Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, 205-214.
7. Вучић, Н.В., Марић, В. (1992): *Хигијена земљишта*. Војвођанска академија наука и уметности, Нови Сад, Србија.
8. Гајић, Б. (2005): *Физика земљишта*, Практикум, Београд, Србија.
9. Downie, J. A. (2010): The roles of extracellular proteins, polysaccharides and signals in the interactions of rhizobia with legume roots. *FEMS Microbiology Reviews*, 34(2): 150–170.
10. Dimitrijević, A., Bajkin, A., Blažin, S., & Blažin, D. (2014). Uniformity of air temperature and relative humidity inside and outside the different types of greenhouses. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 18 (3), 107-110.
11. Драговић, С. (2000): *Наводњавање*. Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, Србија.

12. Дугалић, Г., Гајић, Б. (2005): *Педологија практикум*. Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет Чачак, Србија.
13. Дугалић, Г., Гајић, Б. (2012): *Педологија*. Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет Чачак, Србија.
14. Ђоровић, М. (2001): *Основи физике земљишта*. Унија биолошких научних друштва Југославије, Београд, Србија.
15. Ђурић, S., Jarak, M., Hajnal – Jafari, T., Manojlović, M. (2008): Mikrobiološka aktivnost zemljišta u sistemima organske i konvencionalne proizvodnje kukuruza. *Savremena poljoprivreda*, 57(3–4): 46–50.
16. Zdravković, J., Mijatović, M., Pavlović, N., Ugrinović, M., Adžić S. (2012): *Prvi koraci ka organskoj proizvodnji povrća*. Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka, Србија.
17. Kovačević, D. Đ. (2003): *Opšte ratarstvo*. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Zemun.
18. Лазић., Б, Илић, З., Ђуровка, М. (2013): *Органска производња поврћа*. Центар за органску производњу, Селенча, Универзитет ЕДУ-КОНС, Сремска Митровица, Нови Сад, Србија.
19. Malone, R.W., Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., Thorp, K.R., Kladvik, E., Ma, L., James, D.E & Singer, J., Morin, X.K., Searchinger, T. (2014): Cover crops in the upper midwestern United States: Simulated effect on nitrate leaching with artificial drainage. *Journal of soil and water conservation*, 69(4): 292-305.
20. Molnar, I., Stevanović, M., Belić, B., Džilitov, S. (1981): Promene nekih fizičkih osobina černozema u zavisnosti od sistema iskorišćavanja zemljišta. *Zemljište i Biljka*, 30(2): 207-215.
21. Павићевић, Н. (1972): *Физика земљишта*, Београд-Земун, Србија.
22. Parniske, M. (2008): Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat Rev Microbiol*, 6, 763–775.
23. Pelišek, J. (1964): *Lesnicke puzoznalstvi*. SZN, Praha.
24. Пивић и сар. (2015): Системи за одводњавање на водном подручју Сава и могућност њиховог коришћења за наводњавање пољопривредног земљишта. Студија.

25. Пивић и сар. (2016): Испитивање дефицита воде на подручју Моравичке области и предлог примене резултата и искустава из области наводњавања појединих пољопривредних култура. Студија.
26. Пивић и сар. (2017): Испитивање дефицита воде на подручју Мачванске области и предлог примене резултата и искустава из области наводњавања појединих пољопривредних култура. Студија.
27. Plenchette C., Clermont-Dauphin C., Meynard J.M., Fortin, J.A. (2005): Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. *Canadian journal of plant science*, 85(1): 31-40.
28. Savin, L., Simikić, M., Furman, T., Tomić, M., Gligorić, R., Đurić, S., Vasin, J. (2010): Uticaj agrotehničkih mera na zapreminsku masu zemljišta. The influence of scientific farming measures on soil bulk. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 36,(1):1-9.
29. Santos, N.Z.D., Dieckow, J., Bayer, C., Molin, R., Favaretto, N., Pauletti, V. & Piva, J.T. (2011): Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotations to C sequestration in a subtropical Ferralsol. *Soil and Tillage Research*, 111(2): 208-218.
30. МПШиВ РС (2013): *Стратегија пољопривреде, водопривреде и руралног развоја Републике Србије (2014-2024)*. Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије.
31. Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Pace, R., Tei, F., Guiducci, M. & Thorup-Kristensen, K. (2012): Green manuring effect of pure and mixed barley-hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition. *European Journal of Agronomy*, 43: 136-146.
32. Ђирић, В., Манојловић, М., Белић, М., Нешић, Љ., Шеремешкић, С. (2012): Стабилност агрегата и процена ризика од стварања покорице на солоњцу при различитим начинима коришћења. *Ратарство и повртарство*, 49(3), 243-249
33. Ђоровић, Р., Јовановић, Ж. (1988): *Мелиорације земљишта*. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Србија.
34. Ugrenović, V. (2020): *Soil management. In Organic farmig handbooc*, Forum CSRD, Skoplje, North Macedonija, Handbook, 26-30.

35. Ugrenović, V., Filipović, V. (2017): *Cover Crops: Achievement of Sustainability in the Ecological Systems of Agriculture*. In A. Jean-Vasile & D. Nicolò (Eds.) *Sustainable Entrepreneurship and Investments in the Green Economy*, IGI Global, USA, 255-278.
36. Ugrenović, V., Filipović, V., Delić, V., Popović, V., Stajković Srbinović, O., Buntić, A., Dozet, G. (2020): Maintenance of Soil Fertility on Organic Farm by Modeling of Crop Rotation With Participation Alfalfa. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke / Matica Srpska J. Nat. Sci.* Novi Sad, 138, 71-82.
37. Ugrenović, V., Filipović, V., Glamočlija, Đ., Subić, J., Kostić M. & Jevđović R. (2012): Pogodnost korišćenja morača za izolaciju u organskoj proizvodnji. *Ratarstvo i povrtarstvo / Field and Vegetable Crops research*. Novi Sad. 49(1), 126-131.
38. Ugrenović, V., Filipović, V., Jevremović, S., Marjanović Jeromela, A., Popović, V., Buntić, A., Delić, D. (2019): Kupusnjače u pokrovnim usevima. *Selekcija i semenarstvo*, 15(2), 1-8.
39. Ugrinović, M., Filipović, V., Ugrenović, V. (2015): *Stajsko đubrivo - oplemenjivač zemljišta i izvor hraniva u održivim sistemima zemljoradnje*. U: Filipović i Ugrenović (ured.), *Organska proizvodnja i biodiverzitet*. V Otvoreni dani biodiverziteta, Pančevo, 43-52.
40. Fageria, N.K., Baligar, V.C. & Bailey, B.A. (2005): Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(19-20): 2733-2757.
41. Franz, E., Tromp, S.O., Rijgersberg, H., Van Der Fels-Klerx, H.J. (2010): Quantitative microbial risk assessment for Escherichia coli O157: H7, Salmonella, and Listeria monocytogenes in leafy green vegetables consumed at salad bars. *Journal of Food Protection®*, 73(2): 274-285.
42. Himmelbauer M.L., Puschenreiter M., Schnepf A., Loiskandl W., Wenzel, W.W. (2005): Root morphology of *Thlaspi goesingense* Hálácsy grown on a serpentine soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(1): 138-144.
43. Hontoria, C., García-González, I., Quemada, M., Roldán, A., Alguacil, M. M. (2019): The cover crop determines the AMF community composition in soil and in roots of maize after a ten-year continuous crop rotation. *Science of the Total Environment*, 660, 913-922.

44. Clark, A. (2008): *Managing cover crops profitably*. DIANE Publishing (3rd ed.): 1-248.
45. Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., Amon, B. (2006): Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112(2): 171-177.
46. Červenski, J., Medić-Pap, S., Danojević, D., Savić, A., Bugarski, D. (2020): Značaj rotacije useva u intenzivnoj proizvodnji povrća u zaštićenom prostoru. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 65(3): 199-212
47. Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H., Dong, K. (2019): The greenhouse effect of the agriculture-economic growth-renewable energy nexus: Evidence from G20 countries. *Science of the Total Environment*, 671, 722-731.
48. Wu Q.S., He X.H., Zou Y.N., He K.P., Sun Y.H., Cao M.Q. (2012): Spatial distribution of glomalin-related soil protein and its relationships with root mycorrhization, soil aggregates, carbohydrates, activity of protease and β -glucosidase in the rhizosphere of Citrus unshiu. *Soil Biology and Biochemistry* 45: 181-183.

ИНОВАТИВНО ПОДПОВРШИНСКО КАПИЛАРНО НАВОДЊАВАЊЕ - ПРЕДНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВОЈА¹

Наташа Кљајић², Владо Ковачевић³

Сажетак

Подповршинско наводњавање (подземно наводњавање, субиригација) је начин наводњавања који подразумева довођење воде и хранљивих материја директно у зону кореновог система путем канала/перфорираних цеви постављених на одређеној дубини у земљишту. Код овог начина наводњавања нема губитака воде на евапотранспирацију, а ни хранљивих материја. Биљкама се вода додаје у фазама, када им је потребна. Наводњавање се врши малим нормама, под малим радним притисцима због чега не долази до кварења структуре земљишта. С обзиром да се врше честа заливања са мањим нормама, постиже се и уштеда у енергији и води.

У раду је, поред описа и приказа основних карактеристика подземног наводњавања, са његовим предностима и недостацима код примене у пракси, дат опис једног новог, иновативног начина подповршинског наводњавања под називом „*иновативно подповршинско капиларно наводњавање*“. Иновативни систем је постављен и примењен на експерименталном пољу у Грабовцу, у пластенику површине 5 ари, који припада Средњој пољопривредно-хемијској школи у Обреновцу. Систем је повезан са ветротурбином са допунским фотонапонским панелима (хибридни систем на сунце и ветар) и дигиталном метеоролошком станицом.

Кључне речи: наводњавање, иновација, иновативно подповршинско капиларно наводњавање.

1 Резултати приказани у поглављу су и део годишњих активности ИЕП везаних за МПНТР РС, бр. Уговора 451-03-9/2021-14.

2 Др Наташа Кљајић, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, 11000 Београд, Србија, e-mail: natasa_k@iep.bg.ac.rs

3 Др Владо Ковачевић, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, 11000 Београд, Србија, e-mail: vlado_k@iep.bg.ac.rs

Увод

Вода је неопходна за раст и развој биљака. У пољопривредној производњи се веома често дешавају штете условљене неповољним климатским (временским) приликама. Штете се јављају углавном због суша и високих температура, условљених недостатком воде или због поплава. Управо се наводњавањем може у знатној мери смањити утицај екстремних климатских појава и остварити високи приноси при гајењу пољопривредних култура уз његову примену.

Богатство Републике Србије у водним ресурсима је неоспорно у садашњим условима. Наша држава је богата у водним ресурсима који су довољни за задовољавање потреба водоснабдевања и наводњавања. Проблем је у чињеници да од свих расположивих вода мање од 8% воде води порекло са наше државне територије. Преосталих 92% су транзитне воде, па је сарадња са земљама у сливу Дунава изузетно значајна (Цвијановић Д., ет ал., 2015.).

По питању климе, подручје Србије је обухваћено умерено-континенталном климом, са променљивим вредностима метеоролошких параметара током године. Највећа количина воде доспева из атмосфере на земљиште путем падавина које су непоуздане и не могу се контролисати. Падавине су варијабилне и по количини и по распореду, и често су у дефициту, нарочито у периоду вегетације, у критичним фазама развића биљака. Сходно томе, суша се у нашим климатским условима јавља сваке године, са већим или мањим последицама на висину и квалитет приноса гајених пољопривредних култура (Кљајић ет ал., 2011).

Земљишта предвиђена за пољопривредну производњу, али без довољне количине воде током вегетационог периода у целисти или у одређеном њеном периоду, морају се обезбедити водом на вештачки начин, путем наводњавања. Повећањем пољопривредних површина под културама чији вегетациони период траје у току летњих месеци, када су најмање количине падавина и највише температуре, повећавају се потребе за водом. Оправдано се сматра да ће главни ограничавајући фактор за одрживи развој, како у аридним и семиаридним областима, тако и у умереном климатском појасу у будућности бити несташица воде (Rey et al., 2016). Стога, развој пољопривреде без наводњавања, нарочито у данашњим климатским условима, практично је неодржив.

Процент наводњаваних површина у нашој земљи је незнатан ако се посматра у односу на укупне површине земљишта које су погодне за наводњавање (Кљајић Н. ет ал., 2013б). Наводњаване површине у нашој земљи за период 2011-2019. година приказане су у *Табели 1*.

Табела 1. Наводњаване површине под усевима/засадима у Републици Србији за период 2011-2019. година

Године	Наводњаване површине (укупно, ха)	Оранице и баште (ха)	Воћњаци (ха)	Остало (ха)
2011	34.175	32.652	1.318	205
2012	52.986	50.361	2.444	181
2013	53.086	49.988	2.358	741
2014	44.882	42.882	1.785	216
2015	54.696	52.367	2.111	217
2016	43.486	41.405	1.820	261
2017	46.823	46.622	2.013	201
2018	46.937	44.603	2.029	191
2019	46.863	44.486	2.104	271
<i>Просек</i>	<i>47.104</i>	<i>45.041</i>	<i>1.998</i>	<i>276</i>

Извор: РЗС, Екобилтен (2011-2019) <https://www.stat.gov.rs/sr-Latn/oblasti/zivotna-sredina>

Површине под системима за наводњавање у овом периоду у просеку износе 47.104 ха, при чему су оранице и баште заступљене на површинама од 45.041 ха просечно, воћњаци на 1.998 ха, док остале површине под системима за наводњавање обухватају у просеку 276 ха.

У Србији се тренутно интензивно наводњавања око 2,0% обрадивих површина. Према статистичким подацима, од укупно коришћене пољопривредне површине која износи 3.437.423 ха (Попис пољопривреде 2012), удео наводњаваних површина у 2019. години је износио 46.863 ха, што чини свега 1,4%.

Током 2019. године у Републици Србији наводњавано је 46.863 ха пољопривредних површина. Највећи удео (94,9%) имају оранице и баште у укупно наводњаваним површинама. У мањем проценту (4,5%) су наводњавани воћњаци. Остале пољопривредне површине у укупно наводњаваним површинама су имале најмањи удео, од свега 0,6%, што се може видети у *Табели 1*. Најзаступљенији тип наводњавања било је наводњавање орошавањем или вештачком кишом (92,3% површине), системима кап по кап 7,6% површине, а површински се наводњавало свега 0,1% површине (*Табела 2*).

Табела 2. Наводњаване површине према типу наводњавања у 2019. год.

Начин наводњавања	Република Србија	СРБИЈА СЕВЕР	Београдски регион	Регион Војводине	СРБИЈА ЈУГ	Регион Шумадије и Западне Србије	Регион Јужне и Источне Србије
Укупно	46.863 (100%)	40.407	1.595	38.813	6.455	142	6.313
Површински	59 (0,1%)	34	8	26	25	6	19
Кишење	43.253 (94,9%)	38.167	1.585	36.583	5.086	38	5.048
Капањем	3.550 (7,6%)	2.206	2	2.204	1.344	98	1.246

Извор: РЗС, <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/25010204?languageCode=sr-Cyrl>
Датум ажурирања: 15.06.2020.

Постоји велики број система за наводњавање методом „кап по кап“ и вештачком кишом у пластеницима и стакленицима за које у статистици не постоје евидентирани подаци. Ови подаци о наводњавању би свакако повећали просек наводњаваних површину у некој малој мери (Кљајић ет ал., 2016).

Утицај наводњавања на интензивирање производње и повећање приноса је изузетно велики. Успешни резултати у производњи уз његову примену, указују на велику перспективу наводњавања у нашим условима кроз ревитализацију постојећих и изградњу нових малих и великих система. Ипак, рационално наводњавање, поред обезбеђења биљака потребним количинама воде у периоду вегетације, подразумева и правилан избор начина наводњавања (Кљајић ет ал., 2009; Кљајић ет ал., 2013а).

Појам одрживог наводњавања подразумева што мање инвестиције у трошкове одржавања система и што мањи утицај на спољашњу околину. Потребни су такође континуитет и сигурност рада система. Код одрживог наводњавања битна је у што већој мери употреба обновљивих извора енергије (најчешће енергија сунца и енергија ветра), који би се користили за производњу електричне енергије која би се затим употребила за погон црпних станица за наводњавање.

У овим оквирима, основна улога система за наводњавање је повећање производње хране уз што мањи утрошак воде, дакле ефикасније коришћење система за наводњавање, уз примену нових технологија,

иновација, унапређење знања и праксе везаних за земљиште и воду за наводњавање, минералних материја, хемијских средстава која се користе у процесу производње, као и усклађивање сетвене структуре климатским променама (Поњичан О. ет ал., 2017).

Подземно наводњавање

Током времена су се развијали и мењали начини примене наводњавања. У основи постоји пет начина наводњавања:

1. површинско наводњавање,
2. подземно наводњавање (подповршинско, субиригација, енгл. „Subsoil irrigation“),
3. наводњавање вештачком кишом или кишењем,
4. импулсно кишење, и
5. локално наводњавање.

За постизање максималних ефеката у примени наводњавања, битан је избор одговарајуће технологије која ће се примењивати и избор врсте система, а све са циљем рационалног и економичног обезбеђења гајених биљака потребном количином воде.

Сваки метод наводњавања има своје специфичности у техничком и агрономском смислу, са својим предностима и недостацима по којима се разликује од сваког другог метода наводњавања. У одговарајућим условима и при правилном коришћењу, уз сваки систем за наводњавање могу се остварити максимални производни резултати (Субић Ј. ет ал., 2017). Зато је приликом планирања наводњавања и избора опреме за наводњавање, потребно детаљно сагледати које би биле економске предности и недостаци, као и еколошке последице.

Подземно наводњавање представља релативно новије техничко решење. Идеја о оваквом наводњавању се појавила у САД 60-тих година прошлог века, док се интензивније почело примењивати од 1980. године. У Републици Србији углавном се примењује на подручју АП Војводине (око 80%). Укупна површина земљишта под овим системима износи 1.500-2.000 ha. Примењује се углавном на земљиштима површине од 1 до 130 ha (Поњичан О. ет ал., 2019).

Подземно наводњавање је наводњавање капањем испод површине земљишта. Принцип рада код овог система се своди на спровођење воде до наводњаване површине путем канала, односно цеви, а затим развођење испод површине земљишта у зону ризосфере преко система латерала са емитерима воде. Гледано са техничког аспекта, овај метод наводњавања је прилично захтеван из више разлога: земљиште би требало бити без нагиба, мора бити савршеног рељефа, уједначеног механичког састава, велике дубине и водопрпусности, по могућству са високим нивоом подземне воде. Вода за наводњавање, као уосталом код примене било код система за наводњавање, мора бити одговарајућег квалитета. На земљиштима тежег механичког састава за подземно наводњавање се може користити крвична дренажа где се дренажни пуне водом најчешће из отворених канала. Постављају се на растојању од 50 до 150 cm и на дубини од 30 до 50 cm.

Примена подземног наводњавања је карактеристична најчешће за хумидне рејоне где се комбинује са одводњавањем земљишта. У сушним, ародним областима, нарочито са великим дефицитом воде, последњих година се интензивно шири, чиме се постиже значајна уштеда у води.

У пракси се најчешће користе два начина подземног наводњавања: *подземно наводњавање отвореним каналима (систем са слободним нивоом)*, које представља заправо регулацију подземне воде путем отворених канала, и *наводњавање подземним цевима (системи под притиском)* (Субић ет ал., 2017; Кљајић Н. ет ал., 2016). Дакле, код овог начина наводњавања, вода се може доводити отвореним каналима и/или подземним цевима, након чега се кроз земљиште креће подизањем под дејством капиларних асцедентних сила осигуравајући биљке потребном количином воде у зони ризосфере (Џецић ет ал., 2008).

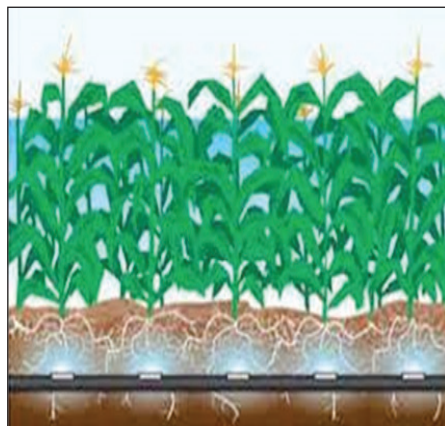
Принцип подземног наводњавања отвореним каналима подразумева правилно управљање водама на наводњаваној површини заустављањем или контролисаним испуштањем воде из отворених канала. Канали обично служе за одводњавање сувишне воде у влажном и хладном периоду године, док у летњем периоду служе за контролисано одржавање нивоа подземне воде и њено бочно ширење чиме се врши наводњавање гајених култура (*Слика 1.*). Регулисање и одржавање нивоа воде у каналима се врши бранама или уставама. Корисници хидромелиорационих система приликом коришћења воде за наводњавање су дужни да контролишу ниво воде у системима канала.

Слика 1. Подземно наводњавање отвореним каналима



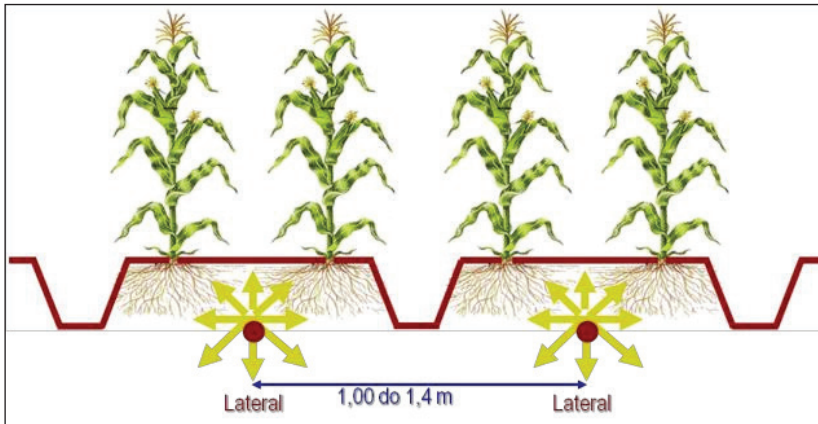
Наводњавање подземним цевима подразумева довођење воде у земљиште подземним цевима. Код субиригације на одређеној дубини и на одређеном растојању у земљиште се постављају цеви са капалкама на дубини од 50 до 80 cm и на паралелном растојању од 50 до 60 cm а све у зависности од типа земљишта кроз које се вода креће под малим притиском и постепено, лагано инфилтрира у слој ризосфере (Слика 2. и 3.). Дужина цеви код подземног наводњавања може бити од 100-150 m, и више.

Слика 2. и 3. Подземно наводњавање цевима (субиригација)



Приликом прецизног додавања воде у зону ризосфере површина земљишта се незнатно влажи и остварују се минимални губици воде на евапорацију. Садржај влаге у зони ризосфере одржава се на нивоу оптималне вредности за биљке јер се вода подземним путем доводи непосредно и искључиво у зону кореновог система биљака, али не и по површини (Слика 4.).

Слика 4. Постављање латерала



Делови система за подземно наводњавање су:

- цеви које се постављају на одређеној дубини, испод површине земљишта,
- извор воде за наводњавање,
- главни цевовод,
- филтери за воду,
- уређај за дозирање хранива,
- и централна аутоматска управљачка јединица.

Наводњавање подземним цевима је у основи слично цевној дренажи. Због тога често цеви за подземно наводњавање имају двонаменску улогу на пољопривредним парцелама и то одвођење сувишне воде у периодима обилних падавина, и наводњавање у сушним периодима године, без падавина (Слика 4.).

Подземно (подповршинско наводњавање) има значајне техничке предности у односу на остале методе наводњавања које се огледају у следећем:

- Храњиве материје се доводе директно у зону кореновог система биљака;
- Вода се кроз земљиште креће капиларним силама (капиларно ширење воде), при чему обезбеђује оптимално влажење зоне ризосфере;
- Могућа су честа заливања мањим нормама;
- Одсуство испаравања воде са површине земљишта;
- Неутралисан је утицај ветра на воду која се додаје наводњавањем;
- Могућа је уштеда воде и енергије;
- Не долази до кварења структуре земљишта;
- Смањена је појава болести биљака;
- Могуће је додавати растворљива ђубива (фертигација);
- Ономогућено је стварање покорице на површини земљишта;
- Рад пољопривредне механизације је неометан;
- Смањена је могућност механичких оштећења и крађе опреме;
- Постоји могућност и аутоматизације и даљинског управљања;
- Могуће је двонаменско коришћење система за наводњавање, у сврху наводњавања и одводњавања чиме се двострано регулише влажност у земљишту.

Најзначајнији недостаци субиригације се огледају у следећем:

- Сложени технички и велики инвестициони захвати у земљишту;
- Овај систем захтева изузетно чисту воду да не би дошло до зачепљења цеви или капалки што се често дешава у пракси (улазак честица земљишта - нечистоћа у емитере након завршетка наводњавања, улазак кореновог система у емитере воде);
- Неравномерно влажење земљишта по дужини цевовода;
- Забаривање и заслањивање земљишта у случају немогућности контролисања норми наводњавања;
- Оштећења под утицајем мрза;
- Садржај глине у земљишту не сме бити већи од 60% да би систем функционисао.

Код подземног наводњавања ефикасност коришћења воде је и до 45% у односу на нпр. наводњавање плављењем и кишењем (површинско наводњавање), а све из разлога што не долази до отицања воде по површини парцеле и због мањег коефицијента евапорације. Редукован је и раст корова јер при овом наводњавању површина земљишта остаје сува а у зони ризосфере се постиже оптимална влажност земљишта.

Постављање система је условљено типом земљишта, односно његовим механичким саставом. Код земљишта средњег и тежег механичког састава, пре постављања система врши се подривање земљишта на дубини најмање 10 cm испод дубине на којој је предвиђено постављање система латерала са емитерима воде. После овог поступка изводе се основна и допунска обрада земљишта како би површина земљишта на парцели која ће се обрађивати била глатка, без грудви. Латерали се постављају најчешће на дубини од 40 cm. Разводни цевоводи и колекторске цеви се постављају на дубини већој за 10 cm од дубине на којој су постављени латерали, на самим крајевима парцеле на којој ће се примењивати наводњавање. Постављање система се завршава испирањем.

Латерали са емитерима воде се могу постављати на различитој дубини па сходно томе се може, према овом критеријуму, разликовати неколико врста подземног наводњавања:

- *плитко укопавање*, код кога се латерали постављају на дубину 5–10 cm испод површине земљишта,
- *регуларна дубина*, износи 25 cm,
- *дубоко укопавање* код кога се латерали постављају на дубину 30–40 cm (чак 50 cm).

Уколико се врши редовно испирање цевовода и латерала хербицидима и киселинама које спречавају урастање корена, дужина експлоатације овог система може износити 20 година (Поњичан О. ет ал., 2019).

Иновативно подповршинско капиларно наводњавање

Иновације у наводњавању подразумевају низ технолошких решења који оптимизирају потрошњу воде и доприносе лакшем планирању наводњавања. Један од таквих система је **иновативни начин подповршинског капиларног наводњавања**.

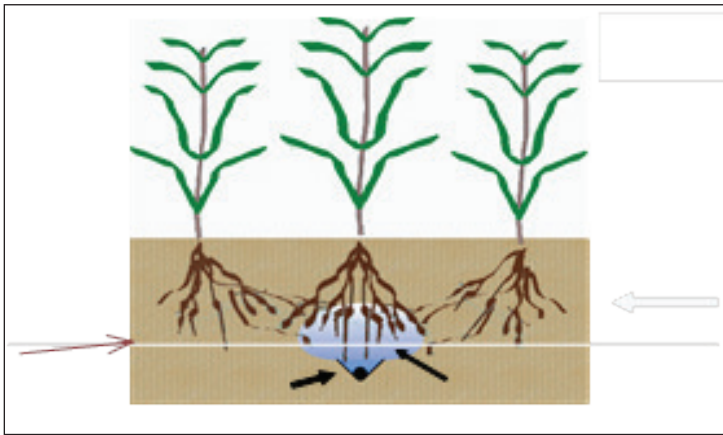
Овај иновативни систем је резултат дугогодишњих истраживања и експерименталног рада на праћењу водно-физичких особина земљишта на огледним пољима под различитим пољопривредним културама. Његовом применом се могу превазићи скоро сви потенцијални проблеми са којима се среће подповршинско наводњавање у својој примени у пракси.

Иновативни начин подповршинског капиларног наводњавања је радикална иновација у наводњавању у погледу конструктивног решења и потенцијала развоја, јер се ради о систему који дугорочно гледано може решити проблеме узроковане глобалним климатским променама које изазивају све чешће екстремне суше. Може се примењивати за успешно наводњавање различитих култура: кукуруза (семенског и меркантилног), соје, луцерке, шећерне репе, поврћа, воћњака и винограда. Према техничким конструкцијама, овај метод наводњавања припада прецизним и паметним технологијама. Његова прецизност је у строго контролисаној оптималној потрошњи воде, док паметним технологијама припада због поседовања механизма саморегулације приликом давања воде биљкама.

Иновација овог система за наводњавање је у оригиналном конструктивном решењу које представља мрежу подземних канала малих димензија, формираних од неразградиве пластичне фолије, у облику латиничног слова в („V“ или у неким случајевима латиничног слова у „U“), у оквиру које се налазе трансмитери воде са уграђеним елементима за упуштање воде у систем. Биљци је оптимална количина воде, у виду капиларне влаге у сваком тренутку на располагању. Вода у облику капиларне влаге се креће радијално асцедентно и бочно, без губитака, целом дужином система за наводњавање и током читавог вегетационог периода. Влажни фронт око кореновог система има облик елипсе а центар му је у трансмитеру за влагу. Опсег влажног фронта око трансмитера је у корелацији је са текстуром и структуром земљишта које се наводњава, са садржајем хумуса у њему као и са водно-ваздушним особинама земљишта (*Слика 5.*).

Пластична фолија спречава вертикално отицање воде у дубље слојеве земљишта, а дозвољава подизање капиларне влаге бочно и на горе према кореновом систему усева, чиме се спречава њен губитак. Код овог наводњавања нема вишка воде, па самим тим нема ни испирања растворених минералних ђубрива у водотокове.

Слика 5. Начин функционисања концепта иновативног подповршинског капиларног наводњавања



Систем се уграђује испод дубине обраде земљишта, на одређеним паралелним растојањима, у зависности од усева који се гаји. За разлику од класичног подповршинског наводњавања цевима, које је до сада нашло ширу примену у пракси, код овог система вода се разводи путем трансмитера за воду конструисаних на специфичан начин, под екстремно ниским притисцима, од 0,2 бара. Кључна разлика у односу на све друге постојеће системе подземних/потповршинских начина наводњавања, је у томе што у овом систему нема капалки (емитера воде), чије зачепљење може довести до проблема услед зачепљења код функционисања система (Злох З. 2013; Злох З. ет ал., 2013).

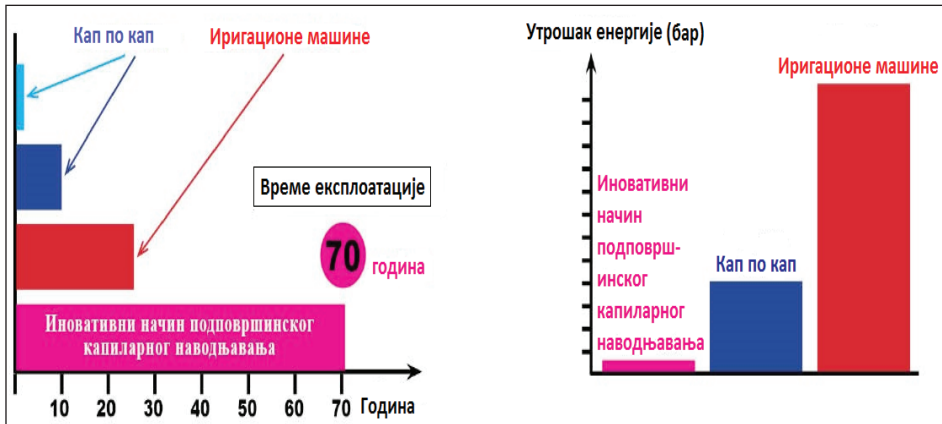
Три најбитније карактеристике овог иновативног система које га издвајају и разликују од свих осталих система за наводњавање су:

1. Дуг век експлоатације - Систем се једном инсталира испод дубине обраде земљишта. Капиларна влага се природним капиларним силама подиже на горе и бочно, а коренов систем биљака је све време вегетационе сезоне обезбеђен оптималном лако-приступачном водом. Могући век експлоатације је до 70 година, што значи да би три генерације у газдинству могле да користе земљиште и овај систем за наводњавање (Графикон 1. и 2.).

2. Висока енергетска ефикасност и коришћење „зелене енергије“ – За разлику од система „кап по кап“, код кога је потребан улазни притисак од најмање 1,0 бар, за коришћење иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања, довољан је притисак од 0,2 бара. Ова разлика

показује да са истом опремом која производи „зелену енергију“, може да се залива пет пута већа површина, што условавава знатно умањење трошкова производње у условима са применом овог начина наводњавања.

Графикон 1. и 2. Приказ века експлоатације система за наводњавање кап по кап (лево) и потрошње енергије (десно)



3. Саморегулација давању воде биљкама. Ову опцију не поседује ни један други постојећи систем за наводњавање. Гравитационо отицање је сведено на минимум, тј. не постоји.

Вишегодишња истраживања на огледним пољима су показала тачност наведених чињеница. На упоредним огледима у заштићеном простору (2010 и 2011. године), на неколико сорти паприке утврђено је повећање приноса од 25% до 35%, под овим системом (Злох З., 2013).

Са друге стране, добра функционалност овог система се огледа кроз поједностављење начина руковања и одржавања, затим кроз ниске или минималне трошкове одржавања, поправки и ремонта и кроз несметано функционисање механизације ради обављања агротехничких мера. Систем је примењив на отвореном пољу и у заштићеном простору.

Кроз почетна истраживања овог система и његовог усавршавања доказан је нарочито велики ефекат примене на отвореном пољу у екстремно сушним условима. Смањеним испаравањем и великом уштедом воде, а добијањем изузетно високих приноса, далеко превазилази ефекте других конвенционалних начина наводњавања.

Упоредним огледима у заштићеном простору, такође су добијени значајни резултати, не само у погледу повећања приноса, већ и у погледу обезбеђења

услова за еколошку и здравствено безбедну производњу хране. Овим начином наводњавања, земљиште се не девастира, већ се дугорочно чува као производни ресурс, за разлику од наводњавања „кап по кап“, који доводи до нарушавања структуре земљишта.

Сем наведених предности овог система, битно је нагласити и следеће:

- успешно се може примењивати код органске и еколошке производње хране;

У пластеницима у којима је инсталиран иновативни систем подповршинског капиларног наводњавања испаравање је минимално а релативна влажност ваздуха је веома ниска. Насупрот тим условима, код примене површинског система за наводњавање „кап по кап“ присутно је испаравање а релативна влажност ваздуха је веома висока што за последицу има развој болести на биљкама и неопходну примену средстава за заштиту биља. Такође, влажна површина земљишта код система „кап по кап“ изазива развој гљивица, док је код иновативног подповршинског капиларног наводњавања површина земљишта сува и одржава биљке у здравом стању. Код овог система се спречава неконтролисано испирање у дубље слојеве и подземне водотокове, вишка амонијачних једињења и других штетних једињења која одлазе у водотокове и пијаћу воду. Због наведене чињенице, очекује се да ће овај систем за наводњавање бити проглашен за еколошки прихватљив систем у зонама водосливова.

- пољопривредне површине на којима се применује могу бити чак и неправилног облика а да то не умањује ефекте примене овог система. То важи и за величину пољопривредне парцела на којој се поставља, у смислу да површина не умањује његове ефекте, од малих парцела до великих земљишни комплекса;
- овај систем има могућност коришћења органских или микробиолошких ђубрива (Злох З., 2013; Злох З. ет ал., 2013).

По питању еколошког аспекта ове иновације битно је споменути да је врло прихватљив са здравственог аспекта биљака.

За разлику од наводњавања „кап по кап“, где је током лета приземни део стабла изложен веома високим температурама па самим тим и ризицима од болести, код иновативног подповршинског капиларног наводњавања приземни део биљке није изложен превлаживању, тако да су ризици од оболевања сведени на минимум.

Са друге стране, код примене наводњавања кишењем биљке се излажу температурном стресу, који се веома негативно одражава на њих али је стрес често неизбежан уколико је вода за наводњавање знатно ниже температуре у односу на температуру ваздуха. Проблем температурног стреса биљака применом иновативног подповршинског капиларног наводњавања, знатно је ублажен и када би се упоредо наводњавало водом из истог изворишта са истом температуром воде (Слика 6.).

Слика 6. Еколошко-здравствени аспект (култура шећерна репа) наводњавање кишењем (лево), иновативно подповршинско капиларно наводњавање (десно)



Услови рада у пластенику зависе од температуре и релативне влажности ваздуха при тој температури којој су изложене биљке. Стога је и задржавање у пластенику при високој температури и високој релативној влази немогуће за дужи период, док је у условима високе температуре и ниске релативне влажности ваздуха, могућ не само дужи боравак већ и угодан рад.

У циљу интензивније промоције наводњавања, већег коришћења иновативних технологија у области наводњавања, па самим тим и у функцији одрживог развоја Србије, Институт за економику пољопривреде, Београд (ИЕП), у сарадњи са партнерским организацијама, реализовао је пројекат у оквиру теме: „Унапређење агротехничке мере наводњавања: Примена иновативних технологија у функцији одрживог руралног развоја Србије“.

Сходно томе, иновативни систем подповршинског капиларног наводњавања је постављен на огледном пољу, у пластенику Средње пољопривредно-хемијске школе, површине 5 ари где се гаје паприка (сорта *каптур*), црни лук (сорта *сребренац*) и ротквица (сорта *тинто*). Терен је са падом од 1%. Пре постављања система су урађене анализе земљишта из пластеника, са две дубине (30 cm и 60 cm). Од целокупне количине

узорка направљен је репрезентивни узорак за аналитичка одређивања, за оба узорка земљишта појединачно. Код дубине од 60 см, због мале количине достављеног узорка, није рађено одређивање садржаја глине. Такође је урађена и анализа воде за наводњавање.

Резултати анализа земљишта су дати у *Табелама 3. и 4.*, док су резултати анализе узорка воде за наводњавање дати у *Табели 5.* Резултати испитивања су дати у односу на масу сувог узорка.

Табела 3. Резултати физичко-хемијских испитивања узорка земљишта до дубине 0,3 m

Параметар	Метода	Мерна јединица	Резултати испитивања
Влага	СРПС ЕН 12880:2007	%	15.21
Садржај органске материје	ВМ 106	%	5.34
Садржај глине	ВМ 104	%	9.99
Садржај хумуса	ВМ 105	%	3.95
рН (у води)	ЕПА М 9045 Д: 2004		7.54
рН (у 1М раствору КСl)	Интерна метода*		6.79
Лакоприступачни калијум (К)	ВМ 092	mg K/100 gr	87.76
Лакоприступачни азот (N)	Интерна метода*	%	0.003
Лакоприступачни фосфор (P)	Интерна метода*	mg P/100 gr	2.36
Хром (Cr)	ВМ 092	mg/kg	33.17
Никл (Ni)	ВМ 092	mg/kg	24.17
Олово (Pb)	ВМ 092	mg/kg	19.52
Бакар (Cu)	ВМ 092	mg/kg	21.37
Цинк (Zn)	ВМ 092	mg/kg	57.59
Кадмијум (Kd)	ВМ 092	mg/kg	< 0,15
Жива (Hg)	ВМ 092	mg/kg	< 0,15
Арсен (As)	ВМ 092	mg/kg	9.12
Органохлорни пестициди			
Алдрин	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Диелдрин	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Ендрин	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Ендосулфан сулфат	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Хептахлор	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Хептахлорепоксид	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4-метоксихлор	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
ХЦХ-алфа	ВМ 053	mg/kg	< 0.01

Параметар	Метода	Мерна јединица	Резултати испитивања
ХЦХ-бета	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
ХЦХ-делта	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Линдан (ХЦХ-гама)	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4<-ДДД	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4<-ДДЕ	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4<-ДДТ	ВМ 053	mg/kg	< 0.01

*Лабораторијска метода усвојена од стране МОЛ-Лабораторије за испитивање која није у обиму акредитације
ВМ-валидована метода

Влажност земљишта је до дубине 30 cm 15,21% и са дужином се повећава, на дубини до 60% износи 17.37%.

Реакција (pH). Оптимална вредност pH за паприку је од 6,0 до 7,0, што значи да јој одговарају неутрална до благо кисела земљишта. Теже успева на врло киселим земљиштима, са pH вредношћу мањом од 4, и на алкалним земљиштима, са pH вредношћу већом од 8. Разменљива киселост (реакција pH у nKCl), земљишта експерименталног поља Грабовац, се са дужином смањује. До дубине 0,30 м, има вредност pH=6,79, а на дубини има вредност pH=6,52. На обе дубине остаје у опсегу нормалне pH вредности што одговара паприци. Исто важи и за црни лук и за роткице. Он најбоље успева на земљиштима неутралне pH вредности, а не подноси киселу реакцију (Манојловић ет ал, 2020).

Кисела земљишта, са pH вредношћу мањом од 4,5 се поправљају уношењем креча (процес калцификације), док се алкална, односно базна земљишта, поправљају сулфатом гвожђа (процес ацидификације).

Органска материја. По садржају органске материје (хумуса), земљиште експерименталног поља је умерено хумусно. Садржај хумуса до дубине 30 cm је 3,95%, а до дубине 60 cm 3,29%.

Лакоприступачни азот. Према заступљености лакоприступачног азота (0,003%), земљиште експерименталног поља припада категорији сиромашних земљишта.

Лакоприступачни фосфор и калијум. „Лакоприступачни“ фосфор (P) и калијум (K), се односе на лако растворљива једињења, из којих биљка може лако да се снабдева фосфором и калијумом. По томе, земљиште експерименталног поља припада групи слабо обезбеђених земљишта у фосфору и групи веома обезбеђених земљишта у калијуму (Шестић ет ал., 1969).

Табела 4. Резултати физичко-хемијских испитивања узорка земљишта до дубине 0,6 m

Параметар	Метода	Мерна јединица	Резултата испитивања
Влага	СРПС ЕН 12880:2007	%	17.37
Садржај органске материје	ВМ 106	%	4.33
Садржај глине	ВМ 104	%	**
Садржај хумуса	ВМ 105	%	3.29
pH (у води)	ЕПА М 9045 Д: 2004		7.49
pH (у 1М раствору KCl)	Интерна метода*		6.52
Лакоприступачни калијум (K)	ВМ 092	mg K/100 gr	128.97
Лакоприступачни азот (N)	Интерна метода*	%	0.006
Лакоприступачни фосфор (P)	Интерна метода*	mg P/100 gr	1.41
Хром (Cr)	ВМ 092	mg/kg	32.45
Никл (Ni)	ВМ 092	mg/kg	22.96
Олово (Pb)	ВМ 092	mg/kg	18.66
Бакар (Cu)	ВМ 092	mg/kg	20.04
Цинк (Zn)	ВМ 092	mg/kg	53.24
Кадмијум (Kd)	ВМ 092	mg/kg	< 0.15
Жива (Hg)	ВМ 092	mg/kg	< 0.15
Арсен (As)	ВМ 092	mg/kg	8.54
Органохлорни пестициди			
Алдрин	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Диелдрин	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Ендрин	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Ендосулфан сулфат	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Хептахлор	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Хептахлорепоксид	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4-метоксихлор	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
ХЦХ-алфа	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
ХЦХ-бета	ВМ 053	mg/kg	< 0.01

ХЦХ-делта	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
Линдан (ХЦХ-гама)	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4<-ДДД	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4<-ДДЕ	ВМ 053	mg/kg	< 0.01
4,4<-ДДТ	ВМ 053	mg/kg	< 0.01

**Лабораторијска метода усвојена од стране МОЛ-Лабораторије за испитивање која није у обиму акредитације*

***Није рађена анализа садржаја глине
ВМ-валидована метода*

Садржај хрома, никла, олова, бакра, цинка, кадмијума, живе и арсена је у границама дозвољеног.

Садржај органохлорних пестицида није у штетним границама. Њихове вредности су мање од 0,001 mg/.

Како би се избегле нежељене последице које могу да настану због наводњавања водом неодговарајућег квалитета, односно неповољног хемијског састава, вода која се користи за наводњавање мора да испуњава одређене установљене норме.

Табела 5. Резултати физичко-хемијских испитивања узорка воде

Параметар	Метода	Мерна јединица	Резултата испитивања
pH	ВМ 065		7.30
Натријум (Na)	ВМ 090	mg/l	3.94
Калцијум (Ca)	ВМ 090	mg/l	155.02
Магнезијум (Mg)	ВМ 090	mg/l	38.6
САР (sodium adsorption ratio)	Рачунски*		0.07
Хром (Cr)	ВМ 090	mg/l	< 0.007
Никл (Ni)	ВМ 090	mg/l	< 0.008
Олово (Pb)	ВМ 090	mg/l	< 0.005
Бакар (Cu)	ВМ 090	mg/l	< 0.006
Цинк (Zn)	ВМ 090	mg/l	< 0.006
Кадмијум (Cd)	ВМ 090	mg/l	< 0.003
Жива (Hg)	ЕПА М 245.1:1994	mg/l	< 0.0007
Арсен (As)	ВМ 090	mg/l	< 0.003
Органохлорни пестициди			
Алдрин	ВМ 011	µg/l	< 0.01
Диелдрин	ВМ 011	µg/l	< 0.01
Ендрин	ВМ 011	µg/l	< 0.01

Параметар	Метода	Мерна јединица	Резултата испитивања
Ендосулфан сулфат	ВМ 011	µg/l	< 0.01
Хептахлор	ВМ 011	µg/l	< 0.01
Хептахлорепоксид	ВМ 011	µg/l	< 0.01
4,4-метоксихлор	ВМ 011	µg/l	< 0.01
ХЦХ-алфа	ВМ 011	µg/l	< 0.01
ХЦХ-бета	ВМ 011	µg/l	< 0.01
ХЦХ-делта	ВМ 011	µg/l	< 0.01
Линдан (ХЦХ-гама)	ВМ 011	µg/l	< 0.01
4,4-ДДД	ВМ 011*	µg/l	< 0.01
4,4-ДДЕ	ВМ 011	µg/l	< 0.01
4,4-ДДТ	ВМ 011	µg/l	< 0.01

*Лабораторијска метода усвојена од стране МОЛ-Лабораторије за испитивање која није у обиму акредитације
ВМ-валидована метода

Резултати анализе показују да у води која се користи за наводњавање нема штетних пестицида ни тешких метала. Према САР вредности (7,49 mg/l), вода за наводњавање припада првој категорији по квалитету, односно са малом је опасношћу за секундарно заслањивење земљиште (Лазих М., 1990.). рН вредност износи 7.3, садржај натријума је 3.94 mg/l, калцијума 155.02 mg/l, и магнезијума 38.6 mg/l (Табела 5.).

Сондирањем земљишта у пластенику, органолептичким методом је утврђено да се ради о земљишту које је у орничном хоризонту од 0 до 25 cm дубине структурно, што је постигнуто, континураним уносом стајског ђубрива и редовном обрадом.

У дубљим хоризонтима од 30 до 60 cm, земљиште је веома збијено без јасно изражене структуре, при тренутној влази у тренутку испитивања. Такође се ради о слабо-водопрпусном хоризонту који дугорочно гледано утиче на процес заслањивања земљишта, што је честа негативна последица процеса наводњавања. Из тог разлога је пре постављања система за наводњавање извршена мера дренажа земљишта, на три попречна пресека пластеника, уградњом дренажа на 5-ом, 20-ом и 35-ом метру. Циљ ове мере је могућност испирања орничног хоризонта од повећане концентрације непотребних соли, које могу дугорочно да утичу на деградацију и опадање производне способности земљишта.

На почетку пластеника постављен је компензациони суд запремине 2.000 l, заправо два повезана суда, сваки запремине 1.000 l. Одатле се вода разводи у 9 трансмитера за воду а упуштање воде се врши под изузетно малим притиском (у просеку 0,1 bar). У само дно подземних канала је уграђена фолија чија је функција спречавање отицања гравитационе воде у дубље слојеве земљишта.

За покретање и рад иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања користе се обновљиви извори енергије, ветротурбина **додатно појачана допунским фотонапонским панелима како би се обезбедила довољна количина енергије без обзира на тренутне метеоролошке услове, тзв. хибридни систем.** Овај систем на сунце-ветар показао се у много случајева веома ефикасним с обзиром да се надопуњава а користи исти хардвер јер ради на истом напону 24 V.

У пластенику је, пре пуштања у рад иновативног подповршинског капиларног наводњавања, постављен систем за наводњавање микрораспскивачима који је причвршћен за носећу конструкцију на 2,5 m висине од површине земљишта. Овај систем има улогу влажења земљишта по површини у припремној фази како би се постигла оптимална влажност за садњу изабраних пољопривредних култура на експерименталном пољу.

Закључак

Досадашња примена иновативног подповршинског капиларног наводњавања је дала изузетне резултате у економском и еколошком смислу. Са применом овог начина наводњавања, због бројних предности које има у односу на конвенционалне системе за наводњавања, нарочито на наводњавање „кап по кап“, постигнути су знатно већи приноси одличног квалитета. У фази инвестирања, иновативно подповршинско капиларно наводњавање је скупље у односу на неке друге начине наводњавања, али се касније кроз остварени резултат у производњи, посматрано на дужи временски период, свакако исплати.

Главне предности иновативног подповршинског капиларног наводњавања су: – рад под екстремно ниским притиском (од 0,2 бара) па је мала потрошња енергије; – дуг је век трајања (70 година); – саморегулација у давању воде биљкама; – примењивост и на малим и на великим пољопривредним површинама; – једноставност у управљању и

коришћењу система; – кроз наводњавање могуће је и ђубрење различитим лакорасворљивим ђубривима; – смањен је ризик од болести биљака.

Иновативни начин наводњавања је нашао до сада примену, пре свега у повртарској производњи на отвореном пољу и у заштићеном простору. Реално је очекивати да се даљим развојем овог иновативног система његова примена у будућности интензивира у воћарској и ратарској производњи.

Литература

1. Цвијановић Драго, Михаиловић Бранко, Параушић Весна (2015): „Наводњавање у функцији пољопривредне производње у Србији“. XXIX саветовање агронома, ветеринара, технолога и агроекономиста, Вол. 21, бр. 1-2. стр. 193-199.
2. Cević Nataša, Srdić Sretenka, Vuković Predrag (2008): „Description of Subirrigation and Horizontal Pipe Drainage in Serbia“, Conferința internațională: „Dezvoltarea economică performantă și complexă a spațiului rural și regional“, București, 19-20 septembrie, Academia de studii economice din București, Facultatea de economie agroalimentară și a mediului, Institutul de economie agrară al academiei Române, Institutul de economie agrară Belgrad-Serbia, Facultatea de agricultură din Belgrad-Serbia, Institutul de cercetare pentru economia agriculturii și dezvoltare rurală, București pp. 1-11.
3. Кљајић Наташа, Субић Јонел, Вуковић Предраг (2009): „Производња поврћа у пластеницима уз примену наводњавања“. Зборник научних радова са XXIII саветовања агронома, ветеринара и технолога, Вол 15, број 1-2, Институт ПКБ Агроекономик, Београд, стр. 135-146.
4. Kljajić Nataša, Vuković Predrag, Arsić Slavica (2011): „Irrigation in Serbia-development conditions and perspectives“, pp. 100-106, Scientific papers series „Management, Economic engineering in Agriculture and Rural Development“, volume 11, issue 1/ 2011.
5. Kljajić Nataša, Vuković Predrag, Arsić Slavica (2013a): „Current Situation in Irrigation in the Republic of Serbia“, pp. 123-139. Charperter 7, Sustainable Technologies, Policies, and Constraints in the Green Economy Andrei Jean-Vasile, Adrian Turek, Jonel Subic, Dorel Dusmanescu, ISBN 978-1-4666-4098-6 (hardcover) -- ISBN 978-1-4666-4099-3 (ebook) -- ISBN 978-1-4666-4100-6 (print & perpetual access) 1. Sustainable development.

2. Environmental policy. 3. Green technology. I. Jean-Vasile, Andrei, 1982-editor of compilation. HC79.E5S86887 2013 338.9'27--dc23 A volume in the Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series, Published in the United States of America by Information Science Reference (an imprint of IGI Global) 701 E. Chocolate Avenue, Hershey PA 17033
6. Кљајић Наташа, Средојевић Зорица, Кљајић Жељко (2013б): „Евалуација примене наводњавања у Србији“, Зборник радова-Мелиорације 13, Пољопривредни факултет, Нови Сад, стр. 51-57.
7. Kljajić Nataša, Paraušić Vesna, Rodić Aleksandar (2016): “Techno-economic feasibility use of portable solar irrigation system”. 152nd EAAE SEMINAR: “Emerging technologies and the development of agriculture” Thematic Proceedings. August 30th-September 1st Novi Sad, Serbia. pp. 36-57.
8. Лазић Милојко (1990): Специјална хидрогеологија. Идео–Мелиоративна хидрогеологија. Универзитет у Београду. Рударско-геолошки факултет.
9. Манојловић Маја, Чабловски Ранко (2020): „Практикум из агрохемије“. Универзитет у Новом Саду. Пољопривредни факултет.
10. Поњичин Ондреј, Бугарин Р., Седлар Александра, Туран Јан, Вишацки Владимир, Станић Н. (2017): „Стање и правци развоја наводњавања у свету и код нас“. Савремена пољопривредна техника, Вол. 43, бр. 4, стр. 141-184.
11. Поњичан Ондреј, Милеташки Бојан, Бировљев Слободан, Седлар Александар, Туран Јан, Вишацки Владимир (2019): „Технички и експлоатациони аспекти наводњавања субиригацијом“. Савремена пољопривредна техника, вол. 45, бр. 4, стр. 135-184.
12. Rey, D., Holman, I.P., Daccache, A., Morris, J., Weatherhead, E.K. and Кнох, J.W.: Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate, Agricultural Water Management 173, 13-22, 2016.
13. Субић Јонел, Кљајић Наташа, Јелочник Марко (2017): „Обновљиви извори енергије и наводњавање у функцији одрживог развоја пољопривреде-економски аспекти“. Монографија. Издавач: Институт за економику пољопривреде Београд. Број страна 296/300.

14. Zloh Zdenko (2013): „Agro Kapilaris“ –A Revolution In Irrigation“. Proceedings The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science. Belgrade, september 23-26th. p.p. 493-506.
15. Zloh Zdenko, Miladinović Miroslav, Ugrinović Milan, Rudić Dragan, Savić Nebojša, Koković Nikola (2013): „Successful Application Of Agrokapilaris“ –A Revolution In Irrigation“. Proceedings The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science. Belgrade, september 23-26th. p.p. 506-511.
16. Šestić, S , Glinčić, M , Manojlović, S. (1969) Interpretation of the results of soil analysis. In Handbook for Systematic Control of Soil Fertility and Fertilizers Use. Center for the Improvement of Agricultural Production in Serbia - Professional Board for Control of Soil Fertility and the Use of Mineral Fertilizers, Belgrade, Serbia, 67–80.

Интернет извори:

<https://www.stat.gov.rs/sr-Latn/oblasti/zivotna-sredina>

<https://data.stat.gov.rs/Home/Result/25010204?languageCode=sr-Cyrl>

ЕКОНОМСКА ОПРАВДАНОСТ ПРИМЕНЕ ИНОВАТИВНОГ ПОДПОВРШИНСКОГ КАПИЛАРНОГ НАВОДЊАВАЊА У ПЛАСТЕНИЧКОЈ ПРОИЗВОДЊИ ПОВРЋА¹

Јонел Субић², Марко Јелочник³, Велибор Потребих⁴

Сажетак

Логика одрживости пољопривредне производње и стварања додатне вредности захтева перманентну примену техничко-технолошких иновација. Са друге стране, имплементација иновативних решења на газдинству блиско је везана са процесом инвестирања. Технологија примене иновативног подповршинског капиларног система наводњавања сигурно доприноси производном напретку и израженијем еколошком усмерењу газдинства, али је право питање по којој цени за произвођача.

У раду је извршена анализа економске оправданости улагања у постављање у функцију једног оваквог система интегрисаног са пратећим елементима (дигитална метео станица, електро подизачи бочних страна пластеника, као и земљишни и сензори атмосферских услова у пластенику) уз његову употребу у производњи поврћа у заштићеном простору. Сходно добијеним резултатима (примарно вредности Нето садашње вредности (НСВ) од 745,531.60 РСД, вредности Интерне стопе рентабилности (ИСП) од 23.51% и Динамичког рока повраћаја од 4 године и 1.53 месеци) закључено је да поменута инвестиција носи висок ниво оправданости за газдинство.

Кључне речи: наводњавање, иновација, повртарство, инвестиција, економска оправданост.

1 Резултати приказани у поглављу су и део годишњих активности ИЕП везаних за МПНТР РС, бр. Уговора 451-03-9/2021-14.

2 Проф. др Јонел Субић, научни саветник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, 11060 Београд, Србија, Тел: +381 11 6972 858, E-mail: jonel_s@iep.bg.ac.rs

3 Др Марко Јелочник, научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, 11060 Београд, Србија, Тел: +381 11 6972 852, E-mail: marko_j@iep.bg.ac.rs

4 Велибор, Потребих М.А., стручни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, 11060 Београд, Србија, Тел: +381 11 6972 852, E-mail: velibor_p@iep.bg.ac.rs

Увод

У условима свеопште глобализације, а нарочито у секторима привреде који упошљавају највећи део популације, и у којима раст прихода генерално не прати раст просечних приходе укупног друштва (попут пољопривреде), развој ма ког стратешког приступа опстанка на макро или микро нивоу мора детаљно размотрити и њихову одрживост (Meert et al. 2005). Као термин, одрживост дословно асоцира на одржавање постојања нечега у дужем року. Теоријски, она се може дефинисати као способност неке активности или неког система да постоји и траје у будућности у квалитативно непромењеном или унапређеном облику (Hansen, Jones, 1996).

Поједностављено, одрживост пољопривредног система на нивоу газдинства би требала да задовољи потребе фармера у дужем року независно од процеса очувања природних ресурса и животне средине. Претпостављено је да задовољство фармера изражава економску и социјалну компоненту, те укључује питања продуктивности, профитабилности, приходне стабилности и друштвене прихватљивости (Gomez et al., 1997). Наравно, како се национални циљеви везани за одрживост пољопривреде најчешће поклапају са глобалним, тежећи ка побољшању ефикасности њених економских, еколошких и друштвених перформанси, уз примену по стање животне средине прихватљивих производних метода, креатори политике су у ситуацији да перманентно комбинују ниво ангажовања економских капацитета са одрживим коришћењем расположивих природних ресурса. У ову сврху, развијају се практично примењиви и лако мерљиви индикатори, чија квантификација омогућава једноставну анализу, упоређивање и накнадно тримовање параметара одрживости (Van Passel et al., 2007).

Полазећи од заједничких именитеља, усмерења ка будућности и дугорочности, између одрживости и иновативности, као и њихове финалне резултанте конкурентности најчешће постоји изражена корелација (Fonseca, Lima, 2015). Идентична пресликавања јављају се и у сектору пољопривреде, односно унутар њених производних јединица, односно фарми (Kroma, 2006; Lubell et al., 2011).

Из угла фарми, поменути елементима у истом контексту додаје се и термин стварања додатне вредности. Додатној вредности можемо прићи из угла вредности размене (померања односа између вредности коришћених инпута и добијених производа) или угла употребне вредности

(сваког унапређења производа или услуге које води до потпунијег задовољења захтева потрошача, односно до јачања ефикасности пословања фарме), (Lepak et al., 2007). Иновације у пољопривреди могу довести до експликације оба вида додатне вредности на фарми, било да се њима унапређује агротехника или опрема везана за неку активност која ће довести до смањења трошкова производње или ће посредно утицати на раст приноса или цене финалног производа, или да се њима утиче на промене у изгледу, квантитету или квалитету производа или увођењу ознаке квалитета производа (Grujić Vučkovski, Kovačević, 2020) чија ће продаја допринети већој профитабилности фарме.

Као процес којим се контролише благовремена примена задовољавајућих количина воде сходно тренутним потребама биљке (Adams, 1989) и наводњавање засигурно доприноси стварању додате вредности на фарми, поготово уз придодату дозу иновативности. Нажалост, иако представља меру стварања додатане вредности, у условима Србије тренутно се интезивно наводњава не више од 1% обрадивих површина (Prača et al., 2017). У посматраном примеру, имплементација иновативног система за подповршинско капиларно наводњавање иницирала би хибридни ефекат у процесу стварања додатне вредности, то јест довела би до редукције трошкова утрошене воде, ђубрива и енергента, као и до раста приноса гајених култура, смањења броја третмана пестицидима, еколошког усмерења производње и са тим скопчан раст цена финалних производа, и друго.

Иако иновације у суштини представљају независну одлуку фармера, оне губе на свом потенцијалу уколико се не реализују у синергији са потребама шире друштвене заједнице (Ghadim, Pannell, 1999). Свака иновација на фарми или унапређење пољопривредне производње захтева активацију процеса инвестирање (WB, 2021). Са друге стране, инвестициона одлука без обзира на економско стање пољопривредника треба да се заснива на детаљној економској анализи који ће прецизирати услове улагања финансијских средстава у економски најефикаснију алтернативу, и која ће у складу са постулатом одрживости омогућити производњу и потрошњу хране код садашњих генерација без угрожавања потреба будућих генерација (Subić et al., 2011).

Методолошки оквир и коришћени подаци

Поглавље представља сумаризацију свих података и резултата везаних за оцену економске ефективности инвестиције, проистеклих током имплементације и техно-економске анализе тестираног система за подповршинско капиларно наводњавање. Поменути систем је инсталиран у пластенику величине 5 ари лоцираном у месту Грабовац унутар производно-огледног добра Средње пољопривредно-хемијске школе из Обреновца. Тестирање рада и економска оцена употребе система извршена је током производне 2020/21 године у производњи повртарских усева у заштићеном простору. Претпостављено је да газдинство располаже свим неопходним инфраструктурним и ресурсним елементима неопходним за активацију оваквог вида наводњавања (пре свега, неометан и трајан приступ изворима воде и енергије).

Методолошки оквир прикупљања и анализе података подразумевао је примену неколико метода истраживања. Попут неких ранијих истраживања (Subić et al., 2020; Subić et al., 2021) оцена економских ефеката улагања у иновирани систем за наводњавање претпоставила је примену основних статичких и динамичких метода оцене инвестиционих улагања (нето садашња вредност, рок повраћаја и интерна стопа рентабилности инвестиције). Анализа оправданости инвестирања заснивала се на примарним подацима добијеним током интервјуа са организатором производње на пољопривредном газдинству средње школе.

Поред овога, захтеви економске оцене инвестиције у поменути систем за наводњавање, претпоставили су и десктоп анализу над секундарним подацима, а у циљу обезбеђења квалитета и упоредивости предузетог истраживања. У ту сврху извршен је преглед и квалитативна анализа доступних научних и стручних студија и чланака везаних за тематску област. Такође, вредност свих добијених производних и економских резултата подржана је у РСД, док је њихова боља визуализација обезбеђена табеларним приказом сходно величини производног капацитета (пластеник величине 5 ари). Како се оцена инвестиције заснива на иновацији у сегменту производног процеса (наводњавање) који упркос потребама генерално није у значајној мери присутан у националној пољопривреди, то су очекивања да ће изводивост приказане инвестиције и проистекли резултати у економском смислу привући примарно снагом мала породична пољопривредна газдинстава активна у пластеничкој производњи.

Основни циљ поглавља је приказ оправданости улагања у иновативни подповршински систем за наводњавање инсталиран у пластенику са интегрисаним елементима (дигитална метео станица, сензори земљишта и атмосферских услова у пластенику, и електро-подизачи бочних страна пластеника) ради унапређења производних резултата у повртарству. Другим речима спроведено истраживање тражи одговор на питање: Да ли је инвестирање у поменуто техничко-технолошко решење економски оправдано за пољопривреднике активне у производњи поврћа?

Резултати са дискусијом

Пољопривредно газдинство се налази у насељеном месту Грабовац на периферији градске општине Обреновац. Газдинство функционише као огледно производно добро у саставу Средње пољопривредно-хемијске школе, намењено како трансферу неопходних практичних знања ученицима, будућим пољопривредним произвођачима и предузетницима у агро сектору, односно професионалном усавршавању наставног особља, тако и стварања додатних прихода за школу генерисаних кроз остварени вишак вредности реализованих пољопривредних производа. Пољопривредно добро располаже са свим производним ресурсима неопходним за организовање примарно биљне производње (ратарске, повртарске, а делимично и воћарске производње), и то: неопходне објекте за смештај механизације, опреме, инпута и пољопривредних производа, два пластеника у функцији производње расада и самог поврћа, плодно земљиште у табли усмерено ка производњи основних ратарских усева, мањи воћњак са разноврсним воћним културама, потребну механизацију и прикључне машине, свој бунар, комплетно спроведену електро инфраструктуру, стају за стоку, помоћне и административне објекте, и друго.

Претходно планирани пројектни задатак је у потпуности фокусиран на побољшање дела производног процеса заснованог на увођењу иновација у производњи поврћа у заштићеном простору. Наиме, планирано је унапређење у пластенику коришћеног површинског система за наводњавање типа кап по кап, његовом заменом са подповршинским капиларним системом за наводњавање интегрисаним са пратећим елементима (дигиталном метео станицом, сензорима земљишта и атмосферских услова у пластенику и електро подизачима бочних крила пластеника). Као што је претходно напоменуто, супституција коришћене опреме допринела би даљем јачању еколошког усмерења и здравствене безбедности произво-

да, како је опште познато да производни амбијент који укључује примену подповршинског наводњавања умањује присуство предатора и изазивача биљних болести, односно редукује на најмању могућу меру примену пестицида и остале агрохемије. Накнадно, употреба система оптимизује утрошак воде сходно временски и просторно предефинисаном одговору на захтеве усева. Све ово на трошковној страни ствара производне уштеде у коришћеним инпутима (примарно агрохемији, води и енергији), односно доводи до бољег искоришћења производног поитенцијала усева, раста принос и виших цена финалних производа узрокованих изражењем еколошком оријентацијом производње. Другим речима, увођењем иновативног система за наводњавање газдинство има жељу да ојача како еколошку, тако и економску компонентну одрживости свога пословања.

Пре агроекономске анализе исплативости планираног инвестиционог подухвата газдинства, постоји потреба представљања круцијалних предности коришћења подповршинског система за наводњавање у производњи поврћа у пластенику у односу на генерално коришћени систем кап по кап.

Иако организовање производње у условима наводњавања у односу на суво ратарее доприноси расту приноса гајених усева, често погрешна интерпретација примене ове агротехничке мере да ће константно интензивирање наводњавања иницирати неограничен раст приноса, доводи до замочварења и заслањавања земљишта, појаве ерозивних процеса, испирања макро и микро елементата, те на крају и до значајног пада приноса и контаминације земљишта (Ritzema et al., 2008).

Подповршинско микро наводњавање представља релативно нов технолошки приступ наводњавања усева којим се вода допрема директно у зону кореновог система (локализовано). Ово је најчешће процес спорог али континуираног уношења изволованих и релативно малих количина воде у земљишни комплекс подземним капањем путем минијатурних емитера позиционираних дуж укопаних доводних линија. Систем носи многе предности везане за ниво испаравања на локалитету, процес транспирације биљке, филтрацију и дистрибуцију воде, микро и макро елемената и салинитета земљишта. Покретање система захтева низак радни притисак, а сама вода се по испуштању креће кроз земљиште под утицајем капиларности и гравитације. Систем је најчешће и у функцији фертиригације, а по потреби се примењује и за третман пестициди-

ма. Систем доприноси ефикаснијем коришћењу воде, без беспотребних губитака воде и спрања храњивих елементата или таложења штетних хемијских једињења у дубљим слојевима земљишта. Такође, систем утиче на уједначен раст биљке и бољи квалитет плода, услед унапређења управљања процесом заштите и ђубрења биљке, и контроле присуства корова. Накнадно, систем омогућава ефикасније спровођење и редукацију активности везаних за култивацију земљишта. Омогућен је и висок степен аутоматизације процеса наводњавања, те могућност интегрисања обновљивих извора енергије. Обезбеђена је дуговечност система, а сам систем поседује висок ниво флексибилности према облику, односно скалабилности сходно величини парцеле (Bosh et al., 1992; Lamm, 2002; Lamm, Camp, 2007).

Неке процене говоре да се данас овај вид наводњавања глобално користи у скоро 5% наводњаваних површина, најчешће у наводњавању скупљег поврћа произведеног у заштићеном простору, попут парадајза, црвене паприке, патлиџана, бундеви, или јагода и осталих усева (Locascio, 2005). У претходно спроведеним истраживањима, показано је да у односу на друге системе за наводњавање, подповршинско наводњавање може довести до раста приноса поврћа за скоро 15% код кукуруза шећерца, за преко 20% код парадајза, или за преко 35% у производњи тиквица (Camp, 1998), односно за око 34% у производњи бундеве (Rubeiz et al., 1989), или за око 40% у производњи љутих папричица (Gencoglan et al., 2006).

Упркос присутним бенефитим, па чак израженим компаративним предностима употребе (висока ефикасност искоришћености воде) у сушним регионима са генералним мањком доступних водотокова и подземних резервоара воде, до скоро се пољопривредници нису одлучивали у већем броју за имплементацију подповршинског наводњавања уз аргументацију да побољшана ефикасност наводњавања није довољна да надокнади релативно високе трошкове инсталације и инвестиционог одржавања система (Vories et al., 2009). Други већи недостатак коришћења система је сразмерно висок потенцијал за раст салинитета земљишта (Thompson et al., 2009).

Потребна средства за покривање иницијалне инвестиције имплементације оваквог система у пракси се могу знатно разликовати у зависности од перформанси система, дубине полагања и карактеристика терена на којима се полаже, типа, квалитета и густине постављених главних вода и емитера, удаљености од извора воде и енергије, усева који ће се

доминантно гајити, и осталог. Нека истраживања су показала да се цена инсталације оваквог система у производњи луцерке или травне масе може кретати од 6.50 УСД/ха до скоро 12.000 УСД/ха (Heard et al., 2012), док су у условима производње кукуруза на отвореном они износили око 4.650 УСД/ха (Jacques et al., 2018). Са друге стране, примећено је да су нето приноси и релативна профитабилност ових система у поређењу са доступним алтернативама доста осетљивији на врсту усева и остварене приносе и цене усева, односно доступности и цене коришћене воде. Такође, треба напоменути да са смањењем наводњаваних површина, и у условима дефицита и високих цена воде расте економска ефикасности овог система у односу на остале алтернативе (Lamm, Trooien, 2003; Romero et al., 2006). Практично је показано да је зависно од степена раста приноса и висине каматне стопе на средства инвестирана у систем за подповршинско наводњавање у производњи парадајза на отвореном, висина остварене добити била за око 850 до скоро 1.500 УСД/ха виша у поређењу са другим видовима наводњавања (Hanson, May, 2004).

У конкретном случају, инвестиција је предпоставила куповину и полагање система за подповршинско капиларно наводњавање у пластенику величине 5 ари, са пратећом опремом (дигиталном метео станицом, одређеним сензорима и електро подизачима бочних крила пластеника), (Табела 2.). Планирано је да се сва опрема купи као нова од локалних дистрибутера. Трошкови купљеног и инсталираног система за наводњавање и све остале опреме су приказани у пуном износу.

Стога, основни мотив газдинства је модернизација постојећег система производње поврћа, којом би се технолошки и економски унапредило пословање и ојачала његова конкурентност. Имплементација опреме ће иницирати раст вредности приходне стране (довешће до раста обима производње и цене финалних производа вишег квалитета), односно редуцију одређених категорија трошкова, примарно трошкова агрохемије и утрошене енергије. Модернизација би додатно довела до потпунијег и ефикаснијег искоришћења расположивих производних ресурса.

По извршеној инвестиционој анализи генерисан је следећи резиме (Табела 1.), при чему би се у наставку приказао детаљан приступ израчунавању свих резултата и индикатора.

Табела 1. Резиме оцене инвестиционог улагања

Рб	Опис	
1.	Пословни план - Имплементација подповршинског капиларног система за наводњавање	
1.1.	Инвеститор	СШ Пољопривредно-хемијска школа Обреновац
1.2.	Локација	Обреновац, село Грабовац
2.	Предрачунска вредност инвестиционог улагања (РСД)	
2.1.	Укупна улагања	1,194,600.00
2.2.	Улагања у основна средства	1,086,000.00
2.3.	Улагања у обртна средства	108,600.00
3.	Извори финансирања	
3.1.	Укупни извори	1,194,600.00
3.2.	Сопствени извори	1,194,600.00
3.3.	Туђи извори	0.00
4.	Предмет улагања	
4.1.	Намена средстава	Улагања у основна средства
4.2.	Почетак/завршетак инвестирања	У току 2021. године
4.3.	Економски век пројекта	5 (пет) година
5.	Очекивани ефекти пројекта	
5.1.	<i>Статичка оцена пројекта</i>	
5.1.1	Економичност	1.73
5.1.2	Акумулативност	35.81
5.1.3	Рентабилност	22.29
5.1.4	Време повраћаја инвестиције	3 године и 8,72 месеци
5.2.	<i>Динамичка оцена пројекта</i>	
5.2.1	Нето садашња вредност	745,531.60
5.2.2	Интерна стопа рентабилности	23.51%
5.2.3	Време повраћаја инвестиције	4 године и 1,53 месеци
5.3.	Доња тачка рентабилности	7.83

Извор: ИЕП, 2021.

Табела 2. Иницијално улагање у прибављање основног средства

рб	Опис	Вредност (са ПДВ)
I	Објекти и грађевине	814,200.00
1	Систем за подповршинско капиларно наводњавање	814,200.00
II	Опрема и механизација	271,800.00
1	Дигитална метео станица са пратећим софтвером	120,000.00
2	Соларно напајање, електро вентили и електро мотор	119,400.00
3	Сензори земљишта и ваздуха	32,400.00
Укупно		1,086,000.00

Извор: ИЕП, 2021.

Систем за наводњавање је представљен као грађевински објекат (Табела 2.), из разлога што његова имплементација претпоставља укопавање на задату дубину, односно сходно дужини претпостављеног радног века од преко 40 година. Укупна улагања претпостављају и део везаних средстава карактеристичних за посматрану линију производње (обртна средства), у износу од око 9% (Табела 3.). У структури укупних улагања доминирају улагања у објекте (систем за наводњавање), у износу од скоро 70%. Газдинство ће комплетно инвестиционо улагање покрити из сопствених средстава (Табела 4.). Треба напоменути да Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије субвенционише 60% трошкова имплементације система за наводњавање (без ПДВ) регистрованим пољопривредним газдинствима, која су у могућности да део инвестиране суме рефундирају по пуштању система у функцију.

Табела 3. Структура укупног инвестиционог улагања

рб	Опис	Укупна улагања	Учешће у укупним улагањима (%)
I	Основна средства	1,086,000.00	90.91
1	Објекти и грађевине	814,200.00	68.16
2	Опрема и механизација	271,800.00	22.75
II	Обртна средства	108,600.00	9.09
Укупно		1,194,600.00	100.00

Извор: ИЕП, 2021.

Табела 4. Структура извора финансирања инвестиције

рб	Опис	Укупна улагања	Учешће у укупним улагањима (%)
I	Сопствени извори	1,194,600.00	100.00
1	Основна средства	1,086,000.00	90.91
2	Обртна средства	108,600.00	9.09
II	Туђи извори	0.00	0.00
1	Основна средства	0.00	0.00
Укупно		1,194,600.00	100.00

Извор: ИЕП, 2021.

Иако газдинство не улази у кредитни аранжман са неком од комерцијалних банака, односно иако су важеће каматне стопе (на позајмљења или орочена средства) на тржишту капитала у овом тренутку генерално ниске, економска анализа претпоставља крајње конзервативну дисконтну стопу (i) од 7%, чија висина пружа доста простора за покривање потенцијално насталих финансијских ризика током реализације инвестиције.

Газдинство је повртарског усмерења. Производња поврћа се организује у заштићеном простору (пластенику), а базирана је на ротацији неколико усева. Економска анализа претпоставља производњу три усева, од којих су два са кратком (млади црни лук - сребрењак и црвена ротквица), а један са дугом (црвена паприка) вегетацијом. Сви инпути се набављају на локалном тржишту, док се највећи део производње реализује на газдинству познатим купцима (*Табела 5.*).

Иако се газдинство екстерно не задужује, механизам спроведене економске анализе генерално сагледава све производне резултате и индикаторе кроз петогодишњи период што је у складу са карактеристичним периодом трајања кредитних аранжмана одобрених за овакве намене.

Посматрано по производним годинама, ради симплификације резултата економске анализе претпостављени су константан обим производње и цене финалних производа, као и висина већине генерисаних производних трошкова (*Табеле 5-12.*).

Табела 5. Формирање укупних прихода

рб	Производ	ЈМ	Године пројекта														
			I			II			III			IV			V		
			цена по ЈМ	годишња количина у ЈМ	укупни износ	цена по ЈМ	годишња количина у ЈМ	укупни износ	цена по ЈМ	годишња количина у ЈМ	укупни износ	цена по ЈМ	годишња количина у ЈМ	укупни износ	цена по ЈМ	годишња количина у ЈМ	укупни износ
0	1	2	3	4	5=3x4	6	7	8=6x7	9	10	11=9x10	12	13	14=12x13	15	16	17=15x16
1	Приходи од продаје производа				743,475.0			743,475.0			743,475.0			743,475.0			743,475.0
2	Црни лук	вега	36	2,600	93,600.0	36	2,600	93,600.0	36	2,600	93,600.0	36	2,600	93,600.0	36	2,600	93,600.0
3	Ротвица	вега	27.5	6,750	185,625.0	27.5	6,750	185,625.0	27.5	6,750	185,625.0	27.5	6,750	185,625.0	27.5	6,750	185,625.0
4	Паприка црвена 1. класа	кг	125	3,300	412,500.0	125	3,300	412,500.0	125	3,300	412,500.0	125	3,300	412,500.0	125	3,300	412,500.0
5	Паприка црвена 2. класа	кг	90	575	51,750.0	90	575	51,750.0	90	575	51,750.0	90	575	51,750.0	90	575	51,750.0
6	Субвенције на набавку система за навољавање у вредности од 60% од набавне вредности без ПДВ	сет	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Укупно					743,475.0			743,475.0			743,475.0			743,475.0			743,475.0

Извор: ИЕП, 2021.

Табела 6. Трошкови директног материјала

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
1	Луковице црног лука	21,000.0	21,000.0	21,000.0	21,000.0	21,000.0
2	Семе ротквице	31,500.0	31,500.0	31,500.0	31,500.0	31,500.0
3	Расад паприке	74,000.0	74,000.0	74,000.0	74,000.0	74,000.0
4	Ђубрива	54,800.0	54,800.0	54,800.0	54,800.0	54,800.0
5	Пестициди	6,550.0	6,550.0	6,550.0	6,550.0	6,550.0
6	Амбалажа	12,150.0	12,150.0	12,150.0	12,150.0	12,150.0
7	Везиво	2,100.0	2,100.0	2,100.0	2,100.0	2,100.0
8	Фолија, капајуће траке, малч фолија	46,350.0	46,350.0	46,350.0	46,350.0	46,350.0
Укупно		248,450.0	248,450.0	248,450.0	248,450.0	248,450.0

Извор: ИЕП, 2021.

У укупним трошковима директног материјала (Табела 6.) доминирају трошкови семена и расада поврћа, са скоро 51%, док сразмерно високо учешће имају и трошкови агрохемије, са скоро 25%. Сходно генерално малој вредности, исказани трошкови капајућих трака су у функцији тежње газдинства да смањи производне ризике останка усева без воде у случају евентуалних застоја у раду система за подповршинско капиларно наводњавање у периоду његовог тестирања, чиме би се угрозили планирани обим производње и очекивани приходи.

Табела 7. Трошкови енергента

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
1	Електрична енергија	3,412.50	3,412.50	3,412.50	3,412.50	3,412.50
Укупно		3,412.50	3,412.50	3,412.50	3,412.50	3,412.50

Извор: ИЕП, 2021.

Трошкови енергента примарно коренспондирају са вредношћу утрошене електричне енергије за потребе покретања електричне пумпе интегрисане у систем за наводњавање (Табела 7.).

Табела 8. Трошкови производних услуга

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
1	Трошкови механизације	4,500.0	4,500.0	4,500.0	4,500.0	4,500.0
2	Сим картица	15,990.0	15,990.0	15,990.0	15,990.0	15,990.0
Укупно		20,490.0	20,490.0	20,490.0	20,490.0	20,490.0

Извор: ИЕП, 2021.

Трошкови производних услуга (Табела 8.) подразумевају трошкове радова механизације на обради земљишта у пластенику и трошкове услуга оператора мобилне телефоније везане за потребе рада дигиталне метео станице.

Уврштавањем трошкова амортизације (Табела 9.) у економску анализу, газдинство показује заинтересованост за одрживост успостављеног система производње, акумулирајући на време потребна средства за његову просту репродукцију. Амортизација се обрачунава на набавну цену основних средстава без ПДВ.

Табела 9. Трошкови амортизације

Врста улагања	Вредност	Век трајања	Стопа амортизације (%)	Годишњи износ амортизације	Године пројекта	Крајња вредност инвестиције
Објекти и грађевине	814,200.0	40	2.50	20,355.0	5	712,425.0
Опрема и механизација	226,500.0	7	12.50	33,975.0	5	56,625.0
Основна средства	1,040,700.0			54,330.0		769,050.0
Обртна средства	108,600.0					108,600.0
Крајња вредност инвестиције						877,650.0

Извор: ИЕП, 2021.

Трошкови радне снаге (Табела 10.) укључују вредност свих радних сати потребних за реализацију планираних производних активности у пластенику. Они обухватају рад и интерних и екстерних радника.

Табела 10. Трошкови радне снаге

рб	Опис	Број сати рада	Цена радног сата	Просечна годишња бруто плата
1	Радна снага	395	235.0	92,825.0
Укупно				92,825.0

Извор: ИЕП, 2021.

У категорију осталих трошкова (Табела 11.) сумарно су укључене неке од категорија трошкова које се у посматраном процесу производње и реализације производа јављају у мањем обиму, попут транспорта, разних такси, или резервисања за покривање трошкова настанка евентуалних непредвиђених ситуација.

Табела 11. Остали трошкови

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
1	Остали трошкови	10,750.0	10,750.0	10,750.0	10,750.0	10,750.0
Укупно		10,750.0	10,750.0	10,750.0	10,750.0	10,750.0

Извор: ИЕП, 2021.

У Табели 12. дат је преглед висине основних категорија трошкова које оптерећују производњу поврћа у заштићеном простору. У суми укупних трошкова доминирају материјални у односу на нематеријалне трошкове (око 60:40). У групи материјалних трошкова доминирају трошкови директног материјала (скоро 99% вредности материјалних трошкова, односно око 59% вредности укупних трошкова), док у суми нематеријалних трошкова предњаче трошкови радне снаге (око 56% вредности нематеријалних трошкова, или око 22% вредности укупних трошкова производње поврћа).

Табела 12. Укупни трошкови производње поврћа

рб	Групе трошкова	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
I	Материјални трошкови	251,862.5	251,862.5	251,862.5	251,862.5	251,862.5
1	Директан материјал	248,450.0	248,450.0	248,450.0	248,450.0	248,450.0
2	Енергент	3,412.5	3,412.5	3,412.5	3,412.5	3,412.5
II	Нематеријални трошкови	178,395.0	178,395.0	178,395.0	178,395.0	178,395.0
1	Амортизација	54,330.0	54,330.0	54,330.0	54,330.0	54,330.0
2	Радна снага	92,825.0	92,825.0	92,825.0	92,825.0	92,825.0
3	Камата по кредиту	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Трошкови производних услуга	20,490.0	20,490.0	20,490.0	20,490.0	20,490.0
5	Остали трошкови	10,750.0	10,750.0	10,750.0	10,750.0	10,750.0
Укупно (I+II)		430,257.5	430,257.5	430,257.5	430,257.5	430,257.5

Извор: ИЕП, 2021.

Наредном табелом (Табела 13.) дат је биланс успеха пословања пољопривредног газдинства које функционише у саставу средње пољопривредне школе. Газдинство позитивно послује у свим посматраним годинама. Како се ради о правном лицу, израчунавање пореза на добит је претпоставило пореску стопу од 15%.

Табела 13. Биланс успеха

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
I	Укупни приходи	743,475.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0
1	Приходи од продаје производа	743,475.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0
2	Остали приходи	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
II	Укупни расходи	418,044.5	418,044.5	418,044.5	418,044.5	418,044.5
1	Пословни расходи	418,044.5	418,044.5	418,044.5	418,044.5	418,044.5
1.1	Материјални трошкови	251,862.5	251,862.5	251,862.5	251,862.5	251,862.5
1.2	Нематеријални трошкови без амортизације и камате по кредиту	124,065.0	124,065.0	124,065.0	124,065.0	124,065.0
1.3	Амортизација	42,117.0	42,117.0	42,117.0	42,117.0	42,117.0
2	Финансијски расходи	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.1	Камата по кредиту	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
III	Бруто добит (I-II)	325,430.5	325,430.5	325,430.5	325,430.5	325,430.5
IV	Порез на добит	48,814.58	48,814.58	48,814.58	48,814.58	48,814.58
V	Нето добит (III-IV)	276,615.93	276,615.93	276,615.93	276,615.93	276,615.93

Извор: ИЕП, 2021.

Израчунавање индикатора оцене инвестиционог улагања захтева претходно формирање готовинског и економског тока (Табела 14. и Табела 15.).

Табела 14. Готовински ток реализације инвестиционог улагања

рб	Назив	Нулта година	Година				
			I	II	III	IV	V
I	Укупна примања	1,194,600.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0	1,624,125.0
1	Укупан приход	0.0	743,475.0	743,475.0	743,475.00	743,475.0	743,475.0
	Извори финансирања	1,194,600.0					
2	2.1 Сопствени извори	1,194,600.0					
	2.2 Туђи извори	0.0					
3	Остатак вредности пројекта	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	877,650.0
	3.1 Основна средства	0.0					769,050.0
	3.2 Трајна обртна средства	0.0					108,600.0
II	Укупна издавања	1,194,600.0	422,910.13	422,910.13	422,910.13	422,910.13	422,910.13
	Вредност инвестиције	1,194,600.0					
4	4.1 У основна средства	1,086,000.0					
	4.2 У трајна обртна средства	108,600.0					
5	Трошкови без амортизације и камате по кредиту	0.0	375,927.5	375,927.5	375,927.5	375,927.5	375,927.5
6	Порез на добит	0.0	46,982.63	46,982.63	46,982.63	46,982.63	46,982.63
7	Обавезе према изворима финансирања (ануитети)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
III	Нето примања (I-II)	0.0	320,564.88	320,564.88	320,564.88	320,564.88	1,198,214.88

Извор: ИЕП, 2021.

Табела 15. Економски ток реализације инвестиционог улагања

рб	Назив	Нулта година	Година				
			I	II	III	IV	V
I	Укупна примања	0,00	743,475.00	743,475.00	743,475.00	743,475.00	1,621,125.00
1	Укупан приход	0,00	743,475.00	743,475.00	743,475.00	743,475.00	743,475.00
	Остатак вредности пројекта	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	877,650.00
2	2.1. Основна средства	0,00					769,050.00
	2.2. Трајна обртна средства	0,00					108,600.00
II	Укупна издавања	1,194,600.00	422,910.13	422,910.13	422,910.13	422,910.13	422,910.13
	Вредност инвестиције	1,194,600.00					
3	3.1. У основна средства	1,086,000.00					
	3.2. У трајна обртна средства	108,600.00					
4	Трошкови без амортизације и камате	0,00	375,927.50	375,927.50	375,927.50	375,927.50	375,927.50
5	Порез на добит	0,00	46,982.63	46,982.63	46,982.63	46,982.63	46,982.63
III	Нето примања (I-II)	-1,194,600.00	320,564.88	320,564.88	320,564.88	320,564.88	1,198,214.88

Извор: ИЕП, 2021.

Индикатори статичке оцене инвестиционог улагања

Статичка оцена се врши за све године посматраног периода, при чему се као репрезентативна година узима пета година коришћења инвестиције, када се претпоставља да она ради у пуном капацитету. У нашем случају фиксира-них годишњих прихода и расхода, односно у ситуацији да се инвестиција од прве године експлоатише у свом пуном капацитету, свака година се може сматрати репрезентативном. Оцена је спроведена израчунавањем вредности индикатора економичности и акумулативности производње, односно рентабилности инвестиције и рока повраћаја уложених средстава (Табеле 16-19.).

Вредност *коэффициента економичности производње* (Табела 16.) је већи од јединице у свакој години коришћења инвестиције, указујући да су приходи током читавог посматраног периода изнад расхода, односно да је инвестиција економична и економски оправдана.

Табела 16. Коэффициент економичности инвестиције (Ке)

Година	УП - укупни приходи од продаје производа (у РСД)	УР - укупни расходи (у РСД)	Ке = УП / УР
I	743,475.00	430,257.50	1.73
II	743,475.00	430,257.50	1.73
III	743,475.00	430,257.50	1.73
IV	743,475.00	430,257.50	1.73
V	743,475.00	430,257.50	1.73

Извор: ИЕП, 2021.

Вредност *стопа акумулативности производње* (Табела 17.) је у свим годинама употребе инвестиције виша од претпостављене пондерисана цена капитала, односно дисконтне стопе ($i = 7\%$), упућујући на чињеницу да газдинство експлоатацијом инвестиције покрива трошкове извора финансирања и накнадно генерише зараду.

Табела 17. Стопа акумулативности инвестиције (Са)

Година	Д – добит (у РСД)	УП - укупни приходи од продаје производа (у РСД)	Са = Д / УП x 100
I	266,234.88	743,475.00	35.81
II	266,234.88	743,475.00	35.81
III	266,234.88	743,475.00	35.81
IV	266,234.88	743,475.00	35.81
V	266,234.88	743,475.00	35.81

Извор: ИЕП, 2021.

Вредност *стопе рентабилности инвестиције* (Табела 18.) је у свим годинама употребе инвестиције виша од претпостављене пондерисане цене капитала, односно дисконтне стопе ($i = 7\%$), показујући да и по овом индикатору газдинство експлоатацијом инвестиције покрива трошкове извора финансирања и накнадно генерише зараду.

Табела 18. Стопа рентабилности инвестиције (Ср)

Година	Д – добит (у РСД)	ПВИ - предрачунска вредност инвестиције (у РСД)	Ср = Д / ПВИ x 100
I	266,234.88	1,194,600.00	22.29
II	266,234.88	1,194,600.00	22.29
III	266,234.88	1,194,600.00	22.29
IV	266,234.88	1,194,600.00	22.29
V	266,234.88	1,194,600.00	22.29

Извор: ИЕП, 2021.

Сходно вредности статичког индикатора за рок повраћаја уложених средстава, инвестиција у систем за подповршинско капиларно наводњавање са пратећом опремом ће се исплатити за 3,73 године, односно за 3 године и 8,72 месеца (0,73 x 12 месеци).

Табела 19. Рок повраћаја инвестиционог улагања

Година	Нето примања из економског тока	Кумулативна нето примања
0	-1,194,600.00	-1,194,600.00
I	320,564.88	-874,035.13
II	320,564.88	-553,470.25
III	320,564.88	-232,905.38
IV	320,564.88	87,659.50
V	1,198,214.88	1,285,874.38

Извор: ИЕП, 2021.

Индикатори динамичке оцене инвестиционог улагања

Сходно концепту преференције новца у времену извршена је и динамичка оцена инвестиционих улагања, израчунавањем вредности индикатора за нето садашњу вредност (НСВ), интерну стопу рентабилности (ИСР) и динамички рок повраћаја инвестиције (Табеле 20-21.).

Интерпретација добијених резултата показује да би по коришћењу инвестиције током наредних пет година газдинство могло очекивати раст добити сведено на иницијални моменат употребе система уз дисконтну стопу од 7% у износу од 745,531.60 РСД. И према вредности индикатора интерне стопе рентабилности инвестиционо улагање се сматра оправданим, како је ИСР већа од претпостављене дисконтне стопе ($23.51\% > 7\%$).

Табела 20. Вредност НСВ и ИСР

рб	Назив	„0“ година	Године пројекта					Кумулативно	
			I	II	III	IV	V		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Нето примања из економског тока (колона 3 до колоне 7) (у РСД)	-1,194,600.00	320,564.88	320,564.88	320,564.88	320,564.88	320,564.88	1,198,214.88	2,480,474.38
2	Предостављена дисконтна стопа (у %)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	
3	Дисконтни фактор $(1+i)^{-n}$ или $1/(1+i)^n$, где је i = дисконтна стопа, n = године пројекта	1.0000	0.9346	0.8734	0.8163	0.7629	0.7130		
4	Садашња вредност нето примања (колона 3 до колоне 7) (у РСД)	-1,194,600.00	299,593.34	279,993.78	261,676.43	244,557.41	854,310.65		1,940,131.60
5	Нето садашња вредност пројекта (НСВ), (колона 2 до колоне 7) (у РСД)								745,531.60
6	Релативна нето садашња вредност пројекта: [(колона 2 до колоне 7) / колоне 2] > 1					0.62			
7	Интерна стопа рентабилности (ИСР > i)								23.51%

Извор: ИЕП, 2021.

Табела 21. Рок повраћаја инвестиционог улагања

Година	Садашња вредност нето примања	Кумулативна нето примања
0	-1,194,600.00	-1,194,600.00
I	299,593.34	-895,006.66
II	279,993.78	-615,012.88
III	261,676.43	-353,336.46
IV	244,557.41	-108,779.05
V	854,310.65	745,531.60

Извор: ИЕП, 2021.

На основу вредности динамичког индикатора за рок повраћај уложених средстава, улагање у систем за подповршинско капиларно наводњавање са пратећом опремом ће се исплатити за 4.13 година, односно за 4 године и 1.53 месеци (0,13 x 12 месеци).

Накнадно, извршена је и процена оправданости улагања у систем за наводњавање у условима ризика и неизвесности, путем метода доње тачке рентабилности (Табеле 22-24.). Добијени резултати показују да инвестицију карактерише оправданост уколико се обим производње задржи изнад 7.83%, односно уколико се приходи од продаје задрже изнад 58,241.94 РСД.

Табела 22. Доња тачка рентабилности

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
1	Приход (П), (у РСД)	743,475.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0	743,475.0
2	Варијабилни трошкови (ВТ), (у РСД)	344,687.5	344,687.5	344,687.5	344,687.5	344,687.5
3	Фиксни трошкови (ФТ), (у РСД)	31,240.0	31,240.0	31,240.0	31,240.0	31,240.0
4	Маргинални резултат (МР=П-ВТ), (у РСД)	398,787.5	398,787.5	398,787.5	398,787.5	398,787.5
5	Преломна тачка рентабилности (ПТР=(ФТ/МР) x 100), (у %)	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
6	Преломна тачка вредносно (ПТВ = (П x ПТР) / 100), (у РСД)	58,241.94	58,241.94	58,241.94	58,241.94	58,241.94
7	Степен сигурности (СС = ((1 - (ПТВ / П)) x 100), (у %)	92.17	92.17	92.17	92.17	92.17

Извор: ИЕП, 2021.

Табела 23. Варијабилни трошкови

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
1	Варијабилни трошкови (ВТ = МТ + РС)	344,687.5	344,687.5	344,687.5	344,687.5	344,687.5
2	Материјални трошкови (МТ)	251,862.5	251,862.5	251,862.5	251,862.5	251,862.5
3	Радна снага (РС)	92,825.0	92,825.0	92,825.0	92,825.0	92,825.0

Извор: ИЕП, 2021.

Табела 24. Фиксни трошкови

рб	Опис	Године пројекта				
		I	II	III	IV	V
1	Фиксни трошкови (ФТ= НМТ - РС)	31,240.0	31,240.0	31,240.0	31,240.0	31,240.0
2	Нематеријални трошкови (НМТ), без амортизације и камате на кредит	124,065.0	124,065.0	124,065.0	124,065.0	124,065.0
3	Радна снага (РС)	92,825.0	92,825.0	92,825.0	92,825.0	92,825.0

Извор: ИЕП, 2021.

Сходно чињеници да Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије субвенционирше 60% трошкова имплементације система за наводњавање (без ПДВ) регистрованим пољопривредним газдинствима, било би добро упоредити добијене резултате оцене инвестиције са резултатима који би укључили рефундацију дела инвестираних средстава газдинства (Табела 25.).

Табела 25. Упоредни приказ индикатора оцене инвестиционог улагања

Опис		
Пословни план	Без субвенције	Са субвенцијом
Укупна улагања	1,194,600.00	1,194,600.00
Улагања у основна средства	1,086,000.00	1,086,000.00
Улагања у обртна средства	108,600.00	108,600.00
Субвенција	0.00	488,520.00
Очекивани ефекти пројекта		
<i>Статичка оцена пројекта</i>		
Економичност	1.73	1.73
Акумулативност	35.81	42.13
Рентабилност	22.29	26.22
Време повраћаја инвестиције	3 године и 8.72 месеци	3 године и 3.00 месеца

Пословни план	Опис	
	Без субвенције	Са субвенцијом
<i>Динамичка оцена пројекта</i>		
Нето садашња вредност	745,531.60	938,169.64
Интерна стопа рентабилности	23.51%	27.70%
Време повраћаја инвестиције	4 године и 1.53 месеци	3 године и 9.84 месеци
Доња тачка рентабилности	7.83	7.83

Извор: ИЕП, 2021.

На основу показатеља из претходне табеле може се уочити да је у случају коришћења субвенција за улагање у системе за наводњавање инвестиција за газдинство економски далеко ефектнија.

Закључак

Организација модерне производње поврћа у заштићеном простору која гарантује стабилност и добар квалитет приноса, односно тржишну конкурентност пољопривредном газдинству, данас је између осталог незамислива без примене агро-техничке мере наводњавања. Укључивање иновативних приступа у одређеним сегментима пољопривредне производње, попут имплементације подповршинског капиларног система за наводњавање, сигурно је да ће додатно ојачати профитабилност и конкурентност газдинства.

По претходно извршеној анализи економске оправданости улагања у овакав систем за наводњавање инсталиран у спрези са дигиталном метеостаницом, сензорима земљишта и атмосферских услова у пластенику, као и електро-подизачима бочних страна пластеника, који би синергетски унапредили постојећу производњу поврћа на газдинству, долази се до генералног закључка да је поменути инвестиција представља економски оправдано техничко-технолошко решење за газдинство. Закључак се базира на добијеним вредностима индикатора статичке и динамичке оцене ефеката инвестиционог улагања, и то вредности економичности производње од 1.73, акумулативности и рентабилности инвестиције од 35.81%, односно 22.29%, статичког рока повраћаја инвестиције од 3 године и 8.72 месеци, као и вредности нето садашње вредности инвестиције од 745,531.60 РСД, интерне стопе рентабилности од 23.51%, динамичког рока повраћаја инвестиције од 4 године и 1.53 месеци, те доње тачке рентабилности од 7.83%.

Литература

1. Adams, W. (1989). Definition and development in African indigenous irrigation. *AZANIA: Journal of the British Institute in Eastern Africa*, 24(1):21-27.
2. Bosch, D., Powell, N., Wright, F. (1992). An economic comparison of subsurface microirrigation with center pivot sprinkler irrigation. *Journal of Production Agriculture*, 5(4):431-437.
3. Camp, C. (1998). Subsurface drip irrigation: A review. *Transactions of the ASAE*, 41(5):1353-1367.
4. Fonseca, L., Lima, M. (2015). Countries three wise men: Sustainability, Innovation, and Competitiveness. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(4):1288-1302.
5. Gençoğlan, C., Altunbey, H., Gençoğlan, S. (2006). Response of green bean (*P. vulgaris* L.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone-drying irrigation. *Agricultural water management*, 84(3):274-280.
6. Ghadim, A., Pannell, D. (1999). A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural economics*, 21(2):145-154.
7. Gomez, A., Kelly, D., Syers, J., Coughlan, K. (1997). Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. *Methods for assessing soil quality*, 49:401-410.
8. Grujic Vučkovski, B., Kovačević, V. (2020). *Organic agricultural production as a quality standard*. U: Platania, M., Jeločnik, M., Neta Gostin, I. (ur.) *Organic, farming, ecomarket and their capitalization through the entrepreneurial initiative*, Alexandru Ioan Cuza University, Iasi, Romania, pp. 103-127.
9. Hansen, J., Jones, J. (1996). A systems framework for characterizing farm sustainability. *Agricultural systems*, 51(2):185-201.
10. Hanson, B., May, D. (2004). Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural water management*, 68(1):1-17.

11. Heard, J., Porker, M., Armstrong, D., Finger, L., Ho, C., Wales, W., Malcolm, B. (2012). The economics of subsurface drip irrigation on perennial pastures and fodder production in Australia. *Agricultural Water Management*, 111:68-78.
12. ИЕП (2021). *Успостављање система за подповршинско наводњавање: Производно-економски подаци*. интерна документација, Институт за економику пољопривреде (ИЕП), Београд, Србија.
13. Jacques, D., Fox, G., White, P. (2018). Farm level economic analysis of subsurface drip irrigation in Ontario corn production. *Agricultural Water Management*, 203:333-343.
14. Kroma, M. (2006). Organic farmer networks: facilitating learning and innovation for sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(4):5-28.
15. Lamm, F. (2002). *Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation*. U: International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands, pp. 1-13.
16. Lamm, F., Camp, C. (2007). *Subsurface drip irrigation*. U: Lamm, F., Ayars, J., Nakayama, F. (Eds.) Microirrigation for crop production: Design, operation, and management, part of series Development in Agricultural Engineering, vol. 13, str. 473-551, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
17. Lamm, F., Trooien, T. (2003). Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Irrigation science*, 22(3-4):195-200.
18. Lepak, D., Smith, K., Taylor, M. (2007). Value creation and value capture: A multilevel perspective. *Academy of management review*, 32(1):180-194.
19. Locascio, S. (2005). Management of irrigation for vegetables: Past, present, and future. *HortTechnology*, 15(3):482-485.
20. Lubell, M., Hillis, V., Hoffman, M. (2011). Innovation, cooperation, and the perceived benefits and costs of sustainable agriculture practices. *Ecology and Society*, 16(4):23.

21. Meert, H., Van Huylenbroeck, G., Vernimmen, T., Bourgeois, M., Van Hecke, E. (2005). Farm household survival strategies and diversification on marginal farms. *Journal of rural studies*, 21(1):81-97.
22. Praća, N., Paspalj, M., Paspalj, D. (2017). Ekonomska analiza uticaja savremene poljoprivrede na održivi razvoj. *Oditor: časopis za menadžment, finansije i pravo*, 3(1):37-51.
23. Ritzema, H., Satyanarayana, T., Raman, S., Boonstra, J. (2008). Subsurface drainage to combat waterlogging and salinity in irrigated lands in India: Lessons learned in farmers' fields. *Agricultural water management*, 95(3):179-189.
24. Romero, P., García, J., Botía, P. (2006). Cost-benefit analysis of a regulated deficit-irrigated almond orchard under subsurface drip irrigation conditions in Southeastern Spain. *Irrigation Science*, 24(3):175-184.
25. Rubeiz, I., Oebker, N., Stroehlein, J. (1989). Subsurface drip irrigation and urea phosphate fertigation for vegetables on calcareous soils. *Journal of plant nutrition*, 12(12):1457-1465.
26. Subić, J., Jeločnik, M., Ivanović, L. (2011). Dinamic Evaluation of the Investment Projects: Practical Approach to Sustainable Development of Agriculture in Serbia. *Quality - Access to Success*, 12(Suppl. 2):136-143.
27. Subić, J., Jeločnik, M., Nastić, L., Andrei, J. (2021). *Economic Effects of Plum Plantation Establishment*. U: Subić et al. (ur.) Sustainable Agriculture and Rural Development, Institute of Agricultural Economics, Belgrade, Serbia, pp. 149-162.
28. Субић, Ј., Томић, В., Потребић, В. (2020). *Економски ефекти прераде сточарских пољопривредних производа на малим породичним пољопривредним газдинствима*. У: Јелочник, М. (ур.) Унапређење трансфера знања ради добијања безбедних и конкурентних пољопривредних производа, који су добијени прерадом на малим газдинствима у секторима млека, меса, воћа и поврћа, књига 2, Институт за економику пољопривреде, Београд, Србија, стр. 7-63.
29. Thompson, T., Pang, H., Li, Y. (2009). The potential contribution of subsurface drip irrigation to water-saving agriculture in the western USA. *Agricultural Sciences in China*, 8(7):850-854.

30. Van Passel, S., Nevens, F., Mathijs, E., Van Huylenbroeck, G. (2007). Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. *Ecological economics*, 62(1):149-161.
31. Vories, E., Tacker, P., Lancaster, S., Glover, R. (2009). Subsurface drip irrigation of corn in the United States Mid-South. *Agricultural Water Management*, 96(6):912-916.
32. WB (2012). *Agricultural innovation systems: An investment sourcebook*. World Bank (WB), Washington DC, USA.

МЕЃУЗАВИСНОСТ ЕКОЛОШКИХ И ЕКОНОМСКИХ ЕФЕКТА ПРИМЕНЕ ИНОВАТИВНОГ ПОДПОВРШИНСКОГ КАПИЛАРНОГ НАВОДЊАВАЊА У ПЛАСТЕНИЧКОЈ ПРОИЗВОДЊИ ПОВРЋА¹

Лана Настић², Бојана Бекић Шарић³

Сажетак

Климатске промене, које су све израженије, утичу на растућу важност наводњавања, како у бильној производњи уопште, тако и у производњи поврћа у затвореном простору. Системи за наводњавање који се најчешће примењују у пластеницима, имају, поред позитивних и негативне ефекте. Циљ овог рада је да се утврде еколошки и економски аспекти примене иновативног подповршинског капиларног наводњавања у пластеничкој производњи у односу на већ постојеће системе наводњавања (кап по кап и орошавање). Истраживањем је утврђено да је овај иновативни начин наводњавања еколошки прихватљивији (смањује се потрошња воде, енергетски је ефикаснији и сл.) и да је економски оправданији у односу на стандардне системе наводњавања поврћа у пластеницима.

Кључне речи: наводњавање, пластеници, екологија, економски ефекти.

Увод

Системи за наводњавање који су усмерени на рационално коришћење воде од посебног су значаја за очување природе, нарочито у аридним и семиаридним областима. Иригациони системи који чувају водне ресурсе све више добијају на значају, поготово имајући у виду климатске промене, како на глобалном тако и на локалном нивоу. Садашња предвиђања климатских промена показују да се у многим крајевима Европе и света у ближој будућности могу очекивати дужи и израженији периоди суше, и последично све већи притисак на водне ресурсе (Simonovic, S. P., 2017). Све израженије

1 Резултати приказани у поглављу су и део годишњих активности ИЕП везаних за МПНТР РС, бр. Уговора 451-03-9/2021-14.

2 Др Лана Настић, научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, Београд, тел.: +381 11 69 72 852, email: lanan@iep.bg.ac.rs.

3 МSc Бојана Бекић Шарић, стручни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, Београд, тел.: +381 11 69 72 852, email: bojana_b@iep.bg.ac.rs.

климатске промене подразумеваће значајне измене у погледу распореда и количине падавина у времену и простору, што ће посебно утицати на водни режим мањих површинских водотокова али и влажних станишта.

У Републици Србији, у систему наводњавања је око 3% коришћених површина, са изузетно високом и неповољном структуром коришћења подземне воде (Ронџићанин et al., 2017). Остале површине се не наводњавају, а пољопривредни произвођачи се махом ослањају на падавине за обезбеђивање довољне количине воде усевама, што је често недовољно, поготово имајући у виду све израженије климатске промене. Постављање система за наводњавање, како на отвореном тако и заштићеном простору, неопходно је да би се смањили производни ризици односно максимизовао принос, посебно када је у питању повртарска производња.

Карактеристике система за наводњавање и временски период њихове примене представљају један од значајних фактора који утичу на квалитет животне средине у подручју где су имплементирани. Утицај система за наводњавање на еколошки статус неког подручја огледа се кроз директни утицај на квалитет и квантитет површинских и подземних вода, квалитет и ерозију земљишта, биодиверзитет и изглед предела. Опсег и интензитет утицаја система за наводњавање на еколошки статус неког подручја зависи од више фактора и то (Institute for European Environmental Policy, London, 2000):

- *техничких карактеристика система* (површинско наводњавање, подповршинско наводњавање),
- *извора воде који се користе за наводњавање усева* (површински водотокови, бунари, каналска мрежа и др.),
- *временског периода употребе* (стално, повремено или привремено наводњавање), и
- *типа производње усева* (екстензивна, полу-интензивна или интензивна производња).

Као и у случају било које производне активности тако и у случају имплементације наводњавања, без обзира који тип наводњавања који се примењује, увек постоји мањи или већи утицај на подручје где се налази, као и на ближу односно даљу околину. Тако је студија о утицају наводњавања на животну средину у земљама Европске Уније показала да иако постоје велике разлике у начину наводњавања између појединачних држава, у свим случајевима долази до загађења вода и прекомерног исцрпљивања водних изворишта. Такође, у појединим земљама изражен је негативан утицај и на

земљиште у смислу његове салинизације и појачавање ерозионих процеса. Утицај на станишта и биодиверзитет у овим земљама био је и негативан и позитиван (Institute for European Environmental Policy, London, 2000). Ипак, између различитих система за наводњавање постоје и разлике у интензитету и врсти утицаја на животну средину датог подручја.

Материјал и метод

У пластеницима средње Пољопривредно-хемијске школе у Обреновцу вршен је оглед у циљу праћења резултата остварених увођењем иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања. За оглед су коришћена три пластеника – један површине 5 ари и два пластеника површине по 1,25 ари. У пластеник површине 5 ари је постављен иновативни систем за наводњавање, док је у остала два пластеника коришћен систем за наводњавање кап по кап или орошававање (у зависности од гајене културе).

Да би се утврдили економски ефекти производње код примене иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања и извршило поређење са резултатима добијеним применом система за наводњавање кап по кап (паприка) или наводњавање орошавањем (ротквица и млади лук), коришћен је метод марже покрића (Гогих, 2014; Марко и сар., 1998; Nastić i сар., 2014; Ивановић и Јелочник, 2016; Јелочник и сар., 2011; Јелочник и сар., 2010).

У циљу лакшег поређења остварених резултата, добијене вредности приликом обрачуна приказане су по ару, у динарима и у еврима, при чему је вредност 1 еура – 117,57 динара (по средњем курсу НБС од 18.03.2021. године). При обрачуну су коришћени подаци прикупљени у огледу, а њихова поузданост је проверена у одговарајућој литератури и релевантној бази података о ценама на тржишту (СТИПС). У току израде рада је коришћен велики број научних и стручних извора из области заштите животне средине и утицаја наводњавања на развој биљака и животну средину.

Резултати и дискусија

Утицај наводњавања на водне ресурсе

Системи за наводњавање нераскидиво и директно су повезани са природним ресурсима, највише водом али и земљиштем, ваздухом и живим организмима односно биосфером. Утицаји иригационих система на све ове сфере екосистема, посебно водне ресурсе, могу бити како позитивни тако и негативни, па је приликом њиховог одабира и пре имплементације

неопходно проценити интезитет ових утицаја и одабрати онај систем који најмање утиче на нарушавање животне средине датог подручја.

Како би се задовољиле потребе становништва за храном процењује се да ће до 2050. године светска производња хране морати да се повећа за 70%. То указује на неопходност повећања потрошње воде за 53% на глобалном нивоу (Velasco-Muñoz et al., 2019). Наводњавање кап по кап, метод је који се највише примењује у аридним и семи-аридним подручјима с обзиром да му је стопа ефикасности око 70-80% (Megersa & Abdulahi, 2015).

Дакле, притисак на водне ресурсе биће све већи, тако да се посебна пажња мора усмерити на рационалну односно „штедљиву“ употребу воде за наводњавање пољопривредних усева. Продуктивност воде дефинисан као „*принос по јединици коришћене воде*“, може се значајно побољшати повећањем ефикасности употребе воде модернизацијом иригационих система (Avellán et al., 2018). Продуктивност воде кључни је фактор у одрживој производњи усева и заштити животне средине (Michael O. Adu et al., 2019).

Генерално гледано, позитивни еколошки ефекти иригационих система односе се на ублажавање поплава и регулисање нивоа подземних вода, чиме се позитивно делује на микроклиму и кружење материје у природи неког подручја. Традиционални начини наводњавања (нпр. терасе за наводњавање, каналске мреже) могу да имају позитиван ефекат на животну средину с обзиром да обезбеђују неопходну воду у сушним областима чиме се утиче на повећање вегетационог покривача, контролисање поплава усмеравањем вода, као и фиксацију угљендиоксида (Fleming et al., 2014). Међутим, данас се за овакве системе сматра да су неефикасни са становишта штедње воде и енергије, као и да захтевају интензивну радну снагу услед чега традиционални системи губе своју функцију у смислу наводњавања и бивају замењени модернијим иригационим системима који су ефикаснији у смислу трошења ресурса.

Међутим, негативни еколошки ефекти система за наводњавање подразумевају цурење остатака пестицида и ђубрива из земљишта у воде, што мења квалитет вода и доводи до њихове еутрофикације. Велики проблем представљају пестициди, посебно органохлориди и карбамати. Као негативан пример у овом смислу може се навести подручје у Шпанији под називом Campo de Dalías, на којем постоји велика површина под пластеницима. Резидуе пестицида акумулирају се у води и утичу на микробиологију водених екосистема, а продукти микроорганизама могу бити и токсичнији од првобитно испуштене супстанце (Institute for European

Environmental Policy, London, 2000). Уколико се за наводњавање користе велике количине воде може доћи до пресушивања подземних изворишта или до значајног смањења количине воде у површинским базенима. То може имати катастрофалне последице по биодиверзитет у воденим екосистемима али и целокупан живи свет неког подручја.

Утицај наводњавања на биодиверзитет и изглед предела

Суштинске промене у екосистемима могу настати имплементацијом система за наводњавање у неком подручју. Позитивне промене огледају се у повећању вегетационог покривача односно приноса *гајене културе*, чиме се утиче на кружење материје у природи али и на изглед предела. Начин наводњавања биљака утиче на раст и смер коренског система, раст биљке у висину, изглед биљке и апсорпцију минерала из земљишта (Zijing Chen et al., 2019). Наводњавање усева, поготово врста које имају изражене потребе за водом у фази раста, развића и сазревања, као што је то случај код већине повртарских култура, од кључног је значаја за висину приноса и квалитет плодова. Потребне поврћа за наводњавањем од критичног значаја су за принос, посебно у одређеној фази развића нпр. развића главице (броколи, купус, карфиол), раста корена (шаргарепа, ротквица, кромпир), цветања и развића плода (краставац, патлиџан, диња, лубеница, паприка, парадајз) или константно током раста (спанаћ). Повртарске културе су осетљивије на недостатак воде у односу на вишегодишње културе (Michael O. Adu et al., 2019).

Када су у питању дивље врсте, односно спонтана вегетација, утицај може постојати не само на датом подручју већ и у ближој и даљој околини имплементираних система за наводњавање. Опсег утицаја се повећава са повећањем површине која се наводњава а истраживања показују да су промене углавном негативне, мада могу бити и позитивне (Institute for European Environmental Policy, London, 2000).

Посебно негативан утицај на животну средину имају иригациони системи инсталирани у еколошки осетљивим подручјима као и подручјима високе природне вредности. Ово је посебно изражено у влажним мочварним пределима значајним за многе угрожене врсте. Влажна подручја могу постати непривлачна и непогодна за гнезђење птица услед чега оне могу потпуно нестати са неког подручја. Нестанак одређених врста утиче негативно на све остале врсте у ланцу исхране тако да генерално гледано постоји негативан ефекат на биодиверзитет одређеног подручја.

Као негативни примери утицаја на биодиверзитет може се навести каналска мрежа за наводњавање и утицај на *рибљи фонд*. Сврха канала је да брзо и ефикасно испоруче воду до циља, и стога они нису погодни за насељавање од стране животиња. Штавише, веома развијена каналска мрежа може значајно утицати на промене у квантитативном и квалитативном саставу рибљег фонда у водотоковима подручја на којем се налази (King & O’Connor, 2007). Ово посебно може имати негативне последице када су у питању аутохтоне врсте риба али и других животињских врста која живе у акватичним или семиакватичним екосистемима.

Такође, иригациони системи могу негативно утицати на популацију *птица* у подручју где су инсталирани, како у погледу њихове бројности тако и у погледу замене врста. Тако је студија урађена од стране Giralt et al. (2021), показала да је у Шпанији наводњавање воћњака на већим површинама довело до повећања диверзитета врста у подручју око наводњаваног воћњака, али је дошло до негативног ефекта на аутохтону популацију птица, специјализованих на првобитне еколошке услове, где је дошло до њихове замене другим врстама којима одговара влажнија средина. На промене у екосистемима, измену изгледа или фрагментацију станишта, навише реагују врсте које су високо специјализоване за одређене природне услове, а често су у питању врсте које су аутохтоне, ендемичне или реликтне за дато подручје.

Заједнице *бескичмењака* од великог су значаја за функционисање речних екосистема, посебно у погледу циклуса нутријената и трофичких односа у површинским водама. Коришћење река за наводњавање има великог утицаја на квалитативни и квантитативни састав акватичних бескичмењака. На овакве утицаје негативно реагују првенствено најосетљивији таксони који бивају замењени толерантнијим врстама, који постају доминантни у заједницама акватичних бескичмењака. Што је веће узимање воде то је већа промена у саставу заједница и укупна бројности јединки, поготово низводно од водотока у топлијим месецима у току године (Wooster et al., 2016).

Приликом одабира система за наводњавање на неком подручју треба обратити пажњу и на *мењање изгледа предела* односно пејзажа и предност дати оним системима који имају најмањи ефекат на промену првобитног изгледа датог подручја. У овом смислу, предност свакако имају подповршински системи за наводњавање у односу на површинске иригационе системе. Негативни и позитивни ефекти коегзистирају на датом подручју и потребно је уочити који ефекти су доминанти, како би се закључило да ли имплементација система за наводњавање има позитиван или негативан ефекат по биодиверзитет и целокупну животну средину.

Утицај наводњавања на земљиште

Системи за наводњавање имају веома велики ефекат на квалитет и плодност земљишта, а опсег утицаја зависи од много фактора, највише техничких карактеристика иригационог система, површине на којој је примењен, квалитета земљишта као и времена примене наводњавања. Као и случају водих ресурса, утицаји на земљишне ресурсе могу бити и позитивни и негативни.

Наиме, нека истраживања су показала да примена система за наводњавање доводи до развоја гушће вегетације током целе године чиме се смањује губитак нутријената из земљишта цурењем и ерозија земљишта (Hamidov, 2018). Међутим, позитиван утицај на земљиште зависи од типа система за наводњавање. Тако је уочено да наводњавање браздама доводи до губитка плодног земљишта, и да његовом применом у дужем временском периоду долази до смањења плодности земљишта и опадања приноса (Mailapalli, 2009).

Неодговарајуће наводњавање усева може довести до ерозије земљишта, посебно на нагнутим теренима, што не само да смањује производни капацитет земљишта, већ утиче негативно и на квалитет воде низводно од датих терена, у којој се таложе спиране честице заједно са остацима свих супстанци које се користе у производњи, без обзира да ли су у питању конвенционалне или органске методе гајења усева. Ово је посебно изражено у брдско-планинским подручјима где се одабиром одговарајућег система за наводњавање може значајно смањити стопа ерозије плодног земљишта (Institute for European Environmental Policy, London, 2000). Такође, одговарајуће иригационе технологије утичу и на очување земљишних ресурса с обзиром да спречавају прекомерну евапорацију, а самим тим и салинизацију горњих слојева земљишта.

Увођење система за наводњавање у производне системе повезано је са интензификацијом производње, услед чега негативни еколошки ефекти наводњавања долазе до изражаја. Негативни ефекти подразумевају акумулацију штетних материја у плодном слоју земљишта као што су остаци пестицида, соли, метали итд., што временом све више долази до изражаја. Ово је посебно изражено у случају пољопривредних култура које се гаје преко целе године као што је то случај са пластеничком производњом повртарских култура. Прекомерно ђубрење повртарских култура узрокује високо испирање нутријената кроз земљиште, а *оптимално наводњавање* ефикасније је од оптималног ђубрења у погледу смањења цурења нутријената када је у

питању интензивно гајење култура. Фертилизација махом утиче на садржај нитрата, фосфора и калијума у води, док начин наводњавања има утицаја на рН, електропроводњивост, садржај P, K, Ca, Mg, Na и Cu. Оптималним наводњавањем значајно се смањује укупна количина NO₃, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu и Zn у води, у поређењу са конвенционалним наводњавањем, под истим режимом ђубрења. (Li et al., 2018). Чак и кракорочна фертилизација поврћа у заштићеном простору доводи до брзе акумулације нитрата, фосфата, и повећања салинитета и закишељавања земљишта, што је посебно изражено у току зимске сезоне производње (Shi et al., 2009).

У многим подручјима у свету је услед интензивне производње поврћа дошло до загађења земљишних ресурса. У подручјима где је дошло до деградације земљишта треба предузети одређене активности које ће довести до његове ревитализације као што су: повећање органске материје у земљишту, редукована обрада, ефикасније управљање водним ресурсима (Ali Volkan Bilgili et al., 2018).

Наводњавање и безбедност производа

За наводњавање поврћа могу се користити различити извори воде па чак и рециклиране отпадне воде, што је случај у многим државама на свету. Састав воде за наводњавање директно зависи од извора одакле се узима вода (Bonachela et al., 2013). Најчистија вода за наводњавање је подземна вода међутим у многим државама света услед њене прекомерне експлоатације за наводњавање и у друге сврхе, долази до пресушивања подземних извора а за наводњавање морају се даље користити површинске воде (Jongman & Korsten, 2018).

У последњих 20-так година широм света било је много забележених случајева избијања заразе у вези са конзумирањем микробиолошки контаминираног свежег поврћа и воћа, при чему је узрочник контаминације био у води за наводњавање. Највећи потенцијал за заражавање усева има вода за наводњавање пореклом од отпадних вода и површинских вода која се налазе у близини животињских фарми и насеља. Много безбеднија вода за наводњавање је чесмовача, подземне воде и кишница (Uyttendaele et al., 2015).

Системи за наводњавање, посебно отворени површински системи, могу имати низ негативних ефеката по безбедност произведене хране а највише у погледу извора патогених бактерија које се могу наћи у води као што су *Pseudomonas* sp., *Pectobacterium* sp., *Dickeya* sp., *Xanthomonas*

sp., *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp итд. Патогене бактерије могу се наћи у рекама, барама, подземним водама, језерима и разним вештачким резервоарима воде (Lamichhane & Bartoli, 2015; Jongman & Korsten, 2018). Након доспевања на биљку узрочник заразе може остати на производу и по неколико недеља (Uyttendaele et al., 2015). У смислу микробиолошке безбедности повртарских култура посебна пажња треба да се посвети културама које се једу свеже као што су купус, беби спанаћ и зелена салата. Такође, повртарске културе имају способност акумулације тешких метала што може утицати на безбедност ових производа за конзумирање јер потенцијално угрожава здравље потрошача (Ali Atamaleki et al., 2020).

Дакле, на појаву патогена код биљака утиче не само квалитет воде за наводњавање већ индиректно и тип иригационог система који се примењује. Наиме, болести биљака чешће су код отворених површинских система, у односу на подповршинско наводњавање где земљиште апсорбује воду тачно онолико колико је биљци потребно, па нема велике влаге на површини земљишта и тиме повољних услова за развој патогених микроорганизама.

Еколошке предности иновативног подповршинског капиларног наводњавања

Проблеми везани за одрживост пољопривредне производње и одржавање екосистемских услуга, у подручју где се одвија производња, усмерили су истраживања у правцу проналажења паметних система за наводњавање, који су аутоматизовани и прецизни. Подповршинско капиларно наводњавање усмерено је на заштиту животне средине кроз строго контролисање количине воде која се користи за наводњавање. Систем се поставља испод површине земље и омогућава оптималну влажност земљишта у зони коренског система биљке. Кроз систем се може прецизно давати оптимална количина хранива, органских и микробиолошких ђубрива, чиме се избегава нерационална употреба ђубрива у производњи, што је посебно изражено код повртарских култура.

Еколошке предности употребе система подповршинског капиларног наводњавања су вишеструки и представљени су следећим:

- *чување водних ресурса* кроз оптималну влажност зоне коренског система, без плављења, прекомерне експлоатације водних ресурса, губљења воде у систему.

- *штедња енергије* услед мале количине енергије потребне за функционисање система, и коришћење обновљивих извора енергије за рад система,
- *погодан за примену у органској и еколошкој производњи*, услед одржавања горњег слоја земљишта сувљим и на тај начин смањење раста коровских биљака, ђубрење органским или микробиолошким хранивима, смањење појаве болести и штеточина биљака,
- *постоји могућност примене на великим површинама земљишта*, без утицаја на изглед предела и негативних ефеката на биодиверзитет,
- *омогућава очување плодности, квалитета и повољне структуре земљишта* кроз спречавање ерозивних процеса и оптималну употребу биљних хранива (избегавање интензификације производње).
- *Има дуг век употребе* након постављања, без потребе да се уклања и замењује деценијама чиме се потенцијално ремети земљишна фауна и флора.

У односу на површинско наводњавање, подповршинско наводњавање има низ еколошких предности од којих је најважније вишеструко већа ефикасност искоришћења воде и самим тим очување водних ресурса. Системи за наводњавање за чији рад је потребан нижи притисак (кап по кап, распрскивачи) троше мање енергије, међутим лако се запушавају чиме се смањује њихова ефикасност (Masseroni et al., 2020). У односу на друге савремене иригационе системе, подповршинско капиларно наводњавање енергетски је најефикасније, а у конкретном случају за покретање и рад система користи се енергија ветра и сунца (преносива ветротурбина са преклопним стубом и допунски фотонапонски панели). Подповршинско капиларно наводњавање не користи капаљке па нема могућности ни њиховог запушавања, односно нема испирања инсталација у систему и додатног трошења воде и осталих ресурса за ове потребе.

Економски аспекти примене иновативног подповршинског капиларног наводњавања

Економским ефектима производње у заштићеном простору (пластенику), где се користи иновативни систем за наводњавање (Агрокапиларис) бавили су се Настић и сар. (2020). Фокус овог истраживања је била еколошки усмерена производња парадајза, коју омогућава овакав вид наводњавања, а на основу калкулације варијабилних трошкова аутори су утврдили да се остварује позитивна маржа покрића.

Како подповршинско наводњавање, са еколошког становишта, има велики број предности у односу на површинско наводњавање, потребно је да се сагледа и његов утицај на пословање газдинства које га користи. Економски ефекти подповршинског наводњавања приказани су маржама покрића за три повртарске културе.

Марже покрића су обрачунате за производњу црвене паприке, производњу ротквице и производњу младог лука. Док наводњавање кап по кап и наводњавање орошавањем подразумевају конвенционалну производњу поврћа, са друге стране примена подповршинског капиларног наводњавања подразумева еколошки усмерен вид производње.

За систем наводњавања кап по кап и за орошавање користи се бензински мотор од 2,2 KW, а у близини пластеника постоји бунар из којег се користи вода за наводњавање (па трошкови воде нису укључени у обрачун). За рад иновативног подповршинског капиларног система за наводњавање је потребна пумпа мање снаге и користи се електрична пумпа од 0,5 KW.

Маржа покрића у производњи паприке, када се користи систем за наводњавање кап по кап, приказана је у *Табели 1*.

Табела 1. Маржа покрића у производњи црвене паприке у пластенику (по ару) - са системом за наводњавање кап по кап

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 м ²	Укупно EUR/100 м ²
А Приход					
Паприка	750,00	kg			
I класа (80%)	600,00	kg	105,00	63.000,00	535,85
II класа (20%)	150,00	kg	75,00	11.250,00	95,69
Укупно				74.250,00	631,54
Б Варијабилни трошкови					
Расад	400,00	kom	37,00	14.800,00	125,88
Ђубрива ¹				10.010,00	85,14
Средства за заштиту биља				1.425,00	12,12
Амбалажа ²	50,00	kom	40,00	2.000,00	17,01
Трошкови сађења расада	5,00	h	235,00	1.175,00	9,99
Трошкови везивања, заламања заперака, расипања ђубрива и прскања	13,00	h	235,00	3.055,00	25,98
Трошкови бербе и паковања	20,00	h	235,00	4.700,00	39,98

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 м ²	Укупно EUR/100 м ²
Везиво	0,75	ком	240,00	180,00	1,53
Малч фолија				2.125,00	18,07
Фолија ³				6.165,00	52,44
Капајуће траке	100,00	м	9,8	980,00	8,34
Фрезање	0,50	h	600,00	300,00	2,55
Трошкови енергије (бензински агрегат 2,2 KW) ⁴	9,70	l	153,00	1.485,00	12,63
Остали трошкови ⁵				1.250,00	10,63
Укупно				49.650,00	422,30
Ц Маржа покрића (А-Б)				24.600,00	209,24

Извор: ИЕП, 2021.

Напомена: ¹ Обједињују трошкове стајњака, минералног ђубрива и средстава за прихрану; ² Користе се каронске кутије; ³ Користи се пет година; ⁴ Трошкови горива, по цени од 153,00 РСД се везују за наводњавање; ⁵ Трошкови ситног инвентара и трошкови електричне енергије који нису везани за наводњавање.

Увођењем иновативног подповршинског сиситема за наводњавање у пластеник, дошло је до промене у висини прихода, али и у висини трошкова код производње паприке (Табела 2.). Због фактора који произилазе из начина рада овог система за наводњавање, дошло је до повећања приноса паприке. Како је у питању еколошки усмерена производња, потрошачи су спремни да више плате за такве производе, што је утицало и на повећање продајне цене. Са друге стране, као позитиван ефекат подповршинског система за наводњавање јавља се и смањена потрошње воде за наводњавање, смањена употреба ђубрива и средстава за заштиту биља (а тиме и опадање варијабилних трошкова).

Табела 2. Маржа покрића у производњи црвене паприке у пластенику (по ару) - с применом иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 м ²	Укупно EUR/100 м ²
А Приход					
Паприка	775,00	kg			
I класа (85%)	660,00	kg	125,00	82.500,00	701,71
II класа (15%)	115,00	kg	90,00	10.350,00	88,03
Укупно				92.850,00	789,74
Б Варијабилни трошкови					

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 м ²	Укупно EUR/100 м ²
Расад	400,00	kom	37,00	14.800,00	125,88
Ђубрива ¹				8.315,00	70,72
Средства за заштиту биља				820,00	6,97
Амбалажа ²	52,00	kom	40,00	2.080,00	17,69
Трошкови сађења расада	5,00	h	235,00	1.175,00	9,99
Трошкови везивања, заламања заперака, расипања ђубрива и прскања	11,00	h	235,00	2.585,00	21,99
Трошкови бербе (са паковањем)	21,00	h	235,00	4.935,00	41,97
Везиво	0,75	ком	240,00	180,00	1,53
Mulch фолија				2.125,00	18,07
Фолија ³				6.165,00	52,44
Капајуће траке	100,00	m	9,80	980,00	8,34
Фрезање	0,50	h	600,00	300,00	2,55
Трошкови енергије (електрична пумпа 0,5 KW) ⁴	50,00	KW	9,75	487,50	4,15
Остали трошкови ⁵				925,00	7,87
Укупно				45.872,50	390,17
Ц Маржа покрића (А-Б)				46.977,50	399,57

Извор: ИЕП, 2021.

Напомена: ¹ Обједињују трошкове стајњака, минералног ђубрива и средстава за прихрану; ² Користе се каронске кутије; ³ Користи се пет година; ⁴ Трошкови електричне енергије који се везују за наводњавање; ⁵ Трошкови ситног инвентара и трошкови електричне енергије који нису везани за наводњавање.

Производња паприке, као главне културе оптерећена је трошковима фолије за пластеник, док се код остале две културе (ротквице и лука) у трошковима не приказује ова ставка.

У производњи ротквице код стандардног начина производње се примењује наводњавање орошавањем. Маржа покрића код овог начина производње приказана је у Табели 3.

Табела 3. Маржа покрића у производњи ротквице у пластенику (по ару) - наводњавање орошавањем

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 м ²	Укупно EUR/100 м ²
А Приходи					
Ротквица	1.250,00	веза	25,00	31.250,00	265,80
Укупно				31.250,00	265,80
Б Варијабилни трошкови					
Семе	3,50	пак	1.800,00	6.300,00	53,59
Ћубрива ¹				1.095,00	9,31
Средства за заштиту биља				450,00	3,83
Расипање ѓубрива, сетва и прскање	5,00	h	235,00	1.175,00	9,99
Вађење, прање и везивање	16,00	h	235,00	3.760,00	31,98
Везиво ²	0,50	ком	240,00	120,00	1,02
Фрезање	0,50	h	600,00	300,00	2,55
Трошкови енергије (бензински агрегат 2,2 KW) ³	2,20	l	153,00	330,00	2,81
Остали трошкови ⁴				750,00	6,38
Укупно				14.280,00	121,46
Ц Маржа покрића (А-Б)				16.970,00	144,34

Извор: ИЕП, 2021.

Напомена: ¹ Обједињују трошкове стајњака, минералног ѓубрива и средстава за прихрану; ² Везиво се користи приликом паковања (везивања); ³ Трошкови енергије који се везују за наводњавање; ⁴ Трошкови ситног инвентара.

Применом иновативног начина наводњавања (подповршинског капиларног) у производњи ротквице, као и код производње паприке, остварено је повећање прихода, услед повећања приноса и цене по јединици мере (Табела 4.). Такође је остварено и смањење трошкова ѓубрива, средства за заштиту биља и трошкова енергије. Са друге стране, услед повећања приноса дошло је до повећања износа трошкова за вађење, прање и везивање ротквице. Ако се изврши поређење остварене марже покрића код примене ова два различита система наводњавања у производњи ротквице, уочава се да је знатно већи износ добијен приликом примене другог система наводњавања (подповршинско капиларно наводњавање).

Табела 4. Маржа покрића у производњи ротквице у пластенику (по ару) - с применом иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 м ²	Укупно EUR/100 м ²
А Приходи					
Ротквица	1.350,00	веза	27,50	37.125,00	315,77
Укупно				37.125,00	315,77
Б Варијабилни трошкови					
Семе	3,50	пак	1.800,00	6.300,00	53,59
Ђубрива ¹				970,00	8,25
Средства за зашпиту биља				325,00	2,76
Расипање ђубрива, сетва и прскање	4,00	h	235,00	940,00	8,00
Вађење, прање и везивање	17,00	h	235,00	3.995,00	33,98
Везиво ²	0,50	ком	240,00	120,00	1,02
Фрезање	0,50	h	600,00	300,00	2,55
Трошкови енергије (електрична пумпа 0,5 KW) ³	10,00	KW	9,75	97,50	0,83
Остали трошкови ⁴				575,00	4,89
Укупно				13.622,50	115,87
Ц Маржа покрића (А-Б)				23.502,50	199,90

Извор: ИЕП, 2021.

Напомена: ¹ Обједињују трошкове стајњака, минералног ђубрива и средстава за прихрану; ² Везиво се користи приликом паковања (везивања); ³ Трошкови енергије који се везују за наводњавање; ⁴ Трошкови ситног инвентара и трошкови електричне енергије који нису везани за наводњавање.

Слична се правилност може уочити и пластеничкој производњи лука сребрњака, при различитим начинима наводњавања, односно и код ове културе је дошло до раста марже покрића приликом примене подповршинског капиларног наводњавања у односу на наводњавање орошавањем (Табела 5 и б.).

Табела 5. Маржа покрића у производњи лука сребрњака у пластенику (по ару) - наводњавање орошавањем

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 m ²	Укупно EUR/100 m ²
А Приходи					
Млади лук	500,00	веза	30,00	15.000,00	127,58
Укупно				15.000,00	127,58
Б Варијабилни трошкови					
Садни материјал – луковице	40,00	kg	105,00	4.200,00	35,72
Ђубрива ¹				1.742,00	14,61
Средства за заштиту биља				510,00	4,34
Расипање ђубрива, садња и прскање	8,00	h	235,00	1.880,00	15,99
Брање и паковање	15,00	h	235,00	3.525,00	29,98
Амбалажа ²			350,00	350,00	2,98
Фрезање	0,50	h	600,00	300,00	2,55
Трошкови енергије (бензински агрегат 2,2 KW) ³	2,00	l	153,00	306,00	2,60
Остали трошкови ⁴				850,00	7,23
Укупно				13.663,00	116,21
Ц Маржа покрића (А-Б)				1.337,00	11,37

Извор: ИЕП, 2021.

Напомена: ¹ Обједињују трошкове стајњака, минералног ђубрива и средстава за прихрану; ² Лук се испоручује умотан у пластичну провидну фолију; ³ Трошкови енергије који се везују за наводњавање; ⁴ Трошкови ситног инвентара.

Табела 6. Маржа покрића у производњи лука сребрњака у пластенику (по ару) - с применом иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 m ²	Укупно EUR/100 m ²
А Приходи					
Млади лук	520,00	веза	36,00	18.720,00	159,22
Укупно				18.720,00	159,22
Б Варијабилни трошкови					
Садни материјал - луковице	40,00	kg	105,00	4.200,00	35,72
Ђубрива ¹				1.464,87	12,42

Опис	Количина	ЈМ	Цена по ЈМ	Укупно РСД/100 м ²	Укупно EUR/100 м ²
Средства за заштиту биља				265,00	2,25
Садња, расипање ђубрива и прскање	7,00	h	235,00	1.645,00	13,99
Брање и паковање	15,00	h	235,00	3.525,00	29,98
Амбалажа ²			350,00	350,00	2,98
Фрезање	0,50	h	600,00	300,00	2,55
Трошкови наводњавања (електрична пумпа снаге 0,5 KW) ³	9,50	KW	9,75	92,63	0,79
Остали трошкови ⁴				650,00	5,53
Укупно				12.492,50	106,26
Ц Маржа покрића (А-Б)				6.227,50	52,97

Извор: ИЕП, 2021.

Напомена: ¹ Обједињују трошкове стајања, минералног ђубрива и средстава за прихрану; ² Лук се испоручује умотан у пластичну провидну фолију; ³ Трошкови енергије који се везују за наводњавање; ⁴ Трошкови ситног инвентара и трошкови електричне енергије који нису везани за наводњавање.

За три посматране повртарске културе највећи раст марже покрића услед увођења подповршинског капиларног наводњавања остварен је код паприке (која је уједно и главни усев), затим код ротквице, док је најнижи раст постигнут у производњи лука сребрњака.

Закључак

Имајући у виду чињеницу да је у Србији наводњавање недовољно заступљено, као и да се у перспективи могу очекивати неповољне последице климатских промена на пољопривредну производњу, намеће се закључак да је наводњавање (како у производњи на отвореном, тако и у заштићеном простору) једна од кључних мера за смањење ризика. При томе треба имати у виду да наводњавање осим позитивних ефеката (у економском смислу) може имати и неке неповољне утицаје на животну средину. Због тога су у раду разматране како економске, тако и еколошке карактеристике подповршинског капиларног наводњавања. Истраживање је показало да овај начин наводњавања (у поређењу са класичним приступима) има многобројне еколошке предности. Такође је утврђено да је његова примена у пластеницима економски оправдана, јер доводи до повећања вредности производње код свих испитиваних

повртарских култура, као и до смањења најважнијих група варијабилних трошкова, као што су трошкови ђубрива, средстава за заштиту биља, трошкови енергената и сл. Тиме се увећава маржа покрића у повртарској производњи и укупни ефекти пословања газдинстава.

Литература

1. Adu, M. O., Yawson, D. O., Abano, E. E., Asare, P. A., Armah, F. A., & Opoku, E. K. (2019). Does water-saving irrigation improve the quality of fruits and vegetables? Evidence from meta-analysis. *Irrigation Science*, 37(6), 669-690.
2. Atamaleki, A., Yazdanbakhsh, A., Fakhri, Y., Salem, A., Ghorbanian, M., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). A Systematic Review and Meta-analysis to Investigate the Correlation Vegetable Irrigation with Wastewater and Concentration of Potentially Toxic Elements (PTES): a Case Study of Spinach (*Spinacia oleracea*) and Radish (*Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus*). *Biological Trace Element Research*, 1-8.
3. Avellán, T., Ardakanian, R., Perret, S. R., Ragab, R., Vlotman, W., Zainal, H., ... & Gany, H. A. (2018). Considering resources beyond water: irrigation and drainage management in the context of the water–energy–food nexus. *Irrigation and Drainage*, 67(1), 12-21.
4. Bilgili, A. V., Yeşilnacar, İ., Akihiko, K., Nagano, T., Aydemir, A., Hızlı, H. S., & Bilgili, A. (2018). Post-irrigation degradation of land and environmental resources in the Harran plain, southeastern Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 190(11), 1-14.
5. Bonachela Santiago, Juan Melchor, Casas J., Fuentes-Rodríguez Francisca, Gallego Irene, Elorrieta María (2013): Pond management and water quality for drip irrigation in Mediterranean intensive horticultural systems, *Irrigation Science*, Vol. 31 Issue 4, pp. 769-780,
6. Chen, Z., Han, Y., Ning, K., Luo, C., Sheng, W., Wang, S., ... & Wang, Q. (2019). Assessing the performance of different irrigation systems on lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the greenhouse. *PloS one*, 14(2).
7. Giralt D, Pantoja J, Morales MB, Traba J and Bota G (2021): Landscape-Scale Effects of Irrigation on a Dry Cereal Farmland Bird Community. *Front. Ecol. Evol.* 9:611563.
8. Gogić, P. (2014): *Teorija troškova sa kalkulacijama – u proizvodnji i preradi poljoprivrednih proizvoda*, Poljoprivredni fakultet, Beograd.

9. Hamidov, A., Helming, K., Bellocchi, G., Bojar, W., Dalgaard, T., Ghaley, B. B., ... & Schönhart, M. (2018). Impacts of climate change adaptation options on soil functions: A review of European case-studies. *Land degradation & development*, 29(8), 2378-2389.
10. ИЕР (2021). *Унапређење агротехничке мере наводњавања: Примена иновативних технологија у функцији одрживог руралног развоја Србије: Производно-економски подаци*. Интерна документација, Институт за економику пољопривреде, Београд, Србија.
11. Ivanović, L., & Jeločnik, M. (2016). Uputstvo i model za izračunavanje marže pokrića na poljoprivrednim gazdinstvima. Poglavlje u monografiji: Unapređenje finansijskih znanja i evidencije na poljoprivrednim gazdinstvima u Republici Srbiji, str. 145-160, Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd, Srbija.
12. Jeločnik, M., Ivanović, L., & Subić, J. (2011). Analiza pokrića varijabilnih troškova u proizvodnji jabuke. *Škola biznisa*, 4(2), 42-49.
13. Jeločnik, M., Subić, J., Ivanović, L. (2010): *Pokriće varijabilnih troškova u proizvodnji šljive*, Zbornik radova, Prvi naučni simpozijum agronoma sa međunarodnim učešćem AGROSYM, Jahorina, 09-11. decembar, Poljoprivredni fakultet Istočno Sarajevo i Poljoprivredni fakultet Beograd, str. 198-204.
14. Jongman, M., & Korsten, L. (2018). Irrigation water quality and microbial safety of leafy greens in different vegetable production systems: A review. *Food reviews international*, 34(4), 308-328.
15. King, Alison J., O'Connor, Justin P. (2007): Native fish entrapment in irrigation systems: A step towards understanding the significance of the problem, *Ecological Management & Restoration*, Vol. 8, Issue 1, pp. 32-37.
16. Lamichhane, J. R., & Bartoli, C. (2015). Plant pathogenic bacteria in open irrigation systems: what risk for crop health?. *Plant Pathology*, 64(4), 757-766.
17. Li, Y., Li, J., Gao, L., & Tian, Y. (2018). Irrigation has more influence than fertilization on leaching water quality and the potential environmental risk in excessively fertilized vegetable soils. *PloS one*, 13(9).
18. Mailapalli, D. R., Raghuwanshi, N. S., & Singh, R. (2009). Sediment transport in furrow irrigation. *Irrigation science*, 27(6), 449-456.
19. Marko, J., Jovanović, M., Tica, N. (1998): *Kalkulacije u poljoprivredi*,

Futura publikacije, Novi Sad.

20. Masseroni, Daniele; Arbat, Gerard; de Lima, Isabel P. (2020): Editorial- Managing and Planning Water Resources for Irrigation: Smart-Irrigation Systems for Providing Sustainable Agriculture and Maintaining Ecosystem Services, *Water* 12, no. 1: 263,
21. Megersa, G., & Abdulahi, J. (2015). Irrigation system in Israel: A review. *International Journal of water resources and environmental engineering*, 7(3), 29-37.
22. Nastić, L., Jeločnik, M., & Subić, J. (2014). Analysis of Calla Lily and Cucumber Production in Greenhouse. *Ekonomika*, 60(4), 209-217.
23. Nastić, L., Jeločnik, M., Subić, J. (2020). Analiza varijabilnih troškova u proizvodnji paradajza u zaštićenom prostoru. *Agroekonomika*, 49(86):43-53.
24. Ponjičan, O., Bugarin, R., Sedlar, A., Turan, J., Višacki, V., & Stanić, N. (2017). Stanje i pravci razvoja navodnjavanja u svetu i kod nas. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 43(4), 147-157.
25. Shi, W. M., Yao, J., & Yan, F. (2009). Vegetable cultivation under greenhouse conditions leads to rapid accumulation of nutrients, acidification and salinity of soils and groundwater contamination in South-Eastern China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83(1), 73-84.
26. Simonovic, S.P. (2017). Bringing future climatic change into water resources management practice today. *Water Resources Management*, 31(10), 2933-2950.
27. STIPS (2021). <https://www.stips.minpolj.gov.rs/>
28. The Environmental Impact of Irrigation in the European Union, Institute for European Environmental Policy, London, 2000 (<https://ec.europa.eu/environment/agriculture/pdf/irrigation.pdf>).
29. Uyttendaele, M., Jaykus, L. A., Amoah, P., Chiodini, A., Cunliffe, D., Jacxsens, L., ... & Rao Jasti, P. (2015). Microbial hazards in irrigation water: standards, norms, and testing to manage use of water in fresh produce primary production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), 336-356.
30. Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., Batlles-de la Fuente, A., & Fidelibus, M. D. (2019). Rainwater harvesting for agricultural irrigation: An analysis of global research. *Water*, 11(7), 1320.

31. William M. Fleming, José A. Rivera, Amy Miller, Matt Piccarello (2014): Ecosystem services of traditional irrigation systems in northern New Mexico, USA, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 10:4, pp. 343-350,
32. Wooster, D., Miller, S. W., & DeBano, S. J. (2016). Impact of season-long water abstraction on invertebrate drift composition and concentration. *Hydrobiologia*, 772(1), 15-30.

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека
Србије, Београд

338.43:631.674.4(082)

ТЕХНО и агро-економска анализа предности и
недостатака шире примене
иновативног начина подповршинског капиларног
наводњавања у
пољопривредном сектору : монографија / уредник Наташа
Кљајић. - Београд :
Институт за економику пољопривреде, 2021 (Нови Сад :
Мала књига +). - 167
стр. : илустр. ; 25 cm

Тираж 300. - Библиографија уз сваки рад.

ISBN 978-86-6269-098-2

а) Наводњавање - Економика - Зборници

COBISS.SR-ID 41580809