

## HIDROTEHNIČKE OSNOVE ODRŽIVOG RAZVOJA IRIGACIONIH SISTEMA U REPUBLICI SRPSKOJ

Tamara SUDAR<sup>1)</sup>, Milica TRIFKOVIĆ<sup>1)</sup>, Miloš STANIĆ<sup>1)</sup>, Tina DAŠIĆ<sup>1)</sup>, Nedeljko SUDAR<sup>2)</sup>  
Uroš HRKALOVIĆ<sup>2)</sup>, Dejan HRKALOVIĆ<sup>2)</sup>, Branislav ĐORĐEVIĆ<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet,

<sup>2)</sup> Zavod za vodoprivredu, Bijeljina,

<sup>3)</sup> Akademija inženjerskih nauka Srbije

### REZIME

Proizvodnja hrane bi trebalo da bude osnova i pokretač razvoja privrede Republike Srpske, ali raspoloživi poljoprivredni i vodni resursi nisu dovoljno iskorišćeni. Na području ključnih makroparcela uz rijeku Savu evidentan je “resursni paradoks” - velike poljoprivredne površine visokih bonitetnih klasa nalaze se unutar područja branjenih od poplavnih voda, a godišnje padavine na tim područjima nisu dovoljne za razvoj intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Razvoj navodnjavanja na ovim područjima, ali i na manjim površinama u ruralnim područjima na istoku i jugu prepoznat je kao okosnica privrednog razvoja Republike Srpske. Uvažavajući činjenicu da na uzvodnim potezima vodotokova u Federaciji BiH ne postoje izgrađeni integralni vodoprivredni sistemi u kojima je obezbijedena voda za navodnjavanje, Vlada i resorno Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske su u prethodnom periodu, uz velika ulaganja, značajno popravile veoma skromno stanje sistema za navodnjavanje, oslanjajući se na raspoložive vodne resurse u Republici Srpskoj.

U procesu razvoja poljoprivredne proizvodnje, uz primjenu navodnjavanja, prihvaćeni su i razvijani trendovi koji su zastupljeni u razvijenim zemljama EU, uvažavajući principe vodne produktivnosti, kroz unaprijeđenje i racionalizaciju. Razmatra se postepeno uvođenje savremenih naučnih pristupa i dostignuća tzv. „precizne poljoprivrede“, kao racionalnog pristupa u poljoprivrednoj proizvodnji i navodnjavanju.

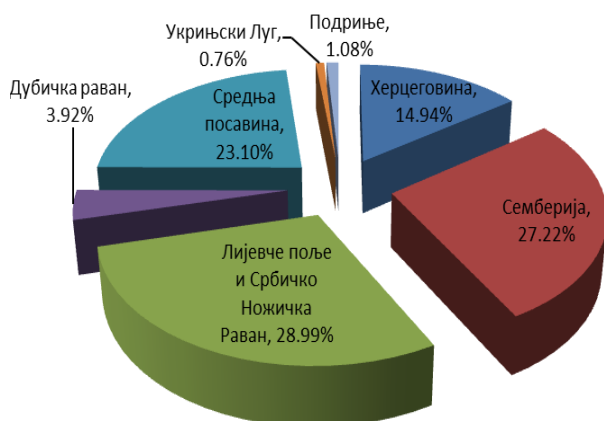
U ovom radu prikazana su iskustva razvoja sistema navodnjavanja sa aspekta hidrotehnike u

desetogodišnjem razvojnom periodu u Republici Srpskoj, odnosno primjeri: planiranja jednonamjenskih i višenamjenskih akumulacija, principi realizacije vodozahvata iz akumulacija, rječnih tokova i podzemlja, te načini distribucije vode do makro i mikroparcela u različitim uslovima i na specifičnim područjima. Data je projekcija nastavka održivog planskog razvoja sistema navodnjavanja uvažavajući strateške odrednice sektora vodoprivrede i poljoprivrede Republike Srpske, kao i sociološke elemente zadržavanja stanovništva u ruralnim područjima, gdje je značajan trend napuštanja tih područja.

**Ključne riječi:** resursni paradoks, održivi razvoj, navodnjavanje, vodna produktivnost, akumulacije

### UVOD

Postojeći obuhvat površina poljoprivrednog zemljišta koje se koristi za poljoprivrednu proizvodnju, prema svjetskim standardima, može se smatrati upozoravajućim, a svako dalje smanjenje značilo bi još veći deficit u proizvodnji hrane. S druge strane, vodni potencijali u blizini poljoprivrednih površina veoma malo se koriste za povećanje poljoprivredne proizvodnje uz upotrebu navodnjavanja, što je slučaj i sa Republikom Srpskom. Poljoprivredne površine Semberije, Srednje Posavine, donjeg toka rijeke Vrbas i Trebišnjice (slika 1) po zemljišnom potencijalu, proizvodnim mogućnostima, veličini i prostornom položaju omogućavaju realizaciju ekonomičnih makro sistema, imaju regionalni značaj, mogu da predstavljaju bazu razvoja poljoprivrede i prehrambene industrije Republike Srpske i njihova bruto površina iznosi oko 158 000 ha.

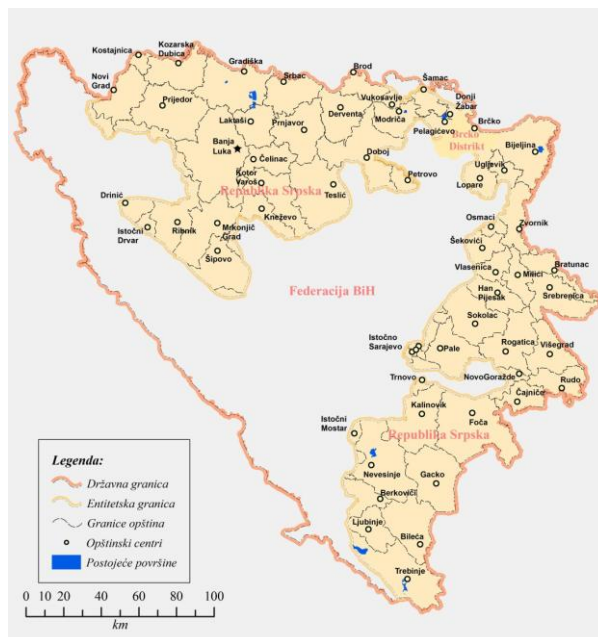


Slika 1. Procentualna zastupljenost poljoprivrednih površina po pojedinim područjima u Republici Srpskoj [1]

Na razvoj navodnjavanja značajno utiču prirodni i položajni uslovi, jer se područje nalazi u tri klimatske zone sa sljedećim, za navodnjavanje bitnim, klimatskim odlikama: • padavine su najmanje upravo u ravničarskim dijelovima RS; • padavine su najmanje u vegetacionom dijelu godine, posebno u julu, avgustu i septembru; • vremenska neravnomjernost padavina, sa mogućim velikim intenzitetima padavina i dugim periodima suše.

#### POSTOJEĆE STANJE NAVODNJAVANJA – PERIOD DO 2010. GODINE

Na teritoriji Republike Srpske, u područjima Hercegovine, Posavine, Semberije i donjeg toka rijeke Vrbas, do 1991. godine izgrađeno je više sistema za navodnjavanje na ukupnoj površini od 7 200 ha. Sistemi su po pravilu bili dobro planirani i dimenzionisani i na njima nije bilo nekih posebnih problema: navodnjavanje su izvodili specijalizovani kadrovi, a opremom je rukovala dobro obučena radna snaga. Na sistemu Nova Topola u Lijevče polju, vršeni su eksperimenti u cilju uvođenja fertilizacije, gdje je i pripremana zamjena mobilne opreme na površinama od oko 1 600 ha. Korištenje sistema i efikasnost su bili optimalni. Do 2010. godine u funkciji je bilo 23% sistema, odnosno 1 700 ha (Bijeljina, N.Topola i Trebinje – Trebinjsko i Popovo polje), koji su radili u otežanim uslovima i sa neekonomičnim učincima (navodnjavanje kanalima u Trebinjskom polju i sl). Ostali dio sistema je bio van funkcije - bez uslova za rad, jer je na nekim područjima oprema otuđena ili potpuno uništena.



Slika 2. Pregledna karta Republike Srpske sa naznačenim postojećim površinama za navodnjavanje – stanje 2007. godine [1]

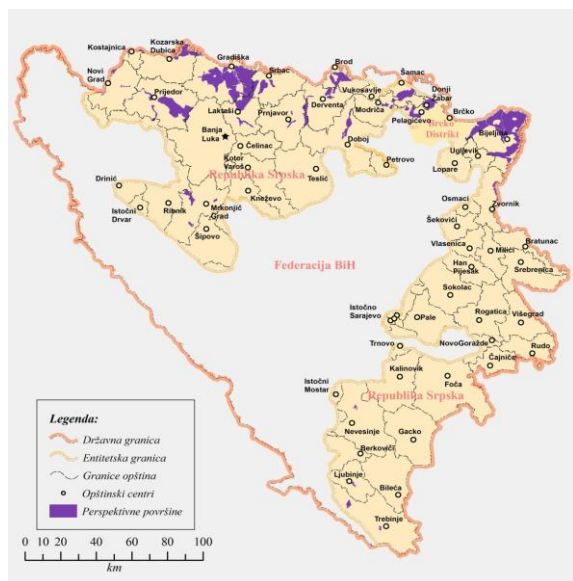
Sa navodnjavanjem samo 1,15% (do 2010. godine) od zemljišta viših bonitetnih klasa pogodnih za navodnjavanje (procijenjenih na 158 000 ha), Republika Srpska se nalazi na dnu svjetske ljestvice u pogledu razvoja sistema za navodnjavanje te je evidentna potreba za planskim i kontinuiranim razvojem u cilju rekonstrukcije postojećih i razvoja navodnjavanja na novim perspektivnim poljoprivrednim površinama.

#### OSNOVE REKONSTRUKCIJE I RAZVOJA NAVODNJAVANJA - PERIOD 2010-2020. GODINA

Značaj normativne i operativne zaštite i korištenja poljoprivrednog zemljišta proističe iz činjenice da se po specifičnim pokazateljima Republika Srpska ubraja u područja Evrope sa siromašnijim zemljišnim potencijalima. To iziskuje potrebu da se zemljište intenzivno koristi primjenom kompleksnih hidromelioracija.

Da bi se prevazišlo vrlo nepovoljno stanje u pogledu zastupljenosti sistema za navodnjavanje i Republika Srpska približila zemljama koje navodnjavaju 10 - 15% obradivih površina, u Studiji [1] su definisani ciljevi i planske osnove razvoja navodnjavanja, kojima se mogu dostići navedeni planovi, a što podrazumijeva:

- revitalizaciju postojećih sistema,
- obnovu manjih i nefunkcionalnih sistema, koji se sada tretiraju kao „van sistemi“, poboljšanjem njihovih performansi funkcionalnim i upravljačkim inkorporiranjem u veće systemske cjeline,
- realizaciju novih sistema, po prioritetima na zemljištima najviših bonitetnih klasa.



Slika 3. Pregledna karta Republike Srpske sa naznačenim perspektivnim površinama za navodnjavanje [1]

Na području Republike Srpske obuhvaćene su najznačajnije poljoprivredne površine koje po svojoj veličini i zemljišnom potencijalu, odnosno proizvodnim mogućnostima, imaju strateški značaj i predstavljaju bazu razvoja poljoprivrede i prehrambene industrije Republike Srpske. Postojećim sistemima obuhvaćeno je 7 262 ha, a za razvoj sistema navodnjavanja predloženo je 72 645 ha novih poljoprivrednih površina boljih bonitetnih klasa (slika 3).

Planovi rekonstrukcije, razvoja i izgradnje sistema za navodnjavanje planirani su uvažavajući pozitivna iskustva iz razvijenih zemalja EU i zemalja okruženja. Izgradnja sistema se obavlja fazno i sistematski zbog potrebe obezbjeđenja značajnih finansijskih sredstava, ali uz preporuke da se u kratkom roku i sa što manje investicija pokrenu sistemi koji će dati pozitivne pomake i koji će biti reprezentativni za nastavak aktivnosti na proširenju i razvoju. Zbog navedenih zahtjeva, otpočelo se sa revitalizacijom postojećih

sistema za navodnjavanje, a nakon toga su razvijani i novi sistemi.

## ANALIZA POTREBA ZA VODOM I BILANSNE ANALIZE

U Sudiji [1] i ostaloj projektnoj dokumentaciji razrađene su bilansne i analize potreba za vodom za perspektivne poljoprivredne površine. U odnosu na analize potreba za vodom koje su rađene kod izgradnje sistema do 1992. godine i koje su imale značajno veće hidromodule, u novoj dokumentaciji koriste se uobičajne metode koje preporučuje FAO i koje daju manje vrijednosti hidromodula navodnjavanja, a time i racionalnije sisteme koje u većoj mjeri koriste sisteme navodnjavanja “kap po kap” i racionalne pritiske u sistemu.

### • Analize potreba za vodom

Proračune potreba za vodom uradio je Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo GF u Beogradu, a u zavisnosti od raspoloživih ulaznih podataka uglavnom su sračunate po uprošćenju jednačini vodnog bilansa:

$$PV = ET_p - Pe \quad (1)$$

Ovakvo su sračunate neto potrebe za vodom ili potrebe na samom polju, dok se bruto potrebe odnose na potrebe na mjestu zahvatanja i uvećavaju se za koeficijent efikasnosti isporuke vode na polje. Za proračun referentne evapotranspiracije korištena je FAO Penman-Monteith metoda, koja je predložena od strane FAO organizacije [21] i postala je standard za proračun  $ET_o$ .

Prema metodi Penman-Monteith, referentna evapotranspiracija  $ET_o$  (u mm/dan) računa se na sljedeći način:

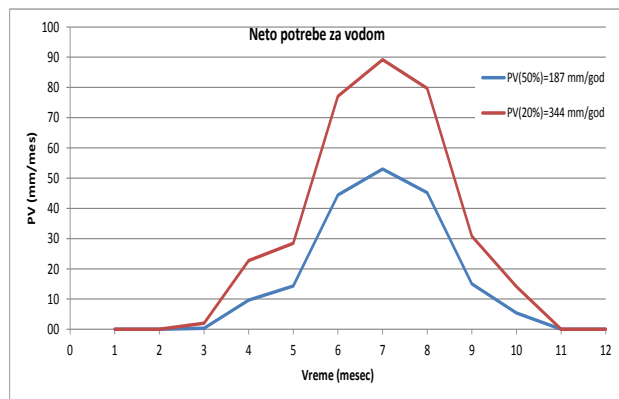
$$ET_o = \frac{\Delta (R_n - G) + \frac{187250}{T + 273} (e_s - e_a) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_s / r_a)} \quad (2)$$

Potencijalna evapotranspiracija se računa kao proizvod referentne evapotranspiracije i koeficijenta kulture ( $K_c$ ):

$$ET_p = K_c ET_o \quad (3)$$

Na slici 4 prikazan je primjer izračunatih potreba za vodom u prosječnoj godini i fiktivnoj sušnoj godini vjerovatnoće pojave 80%, što odgovara povratnom

periodu od 5 godina u projektovanom sistemu u Skelanima [19].



Slika 4. Potrebe za vodom u prosječnoj i fiktivnoj sušnoj godini povratnog perioda 5 godina [19]

Obzirom da se u fazi razrade projektne dokumentacije uglavnom polazilo od raspoloživih podataka klimatskih karakteristika područja, date su preporuke da je neophodno da se za više faze projektovanja ili do izgradnje sistema uspostavi agrometeorološka stanica, koja će biti reprezentativna za posmatrano područje. U skladu sa uobičajenim preporukama, precizira se da se agrometeorološka stanica treba postaviti unutar oglednog polja koje će se navodnjavati, minimalne veličine 100 m x 100 m. Dimenzije stanice moraju biti najmanje 10 m x 10 m, a stanica se postavlja na zatravljenu površinu. Na stanici se moraju mjeriti temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha, padavine, vjetar, osunčanost i isparavanje. Najzad, u cilju dobijanja pouzdanih vrijednosti koeficijenta kulture, kao i podatka o efektivnim padavinama, daje se preporuka da je potrebno predvidjeti ugradnju većeg broja lizimetara na oglednom polju.

#### • Bilansne analize i potrebe za razvojem jednonamjenskih i višenamjenskih akumulacija

Razvoj novih irigacionih sistema zahtijeva i obezbjeđenje dodatnih količina vode dobrog kvaliteta za navodnjavanje. Prilikom analize mogućnosti navodnjavanja zahvatanjem vode iz akumulacija (Institut za hidrotehniku i vodnoekološko inženjerstvo GF u Beogradu), korišteni su prethodno sračunati dnevni dotoci na mjestima budućih brana za dostupne periode u godinama. Zavisno od odnosa između potrebe za vodom u mjerodavnom periodu i potrebne zapremine akumulacije, u simulacionom modelu bira se diskretizacija po vremenu od 1 dan ili više dana.

Matematički model akumulisanja i zahvatanja vode iz akumulacije za potrebe navodnjavanja bazira se na osnovnoj bilansnoj jednačini koja je napisana u diskretizovanom obliku uz nekoliko ograničenja:

$$V_i = V_{i-1} + Q_{di} - Q_{bm} - Q_{pi} \quad (4)$$

$$0 \leq V_i \leq W_k$$

gdje su:

$i$  - oznaka koraka u vremenu (dan)

$V_i$  - zapremina akumulacije ( $10^6 \text{ m}^3$ )

$Q_{di}$  - dotok sa sliva ( $10^6 \text{ m}^3/\text{dan}$ )

$Q_{pi}$  - potrebna voda za navodnjavanje:

$$Q_{pi} = \min(q_s, PV_i/\eta) A \quad (10^6 \text{ m}^3/\text{dan})$$

$PV_i$  - potreba za vodom u  $i$ -tom danu – uzima se srednja mjesečna vrijednost ( $10^6 \text{ m}^3/(\text{ha dan})$ )

$\eta$  - koeficijent efikasnosti distribucije vode na zalivnu površinu (usvojeno 0,9)

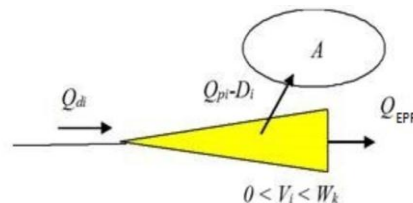
$A$  - površina koja se navodnjava (ha)

$W_k$  - korisna zapremina akumulacije ( $10^6 \text{ m}^3/\text{dan}$ )

Prethodno definisana potrebna količina vode za navodnjavanje  $Q_{pi}$  je zapravo željena vrijednost, koja je jedino ograničena usvojenim hidromodulom sistema ( $q_s$ ). Stvarna isporuka vode za navodnjavanje će zavisiti od raspoložive zapremine vode u  $i$ -tom periodu. U periodima kada ova zapremina nije dovoljna, javiće se deficiti u isporuci vode ( $D_i$ ).

$$D_i = \max(0, Q_{pi} - \max(0, V_{i-1} + Q_{di} - Q_{bm})) + \max(0, PV_i/n - q_s) A \quad (5)$$

U slučajevima kada postoji deficit, očigledno je da će se proračunom u jednačini 4, dobiti da je zapremina  $V_i$  manja od nule, a kada je period u kome ima viška vode, dobija se da je zapremina na kraju  $i$ -tog perioda veća od korisne. U tim slučajevima se primjenjuje ograničenje uz jednačinu 4, koriguje se vrijednost  $V_i$  i nastavlja se sa narednim korakom.



Slika 5. Shematski prikaz matematičkog modela zahvatanja vode iz akumulacije za navodnjavanje [16]

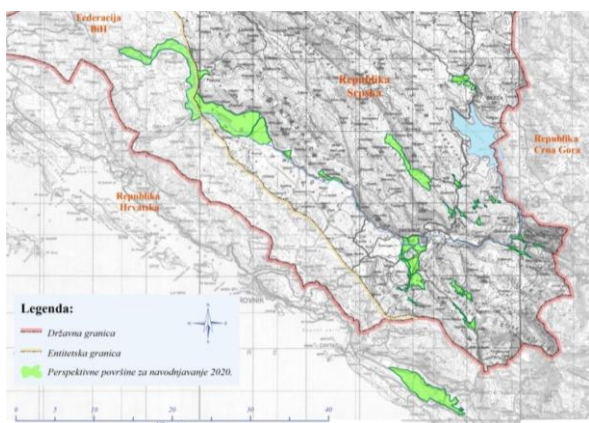
Na kraju proračuna određuje se količinska obezbjeđenost snabdijevanja vodom sistema za

navodnjavanje, koja se definiše kao stepen zadovoljenja potreba za vodom:

$$Ob = 1 - \frac{\sum_i D_i}{\sum_i Q_{pi}} \quad (6)$$

#### • Analiza mogućnosti navodnjavanja iz postojećih višenamjenskih akumulacija

Sprovedenim analizama ustanovljeno je da jedino višenamjenski sistem Trebišnjica i akumulacija Bileća može da osigura dovoljne količine vode za navodnjavanje na perspektivnim površinama u Republici Srpskoj, Federaciji BiH i Hrvatskoj. Na slici 6 prikazane su poljoprivredne površine koje je moguće navodnjavati, dobijene analizom [20]. Ako se za proračune rezervacija u akumulaciji Bileća usvoje realno sagledane perspektivne površine za navodnjavanje na širem području Bileće, Trebinja, Trebinjskog i Popovog polja u Republici Srpskoj i Federaciji BiH (Bosna i Hercegovina) i u Konavlima (Republika Hrvatska) one iznose 8 736 ha.



Slika 6. Prostorni položaj perspektivnih površina za navodnjavanje iz akumulacije Bileća [20]

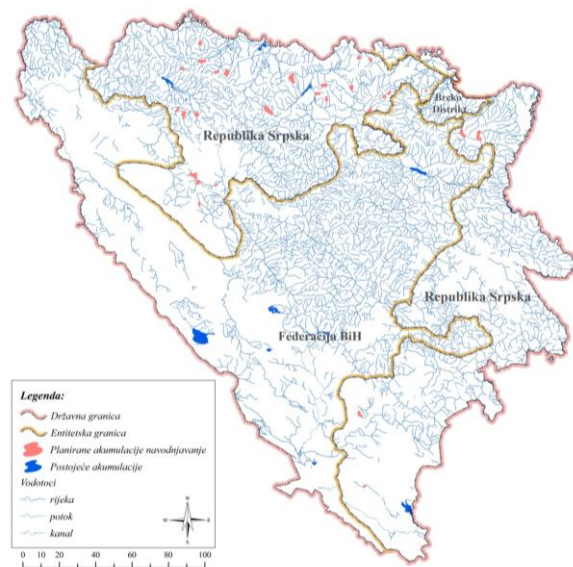
Na drugim slivovima, gdje postoje višenamjenske akumulacije (Vrbas - HE na Vrbasu i Drina – HE Zvornik, HE Bajna Bašta i HE Višegrad) situacija po osnovu korištenja vode za navodnjavanje iz akumulacija je nepovoljnija. Na osnovu sprovedene bilansne analize mogućnosti zahvatanja vode za navodnjavanje na 20 000 ha u Lijeve polju [12], koja je sprovedena za rijeku Vrbas u periodu od 6 godina (2010-2015), može se zaključiti da je zapreminska obezbijedenost 96%, dok je vrijednost vremenske obezbijedenosti oko 90,5%. Redukcija u isporuci vode koja je veća od 30% od zahtijevane količine javlja se relativno rijetko – u razmatranom periodu od 6 godina to se desilo 11 puta,

odnosno 11 dana, što u prosjeku iznosi dva dana godišnje. Na slivu rijeke Bosne je situacija značajno nepovoljnija, jer ne postoje izgrađeni integralni sistemi i višenamjenske akumulacije, te u periodima malovođa nema uslova za oplemenjivanje proticaja. Zbog značajnog opterećenja otpadnom vodom iz naselja i iz industrije, kvalitet vode iz vodotokova Bosne i Spreče je nezadovoljavajući za navodnjavanje, ali postoji mogućnost poboljšanja izgradnjom namjenskih akumulacija na pritokama rijeke Bosne u Republici Srpskoj.

Ključni doprinos višenamjenskih akumulacija ogleda se u povećanju vrijednosti EPP-a i podizanju kvaliteta vode u vodotocima, odnosno voda iz ovih vodotokova se može koristiti za navodnjavanje, jer postoje mogućnosti za poboljšanjem minimalnih proticaja u periodima malovođa. Postoje uslovi za izgradnju jednonamjenskih i višenamjenskih akumulacija na pritokama Vrbasa i Drine u Republici Srpskoj.

#### • Potrebe za izgradnjom jednonamjenskih i višenamjenskih akumulacija

Uvažavajući proračune ekološki prihvatljivih protoka EPP [8 i 9], kapacitete izgrađenih višenamjenskih akumulacija na Trebišnjici, Drini i Vrbasu i iskazane potrebe za razvoj perspektivnih površina za navodnjavanje, bilansnim proračunima dobijene su količine vode koje nedostaju u planskom periodu, kako bi se podmirile potrebe razvoja sistema navodnjavanja u Republici Srpskoj.



Slika 7. Pregledna karta Republike Srpske sa planiranim akumulacijama za potrebe navodnjavanja (ORS Save i Trebišnjice u Republici Srpskoj) [1]

Na godišnjem nivou ta potreba je dobijena bilansnom analizom uz korištenje hidromodula navodnjavanja i specifičnosti vezanih za razmatrana područja u Republici Srpskoj. Ukupna potreba za vodom na godišnjem nivou za razvoj novih irigacionih sistema na površini od 72 650 ha iznosi  $293,990 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$ .

Navedenu količinu vode nije moguće obezbijediti iz vodotoka i podzemlja u ljetnim periodima, kada se registruju minimalni proticaji i sniženi nivoi podzemnih voda. Zbog navedenih ograničenja analizirana je i predložena izgradnja 28 namjenskih akumulacija na vodotocima u Republici Srpskoj, sa bruto zapreminom od  $139,06 \times 10^6 \text{ m}^3$ , koje će obezbijediti 41,80% potreba vode za irigacione sisteme, prema prostornom rasporedu (slika 7).

### OSNOVE HIDRAULIČKIH ANALIZA

Tehnički pristupi i koncepti sprovedenih hidrauličkih analiza, sa posebnim osvrtom na dimenzionisanje tranzitne i razvodne mreže uvažavajući korištene principe, predstavljaju: analize potrošnje, modele distribucije vode, mjerodavne pritiske u sistemima i na priključku.

#### • Analiza potrošnje

Osnovni podatak za analizu potrošnje vode je prethodno sračunat hidromodul sistema, koji predstavlja specifičnu, maksimalnu dnevnu potrošnju u mjerodavnom periodu. Kao mjerodavan period, usvaja se mjesec maksimalne potrošnje u fiktivnoj sušnoj godini povratnog perioda 5 godina.

U slučajevima kada su parcele veoma heterogeno raspoređene na području navodnjavanja, nije korišten metod da se čvorna potrošnja odredi tako što se ukupna površina za navodnjavanje podijeli sa ukupnom dužinom distributivne mreže, a onda opterećenje po cijevima koncentriše u pripadajuće nizvodne čvorove. Za slučaj kada postoji velika neravnomjernost u prostornom rasporedu potrošača, načelno je primjenjivan algoritam:

- za parcele koje su manje od 1 ha, određuje se najbliži čvor primarne distributivne mreže i njemu se u potpunosti pridružuje ova parcela,
- za parcele koje su veće od ove granične vrijednosti traže se 2 ili više najbližih čvorova, a pripadajuća površina svakom čvoru se računa prema inverznom rastojanju težišta površine od izabranih čvorova.

Na ovaj način definišu se priključci ili lokaliteti za priključenje razvodne mreže.

#### • Model distribucije vode

U većini slučajeva kada preovladava usitnjenost posjeda, sa prosječnim parcelama koje su oko 1 ha, koristi se jedini socijalno prihvatljiv vid distribucije vode - slobodna distribucija, gdje je korisnik slobodan da uzima vodu u željeno vrijeme bez obavještanja ili konsultacija sa distributerom i u količini za koju smatra da je potrebna. Odnosno, sam korisnik je donosilac odluke kada i koliko navodnjavati. Ovaj model je karakterističan za površine na kojima se nalazi veliki broj veoma sitnih parcela, koje su najčešće u privatnom vlasništvu ([21] FAO Irrigation and Drainage paper 59, Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems, Rome, 2000).

Definisanje kapaciteta priključka  $Q_p$  vrši se za parcele koje su manje ili jednake od  $A_p = 1$  ha, što znači da će svaki korisnik koji ima parcelu manju ili jednaku 1 ha imati jedan priključak, a za veće parcele broj i/ili kapacitet priključaka će biti srazmjeran veličini parcele.

Prevedeno na specifičan proticaj, kapacitet priključka iznosi  $2 \text{ l / s ha}$ , što je mnogo više od hidromodula sistema. Vjerovatnoća rada jednog ispusta može se definisati stepenom slobode ( $x$ ) u korištenju vode iz sistema, a ovaj parametar se može sračunati na osnovu obrasca:

$$x = Q_p / (q_s A_p) \quad (7)$$

Ovako se za svakog korisnika definiše sloboda korištenja sistema (sa ili bez ograničenja) u pogledu vremena kada mu je voda na raspolaganju. Jedino ograničenje se odnosi na kapacitet priključka, a ono se ostvaruje izborom prečnika priključka.

### PRIORITETI I FAZE RAZVOJA SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

Rangiranje i prioriteta razvoja novih irigacionih površina prema Studiji [1] urađeni su na osnovu višekriterijumskog rangiranja. Smisao navedenog rangiranja ogleda se u tome da se donosiocu odluke suzi prostor odlučivanja i da mu se kvantificirano predoče činjenice koje su relevantne za donošenje odluka. Kriterijumi za višekriterijumsko rangiranje i analizu su: • specifične investicije sistema; • specifične investicije hidrotehničkih melioracija; • obim komasacije na sagledavanom području; • agrotehničke melioracije; • socijalni uticaji - demografski prioritet; • ocjena pogodnosti plasmana proizvoda; • bonitetne klase zemljišta.

Analiza i procjena investicionih vrijednosti sistema za navodnjavanje izvršena je na osnovu upoređivanja sa

sličnim objektima i sistemima koji su tehnički razrađeni na višem nivou, zatim upoređivanjem sa izgrađenim objektima i kompletnim sistemima, te svođenjem njihovih investicionih vrijednosti na aktuelne jedinične i aktuelne vrijednosti objekata i kompletnih sistema. Fazna izgradnja novih irigacionih sistema podijeljena je u više projektnih perioda (I etapu čine 4 desetogodišnja perioda do 2051. godine), a zatim je planirana II etapa nakon 2052. godine. U prvom desetogodišnjem projektnom periodu I etape planirana je izgradnja 8 novih irigacionih sistema, na površini od 10 427 ha (tabela 1).

Tabela 1. Plan razvoja novih sistema za navodnjavanje 2012-2021. godina [1]

Opština	Područje	Površina (ha)
1. Bijeljina	BNZ, BNI, Novo Selo	3 158
2. Pelagićevo	Pelagićevo	274
3. Kozarska Dubica	Dubička ravan	1 000
4. Srbac	Sitneši	491
5. Ljubinje	Ljubinjско polje	400
6. Gradiška	Lijevče polje/Potkozarje	1 253
7. Šamac	Lugovi	2 351
8. Laktaši	Lijevče polje - Laktaši	1 500
<b>UKUPNO:</b>		<b>10 427</b>

U ostalim projektnim periodima realizacija irigacionih sistema bi se sprovodila prema sljedećoj dinamici:

1. Planski period: 2022 - 2031. godine - 10 032 ha
2. Planski period: 2032 - 2041. godine - 10 122 ha
3. Planski period: 2042 - 2051. godine - 10 022 ha
4. Planski period: 2052 - i dalje - 32 042 ha.

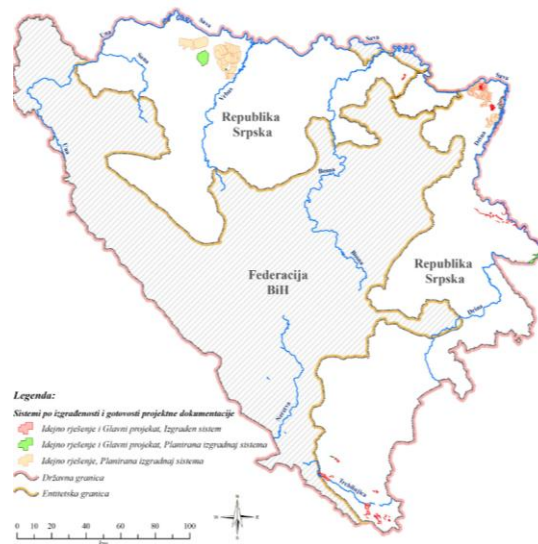
#### DINAMIKA REALIZACIJE 2010-2020. (PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA)

U investicionom ciklusu od 2010-2020. godine koje je sprovelo Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske - Jedinica za koordinaciju poljoprivrednih projekata APCU, izvršene su sljedeće aktivnosti na rekonstrukciji i razvoju sistema navodnjavanja:

- ✓ projektovanje sistema
- ✓ izgradnja sistema.

U desetogodišnjem planskom periodu je izvršena rekonstrukcija postojećih sistema na površini od 1 896 ha ili 26,3% od postojećih sistema i izgradnja novih sistema na površini od 2 962 ha ili 30% od planiranih u tom investicionom ciklusu (slika 8).

U ovom trenutku Republika Srpska raspolaže sa dodatnih 4 858 ha modernih sistema za navodnjavanje, odnosno ukupno oko 6 500 ha.

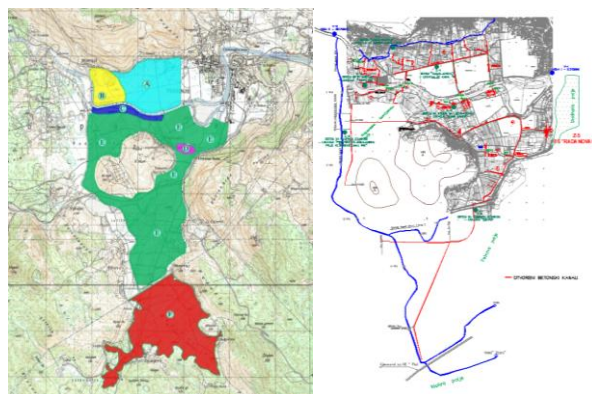


Slika 8. Stanje projektovanja i izgradnje sistema navodnjavanja u Republici Srpskoj – 2020. godina

#### HIDROTEHNIČKE OSNOVE PROJEKTOVANIH I IZGRAĐENIH SISTEMA 2010-2020. GODINA

##### • Rekonstrukcija sistema – Trebinjsko polje – Trebinje

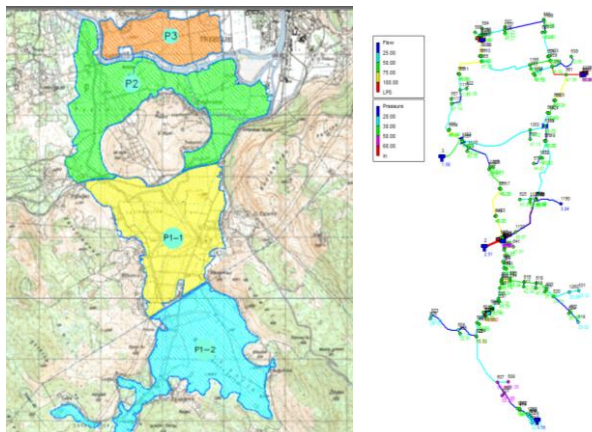
Sistem koji je rekonstruisan bio je sačinjen od 6 podistema (slika 9) sa zahvatima koji su se obavljali dolapima (radnim kolima), dok se distribucija vode obavljala kanalskom mrežom uz značajne gubitke vode.



Slika 9. Zahvati dolapima, podistemi, kanalska mreža i odvodnja autonomnog sistema u Trebinjskom polju [13]

Novim projektom predviđeno je uspostavljanje sistema pod pritiskom sa slobodnom distribucijom vode.

Formirana su 4 podsistema i dva vodozahvata (slika 10) u I fazi: jedan iz derivacionog tunela HE Dubrovnik – PS Petrovo polje i drugi iz Trebišnjice – PS Zasad polje.



Slika 10. Novoformirani podsistemi i hidraulička shema [13]

U konačnoj konfiguraciji sistem bi trebalo da ima još jednu pumpnu stanicu, kako bi se omogućilo neometano funkcionisanje sistema u uslovima remonta HE Dubrovnik. Rekonstrukcijom ovog sistema i izgradnjom sistema na platou Zubci, Trebinje ima 1 950 ha novih sistema za navodnjavanje.

#### • Izgradnja novih sistema – makro sistem Semberija

Područje Semberije predstavlja jedan od najvažnijih poljoprivrednih resursa Republike Srpske.



Slika 11. Kanalska mreža u Semberiji [2]

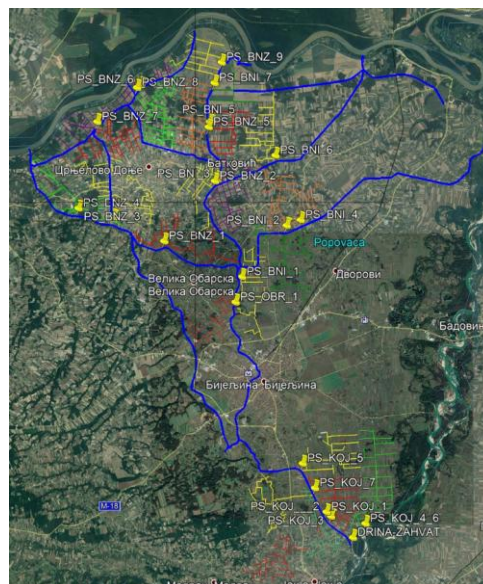
Izvedenim sistemima (kanalskom mrežom sa pumpnim stanicama), obodnim kanalima GOK (Glavni obodni

kanal) i MOK (Majevički obodni kanal) za odvodnjavanje i obodnim kanalom Selište (slika 11) područje Semberije je uglavnom riješilo kako problem unutrašnje odvodnje i zaštite od velikih unutrašnjih voda, tako i stvorilo uslove za navodnjavanje poljoprivrednih površina iz kanalske mreže. Izgradnjom kanala Drina-Glogovac u dužini od 6,4 km i postojećim kanalima Glogovac, Dašnica i GOK, u dužini od 32,2 km tokom 1999. godine izvršeno je prevođenje voda rijeke Drine u rijeku Savu, čime je grad Bijeljina dobio „živi“ vodotok i uslove za višenamjensko korištenje voda.

Prema Idejnom rješenju u Gradu Bijeljini dobijena je bruto površina poljoprivrednog zemljišta pogodnog za navodnjavanje od 10 492 ha, raspodijeljenog u četiri prostorne cjeline:

- Prostorna cjelina 1 – „Bijeljina Istok“, P = 3 129 ha
- Prostorna cjelina 2 - „Bijeljina Zapad“, P = 4 151 ha
- Prostorna cjelina 3 - „Obarska“, P = 307 ha
- Prostorna cjelina 4 - „Kojčinovac“, P = 2 905 ha

Detaljnim terenskim istraživanjima i kabinetskim radom (uzimajući u obzir granice mjesnih zajednica, podatke o ostaloj infrastrukturi, pripadajućim slivnim područjima gravitirajućih vodotoka i kanalske mreže) ukupno projektno područje je podijeljeno u 4 prostorne cjeline i 24 podsistema navodnjavanja iz kanalske mreže u Semberiji, a planirana je izgradnja 23 pumpne stanice sa vodozahvatima iz kanalskog sistema kapaciteta do 4,5 m<sup>3</sup>/s (slika 12).



Slika 12. Podsistemi razvoja irigacionog sistema na teritoriji Semberije – područja Glavnog projekta [17]



Glavnim projektima su obuhvaćena dva podsistema, koja su tokom 2019. i 2020. godine izgrađena. To su podsistemi BNZ-5 u prostornoj cjelini Bijeljina Zapad, površine 510 ha i BNI-5 u prostornoj cjelini Bijeljina Istok, površine 834 ha.

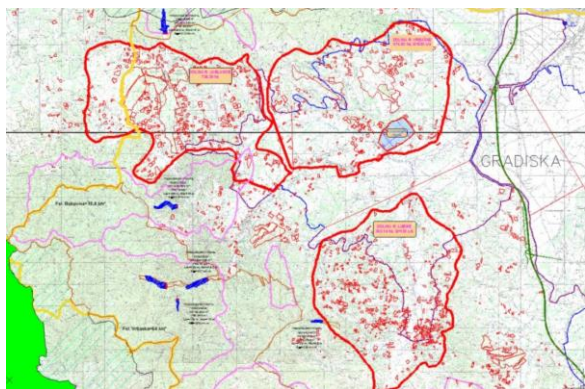
Semberija nakon izgradnje novih i rekonstrukcije sistema u Novom Selu ima ukupno izgrađeno 1 966 ha irigacionih sistema.

• **Izgradnja i planiranje novih sistema – makro sistem sa branama i akumulacijama – Potkozarje**

Područje voćnjaka u „Potkozarju“ locirano je na sjevernim obroncima planine Kozare i proteže se sjeverno prema rijeci Savi, na brežuljkastom terenu sa nadmorskom visinom od 120 do 220 mnm. Prisutna je intenzivna voćarska proizvodnja (uglavnom jabuke i kruške). Na području projekta trenutno se pod zasadima nalazi površina od cca 1 580 ha u dolinama tri vodotoka: Jablanica, Vrbaška i Lubina, koji u periodima malovođa imaju veoma skromne proticaje.

Izdvajaju se tri prostorne cjeline na području projekta (slika 13):

- Prostorna cjelina 1 - dolina rijeke Jablanice, P = 736,20 ha (359 parcela)
- Prostorna cjelina 2 - dolina rijeke Vrbaške, P = 574,90 ha (226 parcela)
- Prostorna cjelina 3 - dolina rijeke Lubine, P = 268,14 ha (425 parcela)

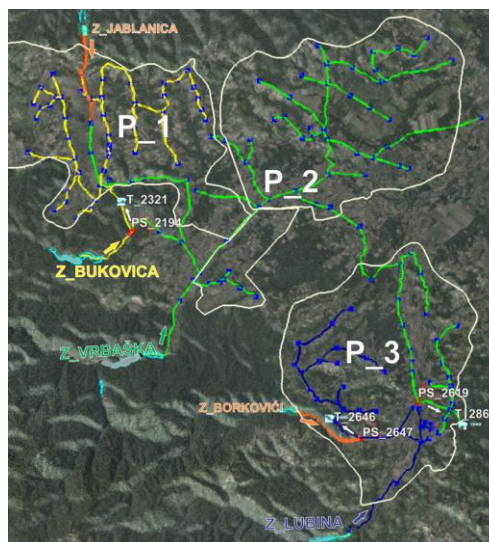


Slika 13. Područje projekta – prostorne cjeline voćnjaka u Potkozarju [16]

Na području projekta u Potkozarju moguće je planirati do 6 000 ha pod irigacionim sistemima u planskom periodu, koristeći fazno planiranje i izgradnju sistema.

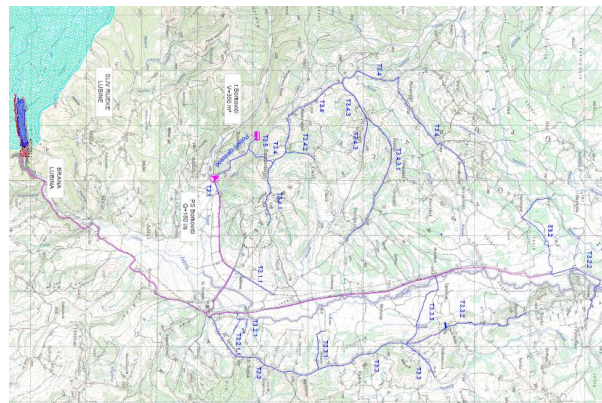
Budući da se radi o strmom području, planirana je izgradnja akumulacija u kaskadama. Brojim istraživanjima i obilascima terena određeno je pet mogućih makrolokaliteta brana i akumulacija [16].

Izvršeni su proračuni zapremina akumulacija i potreba za vodom uvažavajući i iskustvene podatke po biljnim vrstama na tom području. U prvoj fazi planirana je razrada sistema navodnjavanja u prostornoj cjelini P\_3: projektovanje brane i akumulacije na rijeci Lubini, kao i sistema distribucije na 1 080 ha – urađen Glavni projekat.



Slika 14. Područje projekta – prostorna cjelina P\_3 – Lubina [16]

Glavnim projektom razmatran je objekat zahvata i distribucije vode (slika 15). Distribucija će se razvijati fazno: u prvoj fazi planiran je razvoj gravitacionog područja navodnjavanja, a u drugoj fazi razvijaće se područje gdje su potrebna prepumpavanja. Gravitacioni sistem distribucije obuhvata veće područje, odnosno oko 65% površine, dok se ostatak navodnjava prepumpavanjem iz PS do rezervoara na većim kotama.



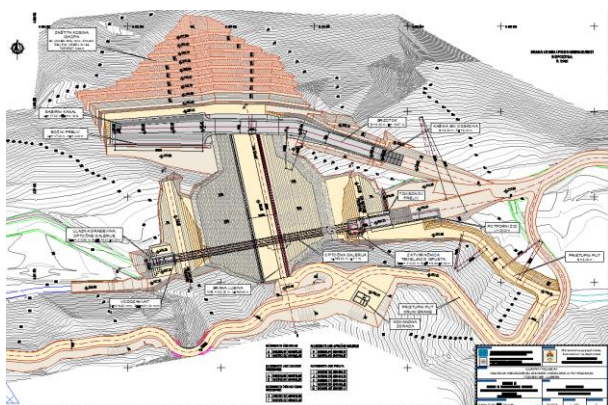
Slika 15. Sistem zahvata iz akumulacije Lubina i distribucija vode [16]

Planiranje pritiverozionih mjera i biotehničkih radova u slivu, sa ciljem umanjena zasipanja akumulacije je neophodno zbog intenziteta erozije i produkcije nanosa. Usvojen je koncept koji podrazumijeva sljedeće planske radove i mjere:

- tehnički radovi: predviđene su bujične pregrade za konsolidaciju bujičnog korita i zadržavanje nanosa,
- biotehnički radovi: izrada dvostrukih pletera za zaustavljanje dalje dubinske erozije u jarugama i povremenim vodotocima.

Glavnim projektom [16] razmatrana je izgradnja brane visine do 15 m, prema zahtjevu Svjetske banke. Projektom je razrađeno i nadvišenje i prelazak u kategoriju visokih brana. Razrađeni su svi bitni elementi brane i akumulacije (slika 16):

- uzvodna i nizvodna predbrana, otpočna galerija,
- nasuta brana sa glinenim jezgrom
- vodozahvat sa kulom, cjevovodi temeljnog ispusta i navodnjavanja
- zatvaračnica sa slapištem, Tompsonov preliv
- slobodni preliv
- komandni objekat, itd.



Slika 16. Dispozicija brane Lubina [16]

Razmatrano je i upravljanje akumulacijom u periodima malovoda i velikih voda. Vodozahvatom je obezbijeđeno ispuštanje EPP-a u iznosu od 50 l/s za zimski i 115 l/s za ljetnji period, distribucija vode za navodnjavanje  $Q_n = 450$  l/s, kao i retenziranje u akumulaciji i evakuacija velikih voda.

#### KLJUČNI POKAZATELJI EKONOMSKIH ANALIZA

Za sve projekte su sprovedene ekonomske analize, odnosno definisana je opravdanost ulaganja. Svrha ekonomske analize je da se utvrdi da li projekat doprinosi pospješivanju proizvodnje ili nameće

nepotrebna opterećenja resursima Republike Srpske. Ekonomska evaluacija projekata sastojala se iz:

- identifikovanja i procjene ekonomskih troškova (C) i koristi (B),
- poređenja ekonomskih troškova i koristi (B/C),
- analize osjetljivosti (EIRR).

Razvojem i investiranjem u projekte navodnjavanja Vlada Republike Srpske – Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede nastoji da se zadovolje rastuće potrebe za hranom. Na taj način se dolazi do boljeg korištenja raspoloživih prirodnih potencijala, povećanja poljoprivredne proizvodnje i drugih multiplikativnih efekata na nacionalnu ekonomiju.

Sprovedenim analizama pokazano je da su ekonomski pokazatelji na svim projektima rekonstrukcije i izgradnje novih sistema značajno iznad prihvatljivih u fazi projektovanja i izgradnje (tabela 2). Poređenjem ključnih parametara, evidentno je da se u voćarstvu mogu očekivati mnogo bolji rezultati, jer se značajno uvećava B, kroz povećanje I klase voćarskih proizvoda (projekat u Potkozarju), ali i ukupna proizvodnja uz navodnjavanje je značajno veća.

Tabela 2. Osnovni ekonomski pokazatelji sistema navodnjavanja (faza projektovanja i izgradnje)

Rb	Projekat	Ekonomski cijena na pragu priključka (EUR/ha)	Parametri ekonomske efikasnosti DS 5%		Analiza osjetljivo sti EIRR (C veći za 20%) (B niži za 20%)
			B/C	EIR R	
Rekonstrukcije sistema					
1.	Bijeljina – Novo Selo	4 400	3,2	24%	19%
2.	Trebinje	7 170	2,95	20%	17%
Izgradnja novih sistema					
1.	Potkozarje	9 500	5,5	31%	26%
2.	Semberija	5 100	5,2	50%	41%
3.	Skelani	5 148	5,05	47,8	21%

Da bi se ostvarili ekonomski pokazatelji (B/C i EIRR) iz faze projektovanja, nakon 2. godine kapacitet korištenja sistema treba da je iznad 50%, a izgrađeni sistemi se moraju koristiti sa 100% projektovanog kapaciteta tokom 5. godine od izgradnje. Već nakon 2 i više godina od izgradnje na nekim sistemima vidljiv je manji procenat korištenja od projektovanog, dok se pojedini sistemi koriste u punom kapacitetu već nakon 2. godine.

Očigledno je da su po osnovu korištenja izgrađenih sistema uvažavajući kategoriju plaćanja ekonomske

cijene vode, potrebne intervencije Vlade Republike Srpske po osnovu organizovanja, upravljanja i održavanja sistemima (JU Vode Srpske – sektor za navodnjavanje), kao i subvencije vezane za ispunjavanje plaćanja vodnih naknada za zahvaćenu vodu dok se ne ostvari odgovarajuća priključenost.

### UVOĐENJE SAVREMENIH TEHNOLOGIJA

Organizacija, upravljanje i održavanje novih sistema za navodnjavanje je važan i ključan uslov održivosti, nakon izgradnje savremenih sistema za navodnjavanje u Republici Srpskoj. U slučaju da sistemi budu prepušteni „sami sebi“, bez organizovane brige i kvalitetnog održavanja, došlo bi se u situaciju da oni vrlo brzo budu van funkcije. Opstanak sistema za navodnjavanje mora se zasnivati na ekonomskom polazištu - ekonomskoj cijeni vode, jer se korištena voda za navodnjavanje mora naplaćivati. Prikupljena sredstva bi se koristila za redovno održavanje i servisiranje pogonskih troškova, amortizaciju sistema i plaćanje zaposlene radne snage.

Prednosti korištenja savremenih informacionih tehnologija u poljoprivredi su nesumnjive, ali je stepen usvajanja i primjene novih tehnologija kod nas još uvijek na veoma niskom nivou. Zbog toga se u što kraćem roku treba obezbijediti uvođenje savremenih naučnih pristupa koje podrazumijeva korištenje „precizne poljoprivrede“ i „preciznog navodnjavanja“.

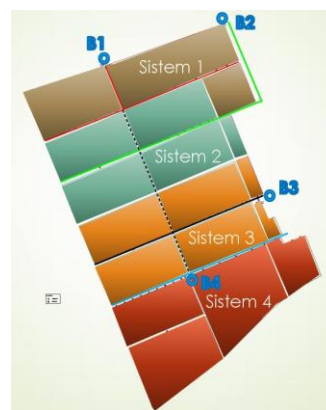
• **Uvođenje savremenih naučnih pristupa** i dostignuća tzv. „precizne poljoprivrede“, kao pristup u poljoprivrednoj proizvodnji i navodnjavanju u svijetu, treba postepeno praktikovati i uvoditi u poljoprivrednu proizvodnju. Termin „precizna poljoprivreda“ podrazumijeva primjenu informacionih tehnologija, GIS-a i GPS-a u upravljanju poljoprivrednom proizvodnjom, a samim tim i navodnjavanjem. To je zasigurno savremeni i moderan sistem prikupljanja i obrade podataka, koji u fazi upravljanja ima potencijal da na najefikasniji način izmijeni tradicionalnu poljoprivredu. Precizna poljoprivreda je proaktivan pristup koji smanjuje rizike u poljoprivredi, povećava produktivnost, smanjuje troškove proizvodnje i istovremeno minimizira uticaj na životnu sredinu. Ona obuhvata primjene geoinformatičkih tehnologija i sredstava u poljoprivredi (primjenu računara, satelitskog lociranja, baza podataka, statistiku i modeliranje poljoprivrednog zemljišta i klime).

Pored efekata koje omogućavaju daljinska detekcija i informacione tehnologije, potrebno je oformiti i „precizno navodnjavanje“. To je sistem koji daje mogućnosti nadziranja razlika u pojedinim biljkama i potrebama za vodom sa ciljem postizanja maksimalne

iskorišćenosti vode, povećanja prinosa i profitabilnosti. Realizuje se kroz četiri koraka: prikupljanje i analiza podataka, kontrola sistema i ocjena sistema.

Dobijeni – izmjereni podaci se sistematizuju i analiziraju u softverskim programima, koji su osnova za odlučivanje, odnosno pokretanje navodnjavanja. Ovi programi posjeduju višedimenzionalne alate za simulaciju rasta usjeva, tumačenje zahtijeva usjeva – potrebe za vodom i simulacije navodnjavanja, što omogućava optimizaciju i automatizaciju procesa navodnjavanja. Pored navedenih mogućnosti, ovi alati omogućavaju i ocjenjivanje preciznog navodnjavanja, što otvara mogućnosti poboljšanja performansi sistema navodnjavanja i povećanje efektivnosti.

Razvoj precizne poljoprivrede treba da obuhvati i razvoj eksperimentalno-edukacionog centra Aleksandrovac (slika 17) na površini od 50 ha, koji će nakon izgradnje biti dat na korištenje Poljoprivrednom fakultetu u Banja Luci, a znanja iz tog centra će se implementirati na teritoriji Republike Srpske. Pored mogućnosti koje omogućava daljinska detekcija i informacione tehnologije, potrebno je na ovom oglednom kompleksu oformiti „precizno navodnjavanje“. To je sistem koji daje mogućnosti nadziranja razlika u pojedinim biljkama i potrebama za vodom sa ciljem postizanja maksimalne iskorišćenosti vode, povećanja prinosa i profitabilnosti proizvodnje.



Slika 17. Eksperimentalni centar Aleksandrovac [23]

• **Razvoj GIS baze podataka** treba da omogući potpuni uvid u projektovane i izgrađene sisteme i njihove karakteristike. Baza je neophodna za korištenje i dogradnju, te je već otpočeo proces formiranja na nivou Ministarstva poljoprivrede. Baza podataka sa pratećim softverskim rješenjima omogućava lak pristup svim informacijama bitnim za razvoj, kontrolu, praćenje rada, kao i stanja u kojem se nalaze irigacioni sistemi u Srpskoj i moguće nadogradnje sistema.

### • Efektivnost sistema za navodnjavanje

Noviji trendovi i tehnička rješenja u zemljama u kojima je razvijen sistem navodnjavanja, baziraju se na efektivnosti i racionalizaciji sistema za navodnjavanje.

Efektivnost sistema za navodnjavanje postiže se ako se sistemi sa tehničkog aspekta racionalno koriste - uvođenje „preciznog navodnjavanja“, ali i ako se projektuje i ugrađuje racionalna i funkcionalna oprema za navodnjavanje. Pri tome se više ne praktikuju mobilne mašine za navodnjavanje koje zahtijevaju visoke radne pritiske (od 5-7 bara), već se koriste mašine kojima je radni pritisak u granicama između 2-4 bara. Na taj način se postižu značajne uštede u pogonskim troškovima i smanjuje se rasipanje vode.

### ZAKLJUČAK

Važno je ukazati na značajne pozitivne promjene koje su se desile u Republici Srpskoj u desetogodišnjem investiciono-razvojnom ciklusu melioracionih sistema. Ključni pokazatelj je da je u ovom razvojnom ciklusu zaustavljen divergentan pristup stagnacije koji je uočen u strateškim dokumentima [2 i 3], a stvorena je osnova da razvoj hidromelioracionih sistema bude još obimniji i efikasniji, uvažavajući iskustva i prakse iz prethodnog razvojnog ciklusa. U proteklom periodu, naročito u poslednjih 5 godina se pokazalo da su tendencije raskoraka i ograničenja razvoja ovih sistema definitivno uklonjene i da se ide u korak sa svjetskom praksom razvoja u proizvodnji hrane. Na završetku razvojnog ciklusa bitno je da se jasno označi pozitivan trend, kao i činjenica da se iz ovog perioda usvoje suštinski zaključci održivog razvoja, strateške važnosti.

Posljedice globalnih klimatskih promjena se već osjećaju, a u budućnosti biće sve izraženiji procesi pogoršanja vodnih režima – od padavina, preko oticaja. U nizu područja to pogoršanje se očituje smanjenjem i prosječnih padavina na nivou godine, dok se svakako pogoršava dinamizam padavina tokom godine, kao i ekstremni hidrološki fenomeni. Povećavaju se padavine velikih intenziteta, posebno u vodnom dijelu godine, a zatim nastupaju sve duži i sve izraženiji periodi sa vrlo malo padavina i sa sve manjim protocima u rijekama u malovodnim dijelovima godine. Zato izgradnja hidromelioracionih sistema postaje imperativ opstanka.

U uslovima ekstremnih padavina i poplava zahtijevaće se sve veća efektivnost drenažnih sistema za održavanje zahtijevanih režima podzemnih i provirnih voda u zaštićenim područjima (polderima), tako da će biti potrebne njihove rekonstrukcije sa povećanjem modula odvodnjavanja. Nasuprot tome, u sve dužim malovodnim

periodima neće moći da se ostvari stabilna poljoprivredna proizvodnja bez sistema za navodnjavanje. Navedena hidrološka situacija u uslovima daljih pogoršanja vodnih režima nameće dva važna zaključka:

- pojačava se važnost i neminovnost realizacije svih planiranih akumulacija sa sezonskim regulisanjem protoka,
- sve melioracione sisteme treba odmah planirati sa najracionalnijim tehnologijama u pogledu utroška vode, jer će to uskoro biti jedan od veoma važnih kriterijuma.

Sve gore navedeno nameće sljedeće strateški važne zahtjeve pri planiranju državne politike u oblasti korištenja prostora:

- prvorazredni državni interes je da se planskom politikom sačuvaju od nenamjenskog korištenja poljoprivredna zemljišta najviših bonitetnih klasa,
- od urbanizacije se moraju sačuvati prostori za izgradnju višenamjenskih akumulacija, naročito vodozahvati navodnjavanja,
- planskim mjerama (antierozioni radovi, uređenje, povećanje efektivnosti postojećih drenažnih sistema, itd.) stvarati najpovoljnije preduslove za razvoj hidromelioracionih sistema,
- investiciono-razvojni ciklus je potrebno nastaviti i u novom desetogodišnjem ciklusu 2021-2030.

Pored navedenih strateških – planskih zahtjeva, iz prethodnog investicionog perioda treba uvažiti i sljedeća iskustva:

- forsirati razvoj navodnjavanja na makropovršinama, ali podržavati i razvoj sistema u ruralnim sredinama – zadržavanje stanovništva,
- podržati razvoj sistema navodnjavanja samo u slučajevima gdje će se izgrađeni sistemi koristiti u potpunosti sa projektovanim kapacitetima,
- koristiti regionalne tehničke koncepte – tehnička rješenja koja su potvrđena i savremene tehnologije preciznog navodnjavanja,
- obezbijediti odgovarajuću administrativnu efikasnost kod dobijanja saglasnosti i dozvola za građenje – formirati efikasne procedure.

U svim planskim dokumentima državnog nivoa značajnosti hidrotehničke melioracije se moraju tretirati na način kako je prikazano u strateškim odrednicama razvoja i kako se ovi sistemi tretiraju u svijetu – kao najvažniji preduslov kojim se obavlja transformacija, funkcionalno i ekonomsko reorganizovanje, uređenje i stabilizacija čitavog agrokomplesa, što je osnov za jačanje privrede i ostvarivanje boljeg ekonomskog razvoja.

## LITERATURA

- [1] Studija održivog razvoja irigacionih površina na području Republike Srpske (2007), Zavod za vodoprivredu d.o.o. Bijeljina
- [2] Strategija integralnog upravljanja vodama Republike Srpske 2015-2024.
- [3] Đorđević, B., Sudar, N. Hrkalo, U. i Knežević, B.: Strategija upravljanja vodama Republike Srpske, Vodoprivreda, 261-263 (2013/1-3), s.3-20
- [4] Zakon o vodama („Službeni glasnik Republike Srpske“, br. 50/06 i 92/09, 121/12 i 74/17),
- [5] Direktiva 2000/60/EU Evropskog parlamenta o procjeni upravljanja poplavnim rizicima,
- [6] Plan upravljanja oblasnim riječnim slivom – distriktom rijeke Save u Republici Srpskoj (2018-2022),
- [7] Đorđević, B. (1990): Vodoprivredni sistemi, Naučna knjiga, Beograd, ISBN 86-23-41056-4
- [8] Đorđević, B., Dašić, T. (2011a): Water storage reservoirs and their role in the development, utilization and protection of catchment, *Spatium – International Review*, 24, pp 9-15
- [9] Đorđević, B., Dašić, T. (2011b): Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brana i rečnih vodozahvata, *Vodoprivreda*, 252-254, str.151-164
- [10] Rehabilitacija i modernizacija sistema za navodnjavanje na području Novog Sela u opštini Bijeljina i Gojkova i Stakića polja u opštini Pelagićevo, (2011), Zavod za vodoprivredu d.o.o. Bijeljina,
- [11] Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske – Jedinica za koordinaciju poljoprivrednih projekata APCU, Studije, Idejna rješenja, Glavni projekti i izvedeni radovi na izgradnji sistema navodnjavanja u Republici Srpskoj : opštine Bratunac, Bijeljina, Laktaši, Gradiška, Pelagićevo, Trebinje, Bileća, Ljubinje (2012-2020. godina)
- [12] Projekat izgradnje sistema navodnjavanja u opštinama Laktaši i Gradiška I i II Faza, Knjiga 3. Hidrološke podloge i analiza potreba za vodom (2016), Zavod za vodoprivredu d.o.o. Bijeljina,
- [13] Razvoj irigacionog sistema u Trebinjskom polju sa vodozahvatom za Zubački plato Idejno rješenje i Glavni projekat (2016), Zavod za vodoprivredu Bijeljina,
- [14] Idejna rješenja i Glavni projekti, izvedeni radovi na izgradnji sistema navodnjavanja u Popovom polju, Zubačkom platou i na području Istočne Hercegovine (2016-2020) Hidroelektrane na Trebišnjici ad.Trebinje, grad Trebinje i opština Bileća,
- [15] Glavni projekat razvoja sistema navodnjavanja u Bratuncu (2016), Urbis Centar d.o.o, Banja Luka Bijeljina&Institut za hidrotehniku Građevinskog Fakulteta, Sarajevo&Ibis d.o.o., Banja Luka,
- [16] Idejno rješenje i Glavni projekat razvoja irigacionog sistema voćnjaka u Potkozarju, opština Gradiška, (2018), Zavod za vodoprivredu Bijeljina&Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo Građevinskog Fakulteta u Beogradu,
- [17] Idejno i Glavni projekat navodnjavanja površina u Semberiji, opština Bijeljina, (2018-2020), Zavod za vodoprivredu Bijeljina&Energoprojekt Hidroinženjering a.d., Beograd,
- [18] Plan upravljanj rizikom od polava za sliv rijeke Vrbas Republike Srpske (2018-2019), Zavod za vodoprivredu Bijeljina&Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo Građevinskog Fakulteta u Beogradu,
- [19] Idejno rješenje i Glavni projekat razvoja navodnjavanja na području naselja Skelani, opština Srebrenica (2019), Zavod za vodoprivredu Bijeljina&Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo Građevinskog Fakulteta u Beogradu,
- [20] Studija ekonomskog uticaja klimatskih promjena na Hidroenergetski sektor u Republici Srpskoj-Višenamjenski hidroenergetski sistem Trebišnjica, (2020), Zavod za vodoprivredu Bijeljina& Energoprojekt-Hidroinženjering a.d. Beograd,
- [21] FAO Irrigation and Drainage paper 59, Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems, Rome, 2000.),
- [22] Dimitrije Avakumović, Miloš Stanić, Određivanje merodavnih proticaja za dimenzionisanje sistema za navodnjavanje, Građevinski kalendar, Beograd 2001.,
- [23] Glavni projekat navodnjavanja Eksperimentalno-Edukacionog Centra Aleksandrovac (2020), HKP d.o.o.&CPK

## HYDRAULIC ENGINEERING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF IRRIGATION SYSTEMS IN THE REPUBLIKA SRPSKA

by

Tamara SUDAR<sup>1)</sup>, Milica TRIFKOVIĆ<sup>1)</sup>, Miloš STANIĆ<sup>1)</sup>, Tina DAŠIĆ<sup>1)</sup>, Nedeljko SUDAR<sup>2)</sup>  
Uroš HRKALOVIĆ<sup>2)</sup>, Dejan HRKALOVIĆ<sup>2)</sup>, Branislav ĐORĐEVIĆ<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering,

<sup>2)</sup> Institute for Water Management, Bijeljina,

<sup>3)</sup> Academy of Engineering Sciences of Serbia

### Summary

Food production should be at the heart of the Republika Srpska's economic development but the available agricultural and water resources are underutilized. A 'resource paradox' is evident in the area of key macro-plots along the Sava River, where large high-grade agricultural plots are located in flood protected areas but annual rainfall is not sufficient for the development of intensive agricultural production. The development of irrigation in these areas, but also in smaller plots in rural areas in the east and south, has been recognized as central to the economic development of the Republika Srpska. The RS Government and the relevant Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management have recognized that the upstream sections of the watercourses in the Federation of B&H do not have integrated water management systems providing irrigation water. They have invested significantly to improve the modest irrigation system, relying on available water resources in the Republika Srpska.

EU practices were used in the process of developing agricultural production by means of irrigation, respecting the principles of water productivity through improvement and rational use of water. Consideration has been given to the gradual introduction of modern scientific approaches and the benefits of precision

agriculture with its streamlined approach in agricultural production and irrigation.

This paper presents the experience of applying hydraulic engineering to the development of irrigation systems during a ten-year period in the Republika Srpska. It presents examples of: planning of single-purpose and multi-purpose reservoirs; principles of water abstraction from reservoirs, rivers and underground, and methods of distributing water to macro and micro-plots in different conditions and specific areas. Consideration has been given to the reservoirs in the Jablanica River basin - sub-basin of the Lubina River (Potkozarje in the municipality of Gradiška), and a general analysis is given of the other necessary reservoirs in Republika Srpska, as well as planned and newly built irrigation systems in the Drina, Sava, Trebišnjica and Vrbas river basins. The paper provides a projection of the continuation of sustainable development of irrigation systems, taking into account the strategic determinants of the water and agricultural sectors in the Republika Srpska, as well as the sociological elements of retaining population in rural areas where there is significant depopulation.

Keywords: resource paradox, sustainable development, irrigation, water productivity, reservoirs

Redigovano 4.11.2020.