

UDK: 626.843

## ENERGETSKI ASPEKTI NAVODNJAVANJA KIŠENJEM

**Rajko Miodragović, Milan Đević, Zoran Mileusnić**

*Poljoprivredni fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** Istraživanjima su obuhvaćena dva različita sistema navodnjavanja kišenjem i to samohodni kišni top i mobilni linearni sistem. Na osnovu proračuna može se zaključiti da ova dva sistema rade sa različitim pritiscima, a samim time i gubitci u cevovodu su različiti. Razlog znatno većim gubitcima (1,7 bar), a time i većoj potrošnji energije (131 kW/ha) kod samohodnog kišnog topa leži u činjenici da se energija vode u ovom slučaju koristi za namotavnje creva odnosno za kretanje prskača. Kod mobilnog linearnog sistema za kretanje se koriste elektro motori, a sem toga ovaj sistem radi sa znatno nižim pritiscima pa je samim time i potrošnja energije manja (45,28 kW/ha).

**Ključne reči:** *energija, samohodni kišni top, mobilni linearni sistem, navodnjavanje.*

### UVOD

Privredna svrha navodnjavanja sastoji se u povećanju obima poljoprivredne proizvodnje na postojećim površinama pri najmanjim proizvodnim troškovima. Pravilno primenjeno navodnjavanje poboljšava prirodne uslove, utiče na prirodnu sredinu, naročito na vodne i zemljišne resurse, poboljšava vodno-fizička i hemijska svojstva zemljišta.

Navodnjavanje zemljišta se može vršiti površinski i podpovršinski (subirigacija). Površinski postupak navodnjavanja zemljišta može biti izveden, tako da se:

- Kvasi cela površina zemljišta (gravitacionim sistemima i sistemima za navodnjavanje orošavanjem ili veštačkom kišom)
- Lokalno kvasi zemljište (pulsiranjem, mini orošavanjem i kapanjem)

U navodnjavanju zemljišta, najčešće se koriste tri tipa tehničkih sistema:

- Gravitacioni sistemi
- Sistemi za navodnjavanje kišenjem
- Sistemi mikroirigacije, poznatiji kao tehnički sistemi navodnjavanja kapanjem

Potreba za racionalnom upotrebom vode dovela je do značajnog usavršavanja metoda i sistema navodnjavanja. U početku su to bile gravitacione metode (potapanjem, brazdama, prelivanjem), nakon toga sistemi za navodnjavanje veštačkom kišom i na kraju kao tehnički najsavršeniji, sistemi mikroirigacije.

Navodnjavanje kapanjem, se kao početna ideja pojavila u Nemačkoj 1860. godine kada su razvijeni određeni tipovi ovih sistema usavršavanjem sistema za podpovršinsko navodnjavanje. Perforirane cevi kao preteča savremenih sistema su 1920. godine našle širu primenu ali pravog napretka nije bilo sve do pronalaženja PE cevovoda za vreme Drugog svetskog rata i kasnije kada je navodnjavanje kapanjem postalo komercijalno i ekonomski izvodljivije.

Vazдушna metoda kišenjem dominira u proizvodnim uslovima naše zemlje. Raznolikost ovih uslova i zahteva gajenih kultura, kao i obilje konstrukcionih rešenja, dovelo je do dominacije nad ostalim sistemima. Najčešće korišćeni mobilni sistemi navodnjavanja kišenjem u našim proizvodnim uslovima su: samohodni kišni top (typhon), linearni sistemi i centar pivot sistem.

## MATERIJAL I METOD RADA

Sistemi za navodnjavanje u najširem smislu reči sastoji se od tri glavna sistema: sistema za pumpanje vode sa pumpnom stanicom, sistema cevi za dovod vode do pumpe i odvod vode pod pritiskom do prskača, sistema za rasprskavanje vode. Jedan od najvećih potrošača energije je kod sistema za navodnjavanje je sistem za pumpanje. Za razumevanje režima rad i karakteristika a samim tim i lakšeg izbora i eksploatacije pumpi za navodnjavanje potrebno je poznavati zakonitosti između osnovnih veličina: napora ( $h$ ), snage ( $p$ ), stepena korisnosti ( $\eta$ ), i protoka ( $Q$ ).

Napor pumpe je pritisak izražen u mVS (10 mVS je 0,980665 bara), a predstavlja zbir podpritisaka na usisnoj strani i nadpritisaka na potisnoj strani pumpe. Karakteristične krive obrtnih pumpi pokazuju grafički odnose između napora, snage, stepena korisnosti i protoka. Ove krive dobijaju se ispitivanjem za svaku pumpu konkretno. Međutim stepen korisnosti opada bez obzira dali se protok povećava ili smanjuje u odnosu na protok za koji je pumpa projektovana. Promena protoka pumpe koja radi sa određenim brojem obrtaja, mogu se postići delimičnim zatvaranjem ili otvaranjem zasuna u odvodnoj cevi (ukoliko ova opcija postoji). U toku rada pumpi može doći do nestabilnosti rada, a jedan od problema koji ometa pravilan rad pumpe je i kavitacija. Pod kavitacijom se podrazumeva isparavanje vode (usled razlike pritiska na grudima i leđnim površinama lopatica) i kasnije kondenzovanje parnih mjehurića. Brzohode pumpe su osetljivije na kavitaciju od sporohodnih. Zbog toga je neophodno obratiti naročitu pažnju da na usisnom vodu ne ulazi vazduh koji pospešuje pojavu kavitacije. Posledica kavitacije se manifestuje kroz šum ili udare u toku rada pumpe, oštećenje ulaznih ivica lopatica, snižavanje stepena korisnosti, opadanje snage pumpe, kao i pojava jakih potresa.

Ukoliko nam je u toku rada sistema za navodnjavanje potreban veći protok pumpe potrebno je izvršiti paralelno vezivanje obrtnih pumpi. Zajednička karakteristika paralelnog vezivanja pumpi je: ukupni protok jednak je zbiru protoka pojedinačnih pumpi, a ukupni napor je jednak naporu koji ima pumpa sa najvećim naporom. Ukoliko su pumpe jednake, veza je moguća. Međutim, dve ili više pumpi različitih karakteristika mogu da se vežu na zajednički cevovod samo kada dobijena radna tačka pokaže da je takva veza moguća. Paralelno se takođe mogu vezati samo pumpe sa stabilnom karakteristikom. Aksijalne pumpe (sem specijalno podešenih) ne vezuju se na zajednički cevovod zbog teškog puštanja u rad.

Redno vezivanje obrtnih pumpi se vrši kada je potrebno ostvariti vrlo velike napore, pri čemu su pumpe konstrisane za jednake protoke. Zajednička karakteristika dobija se sabiranjem napora svih pumpi vezanih na red.

Pogon pumpe može biti različito izveden (elektro, motor SUS, traktor) u zavisnosti od koncepcije sistema za navodnjavanje. Za pravilan izbor pogona pumpe, između ostaloga potrebno je znati i stepen korisnog dejstva motora. U tabeli 1. predstavljeni su teoretski preporučljivi (tolerisani) i prosečni rezultati, u eksploatacionim uslovima rada, stepena korisnog dejstva motora.

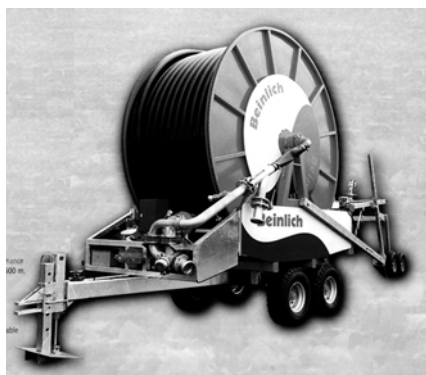
Tab 1. Stepen korisnog dejstva motora

Pogon motora	Teoretski	Preporučljiv	Prosečni rezultati eksploatacionih ispitivanja
Elektro	72-77	65	45-55
Dizel	20-25	18	13-15
Prirodni gas	18-24	15-18	9-13
Benzin	18-23	14-16	9-13

Relativno visok stepen korisnog dejstva elektro-pogona je zbog visokog  $\eta$  elektro motora kod koga nema energetskih gubitaka u prenosniku snage. Nizak stepen korisnosti motora SUS (dizel, benzinski), između ostalog proističe iz same prirode pretvaranja hemiske energije goriva u koristan rad motora. Pumpe koje se pogone preko priključnog vratila traktora imaju nizak stepen korisnog dejstva iz razloga niskog  $\eta$  pogonskog motora traktora (dizel), kao i gubitaka u transmisiji priključnog vratila. Kako su standardni brojevi obrtaja priključnog vratila traktora (540 i 1000 o/min) najčešće niski za rad pumpi to je neophodna multiplikacija broja obrtaja koji poskupljuje pumpni agregat. Bez obzira na ove nedostatke, pogon preko priključnog vratila traktora ostaje kao mogućnost kada se radi o navodnjavanju manjih površina na individualnom sektoru.

Pored energetskih gubitaka na samoj pumpi gubitci se javljaju i u samom sistemu za navodnjavanje. Ovi gubitci zavise od vrste i tipa sistema za navodnjavanje, a izračunavaju se kroz hidraulični proračun. S obzirom da su u našoj poljoprivrednoj proizvodnji najzastupljeniji samohodni kišni top sl. 1. i linearne mašine sl. 3., u ovom radu ćemo dati hidraulične proračune za ova dva tipa mašina.

## REZULTATI I DISKUSIJA



Sl. 1. Samohodni kišni top (izgled i u radu)

Samohodni kišni top, za razliku od drugih sistema radi sa znatno višim pritiscima (pritisak na mašini 6,2 bar) iz razloga što se energija vode preko hidroturbine koristi za namotavanje creva i povlačenje prskača. Dakle pored gubitaka u cevovodu postoje gubici i na hidromotoru. Za računanje energetskih gubitaka upotrebiti ćemo prilagođeni Hazen-Wiliams-ov obrazac koji glasi:

$$H_f = k \cdot \frac{L}{100} \cdot \left( \frac{Q_k}{C} \right)^m \cdot D^{-(2m+n)}$$

gde je:  $H_f$  - gubici na kišnom krilu dužine  $L$  sa brojem prskača koji imaju isto rastojanje i isti protok.

$k$  - konstanta i iznosi  $1,22 \cdot 10^{12}$  po metru

$C = 120$  za aluminijske cevi

$L$  - dužina cevovoda (m)

$Q_k$  - ukupan protok u cevi (l/s)

$D$  - unutrašnji prečnik cevi

$m$  - eksponent brzine  $m = 1,852$

$n$  - eksponent prečnika cevi  $n = 1,167$

Osnovne tehničke karakteristike ispitivanog samohodnog kišnog topa u uslovima navodnjavanja su:

1. Radni pritisak 6,2 bar
2. Pritisak na prskaču 4,5 bar
3. Prečnik creva 90 mm
4. Promer dizne 22 mm
5. Protok 5,37 l/s
6. Domet prskača 32,5, a širina adekvatno zalivene trake 54 m
7. Brzina namotavanja 18,65 m/h

Nakon ovih podataka sledi da je:

$$H_f = 1,22 \cdot 10^{12} \cdot \frac{350}{100} \cdot \left( \frac{5,37}{150} \right)^{1,852} \cdot 81,4^{-4,871}$$

$$H_f = 4,42 \text{ m}$$

$$H_f = 0,43 \text{ bar}$$

Gubici u cevovodu kod samohodnog kišnog topa su 0,43 bar, iz čega sledi da su gubici na turbini 1,27 bar, odnosno ukupni gubici su 1,7 bar.

U toku eksploatacionih ispitivanja sistema ovog tipa (Miodragović i Đević, 2001) ustanovljena je velika potrošnja energije (u odnosu na linearne i centar pivot sisteme) koja se kreće oko 131 kWh/ha. Razlog ovako velikom utrošku energije leži upravo u činjenici da je za rad ovakvih sistema neophodno obezbediti visok pritisak vode koji se pored ostalog koristi i za pokretanje turbine, odnosno namotavanje PE creva. Proizvođači ovih sistema najavljuju da nove konstrukcije hidroturbina kao i menjača omogućavaju rad ovih sistema sa znatno manjim pritiscima, što bi trebalo omogućiti i znatno manji utrošak energije po jedinici površine. Ove podtke bi trebalo proveriti u konkretnim eksploatacionim uslovima ispitivanja. Pored ovog ograničavajućeg faktora,

drugi faktor koji utičena primenu samohodnog kišnog topa je i vrsta biljne proizvodnje. Primena ovog sistema sa prskačem u povrtarskoj proizvodnji predstavlja ograničavajući faktor s obzirom da kapi većeg prečnika predstavljaju uzrok oštećenja mladih i nežnih biljaka. Zbog toga je za povrtarsku proizvodnju neophodna primena kišne rampe (sl. 2) koja će nam omogućiti ravnomerniji raspored vodenog taloga bez oštećenja biljaka.



Sl. 2. Izgled kišne rampe u radu

Hidraulički proračun mobilnog linearnog sistema razlikuje se od od prethodnog proračuna s obzirom da su u jednoj jedinici vezani SUS motor, pumpa i generator električne energije. Primenjeni agregat liniskog uređaja za navodnjavanje je tipa "Sever Valmont" instalisane snage 15 kW sa dizel motorom "TAM", snage 110,4 kW.



Sl. 3. Linearni sistem – pogonska jedinica

Izbor pumpe izvršen je na osnovu dva parametra:

1. Protoka koji iznosi  $Q = 120 \text{ l/s}$
2. Napora pumpe  $H = 35,1 \text{ m}$

Ukupni napor pumpe izračunava se po obrascu:

$$H = 10,2 ( P_m + P_d )$$

Potreban pritisak na manometru mašine iznosi:

$$P_m = P_k + P_{gub} + \frac{H_{geod}}{10,2} + P_r$$

$$P_k = 1,4 \text{ bar}$$

$$P_{gub} = 8.687 \cdot 10^{-7} \cdot L_{mp} \cdot Q_d^{1,85} = 8,687 \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 60^{1,85} = 0,85 \text{ bar}$$

$$P_m = 1,4 + 0,8 + \frac{0,5}{10,2} + 0,35 = 2,65 \text{ bar} - a$$

Potreban pritisak za dizanje vode od nivoa vode u kanalu do manometra iznosi:

$$P_d = \frac{H_u + H_p}{10,2} + P_g$$

$$H_u = 0,76 \text{ m}$$

$$H_p = 4 \text{ m}$$

$$P_g = 45 \cdot 10^{-6} \cdot Q^{1,85} = 45 \cdot 10^{-6} \cdot 120^{1,85} = 0,32 \text{ bar}$$

$$P_d = \frac{0,76 + 4}{10,2} + 0,32 = 0,79 \text{ bar} - a$$

Na osnovu dobijenih rezultata ukupan napor pumpe iznosi:

$$H = 10,2 (2,65 + 0,79) = 35,1 \text{ m}$$

Odabrana pumpa za posmatrani liniski uređaj je:

PUMPA PK 31,5-15 SA PREČNIKOM OBRTNOG KOLA Ø 335 mm.

Snaga motora koji bi trebao da pokreće postavljenu pumpu (snaga agregata) iznosi:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot 0,736}{75 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{120 \cdot 35,1 \cdot 0,736}{75 \cdot 0,7 \cdot 0,6} = 98,4 \text{ kW}$$

Iz prethodnog proračuna se može videti da postoji određena rezerva snage motora koja iznosi 10%.

Utoku eksploatacionih ispitivnja linearnih sistema (Miodragović i Đević, 2001) ustanovljeno je da je srednja vrednost potrošnje energije 45,28 kWh/ha. Ovako nizak nivo potrošnje energije opravdava primenu ovih sistema naročito na velikim površinama. Pored toga i na osnovu ovih sistema može se zaključiti da primena električne energije ima veliku opravdanost, a naročito tamo gde postoji takva mogućnost treba je iskoristiti.

## ZAKLJUČAK

Savremena poljoprivreda je nezamisliva bez sistema za navodnjavanje, međutim pre investiranja u sisteme za navodnjavanje neophodno je uraditi proračun cene koštanja i cene rentabilnosti primene ovih sistema. Pre samog proračuna neophodno je utvrditi dali raspoložemo dovoljnim resursima vode i ukoliko je ova činjenica zadovoljena krenuti na izradu proračuna. Stranu prihoda čine brojne mogućnosti i koristi od navodnjavanja:

- Osiguravanje stabilnog prinosa (razlika prinosa navodnjavanih i nenavodnjavanih biljaka).

- Razlika u kvalitetu i ujednačenost kvaliteta proizvoda kao jednog od glavnih faktora primene sistema za navodnjavanje.

- Fertirigacija (đubrenje sa navodnjavanjem), čijom primenom biljka maksimalno brzo koristi hraniva iz đubriva.

- Zaštita od izmrzavanja u proletnoj cvatnji (u voćarstvu).

- Mogućnost uvođenja više setvi odnosno žetvi.

## LITERATURA

- [1] Amir I. (1991): Moving irrigation systems, Vulcani center ed.
- [2] Avakumović D. (1994): Navodnjavanje. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [3] Belami A., Ofen A. (1986): Irrigation engineering, IESP.
- [4] Benami R. (1986): Irrigation engineering, Technion Haifa.
- [5] Đević M. (1991): Neki aspekti kvaliteta rada kišnih agregata. Zbornik radova "Aktuelni problemi tehnike navodnjavanja i izbor opreme", str. 62-66, Negotin.
- [6] Đević M., Kresović Branka, Miodragović R. (1996): Efekti primene navodnjavanja kišenjem u biljnoj proizvodnji. Internac. symposium DROUGHT and PLANT PRODUCTIONS. Donji Milanovac.
- [7] Đević M., Miodragović R. (1997): The effects of the use of mobile raining irrigation systems in crop production. International conference agriculture, fisheries and agro-industry in the Mediterranean region with special reference to Islands, Valletta, Malta. 20-22 march 1997.
- [8] Miodragović R., Đević M., Mančev S. (1996): Efekti primene mobilnog uređaja za navodnjavanje u biljnoj proizvodnji. Zbornik radova DPT 1996. Beograd-Zemun.
- [9] Miodragović R. (2001): Tehnološko-tehnički parametri mobilnih sistema za navodnjavanje kišenjem, magistarska teza, Beograd-Zemun.

Rezultati istraživačkog rada nastali su zahvaljujući finansiranju Ministarstva za nauku, Republike Srbije, Projekat "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencionog broja TR-20076, od 25.06.2008.

## ENERGY ASPECTS OF SPRINCLER IRRIGATION

**Rajko Miodragović, Milan Đević, Zoran Mileusnić**

*Faculty of Agriculture - Belgrade*

**Abstract:** This research has included two different raining irrigation systems, both rain gun and mobile linear system. According to the calculations, can be concluded that those two systems work with different pressures, which causes different losses in the pipe line. Reason for significantly higher losses (1,7 bar) and consequently higher energy consumption (131 kW/ha) at self propelled rain gun is that water energy in this case is used for rolling the hose and movement of the sprinkler. At mobile linear system, the movement is propelled by electro motors and, at the same time, this system works with significantly lower pressures, which means lower energy consumption, as well (45,28 kW/ha).

**Key words:** *energy, self propelled rain gun, mobile linear system, irrigation.*