

Kantoci, D.<sup>1</sup>

pregledni rad

## Navodnjavanje

### Sažetak

Navodnjavanje je melioracijska mjera kojom se dopunjuju prirodne oborine kada u toku vegetacije nema dovoljno vode u tlu za normalan rast i razvoj uzgajanih kultura. U suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji ta je mjera vrlo važna, posebno na uređenim površinama s reguliranom odvodnjom. Pri njezinoj pravilnoj primjeni moguće je ostvariti napredniji uzgoj sa sigurnim visokim i kvalitetnim prinosima. Iako je navodnjavanje staro kao i ljudska civilizacija, ono ipak predstavlja suvremenu mjeru koja omogućuje najintenzivniji način iskorištavanja poljoprivrednih površina.

**Ključne riječi:** navodnjavanje, navodnjavanje brazdama, kišenje, subirigacija, navodnjavanje kapanjem, obrok navodnjavanja

### Sadašnja primjena i potreba za navodnjavanjem

Prema podacima iz 2003. godine u Hrvatskoj se od ukupno 1.077.404 ha poljoprivrednog zemljišta navodnjava samo 0,86%. Najviše se navodnjava u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, zatim u Splitsko-dalmatinskoj, a najmanje se navodnjava u Ličko-senjskoj.

Prema tim podacima Hrvatska je na samom dnu ljestvice zemalja koje intenzivno navodnjavaju svoje poljoprivredno zemljište. Čak i Albanija navodnjava više površina od nas.

Sjetimo se samo prošle godine koja je bila iznimno sušna. Mnogi poljoprivrednici imali su znatno manje prinose, a time i znatno manje prihode. Da su kojim slučajem imali sistem za navodnjavanje, štete od suše uopće ne bi bilo, imali bi visoke prihode. Naime, računa se da se uz navodnjavanje prinosi povećavaju čak do 70%. Taj podatak dovoljno govori koliko je navodnjavanje korisno i potrebno u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Prosječan trošak navodnjavanja iznosi oko 67.000,00 kn, što svakako nije malo i predstavlja problem mnogim poljoprivrednicima. No, ta je investicija dugoročno sigurno isplativa jer i u vrlo sušnim godinama prinosi ostaju veliki, kvaliteta proizvoda visoka, a to sve rezultira visokim prihodima.

### Izbor načina navodnjavanja

U prošlosti se kod nas uglavnom primjenjivao površinski način navodnjavanja (brazde i prelijevanje). Nakon Drugog svjetskog rata površinsko navodnjavanje sve više zamjenjuje navodnjavanje kišenjem pa je danas kod nas taj način navodnjavanja najrašireniji. Navodnjavanje infiltracijom iz otvorenih kanala i subirigacija malo se primjenjuje, a pogodni su za specifične uvjete.

U zadnje vrijeme u svijetu, posebno zbog uštede vode, širi se primjena navodnjavanja kapanjem pa je i za naše uvjete (osobito za drvenaste kulture i zatvoreni prostor) zanimljivo.

Način navodnjavanja treba izabrati na temelju klimatskih i pedoloških prilika, vrste uzgajane kulture, veličine i oblika proizvodne površine, položaja izvora vode, količine i kvalitete vode u izvoru te ciljeva biljne proizvodnje.

### Navodnjavanje brazdama

To je najstariji način navodnjavanja. Sustav navodnjavanja brazdama sastoji se od odvodnog i razdjelnih kanala, razdjelnih brazda za natapanje i prenosivih ustavica (provizornih brana). Razdjelne brazde mogu se zamijeniti plastičnim, gumenim ili metalnim cijevima pomoću kojih se voda prebacuje iz brazda za natapanje. Sustav se može poboljšati upotrebom prenosivog cjevovoda. Tada se dovodni i razdjelni kanali te razdjelne brazde zamjenjuju cijevima. Cijevi su od lakog materijala zbog lakšeg prenošenja. Promjer cijevi obično iznosi 15 cm. Cijevi koje zamjenjuju razdjelne kanale i brazde imaju otvore koji se mogu zatvoriti, što omogućuje izbor brazda u koje se dodaje voda. Prenosivim cijevima osigurava se bolja raspodjela i kontrola dodavanja vode, smanjuju se gubici vode zbog filtracije, pa se mogu smanjiti i obroci navodnjavanja. Omogućuje se navodnjavanje i na neravnim terenima, povećava se obradiva površina jer nisu potrebni stalni kanali 70i razdjelne brazde te se poboljšavaju radni uvjeti. Na tlu je tada potrebno samo načiniti brazde za natapanje, a sva se razdjelna mreža kanala i brazda zamjenjuje cijevima. Razmak brazda ovisi o svojstvima tla i uzgajanoj kulturi. Lakša tla upijaju vodu bočno iz brazda do udaljenosti od 40 cm od brazde, srednje teška tla do 60 cm, a teška do udaljenosti od 100 cm. Zbog toga su za uzgoj ratarskih i vrtlarskih kultura brazde za natapanje na razmaku od 50 do 200 cm, a za drvenaste kulture i do 500 cm. Poželjno je da zemljište navodnjavano brazdama bude ravno s ravnomjernim padom (najpovoljniji pad je 2-4%). Dužina brazda ovisi o svojstvima tla i padu terena, a može iznositi 20 do 500 m, a dubina brazde je 15 - 25 cm.

Punjenje brazda vodom također ovisi o svojstvima tla i pada terena. Na lakšem tlu, da se smanji ocjeđivanje vode kroz dno brazde, intenzitet ulijevanja vode u brazdu iznosi 0,5 - 1,0 l/s, a na težim tlima taj je intenzitet 0,1 - 0,5 l/s jer je potrebno tlo duže vlažiti.

Obrok navodnjavanja ovisi o fizikalnim svojstvima tla, uzgajanoj kulturi i trenutnoj

<sup>1</sup> dipl.ing.agr. Darko Kantoci

vlažnosti tla. Za većinu poljoprivrednih kultura iznosi 30 do 60 mm. Pri navodnjavanju brazdama samo je dno površine tla u neposrednom dodiru s vodom, dok na ostalom dijelu vladaju normalni zračni uvjeti. Nakon prosušivanja tla procesi nitrifikacije obnavljaju se i u području brazda, gdje su bili privremeno spriječeni zbog nedostatka zraka.

Navodnjavanjem brazdama narušava se struktura tla i stvaraju se uvjeti za formiranje pokorice.

### Kišenje

Kod navodnjavanja kišenjem voda se raspodjeljuje po površini tla u obliku kapljica kao umjetna kiša pomoću rasprskivača. Mnoge su prednosti navodnjavanja kišenjem: moguća je primjena u različitim topografskim uvjetima, nepotrebni su ili su potrebni vrlo mali pripremni radovi na zemljištu, ne smanjuju se obradive površine, moguće je precizno dozirati vodu za navodnjavanje, minimalno se pogoršavaju fizikalna svojstva tla, mogu se navodnjavati sve vrste tla i u svim fazama razvoja biljaka uz istovremeno dodavanje fertilizatora, može se primijeniti i kad je visoka razina podzemne vode. Nedostaci su visoka cijena uređaja, visoki pogonski troškovi, neravnomjerna raspodjela vode pri jakom vjetru, zrak nad tlom postaje vlažniji što pogoduje razvoju biljnih bolesti, relativno su veliki gubici vode zbog ishlapljivanja, teško je prenositi cijevi kad su visoki usjevi. Danas postoje različiti tehnički sistemi kišenja: klasični (prenosivi, polustabilni i stabilni), samohodni i razni tipovi hidromatika. Ti sistemi pružaju mogućnost dobrog rješenja za specifične potrebe u praksi.

U klasičnom prenosivom sistemu svi se dijelovi mogu prenositi pa se mogu navodnjavati veće površine, ali se gaze nasadi i gubi vrijeme.

U polustabilnom sistemu glavni je cjevovod najčešće ukopan, na površini se nalaze hidranti na koje se spajaju cijevi za priključak rasprskivača. Takav se sistem smatra ekonomičnijim od prenosivog i stabilnog sistema.

U stabilnom su sistemu svi dijelovi stabilni, a rasprskivači se priključuju na cijevnu mrežu koja je najčešće ukopana. Tada je potrebno najmanje radnog vremena, ali su troškovi gradnje visoki.

Rasprskivači se razlikuju prema radnom tlaku, dometu, količini vode, površini koju navodnjavaju, intenzivnosti kišenja i broju mlaznica. Ravnomjernost kišenja jedno je od važnih svojstava rasprskivača. Idealan raspored kvira djelovanje vjetra, ali i nejednolika brzina vrtnje rasprskivača. Da bi se postigao što jednoličniji raspored kišenja, rasprskivači se moraju prikladno razmjestiti po površini. Najčešće se razmještaju u vrhove istostraničnih trokuta ili u vrhove kvadrata. U trokutnom rasporedu rasprskivača njihove udaljenosti iznose  $d = 1,73 r$  i  $l = 1,5 r$ , gdje je  $r$  domet rasprskivača. U kvadratnom rasporedu razmaci su u oba smjera jednaki i iznose  $d = 1,41 r$ . Površina koja pripada jednom rasprskivaču uz

trokutni raspored iznosi  $2,6 r^2$ , a uz kvadratni raspored  $2 r^2$ .

### Intenzitet kišenja

Trajanje kišenja (min) jednako je omjeru obroka kišenja (mm) i intenzivnosti kišenja (mm/min). Intenzivnost kišenja (mm/min), određena je izrazom

$i = nq/A$  gdje je  $n$  koeficijent iskorištenja vode (dio vode koji padne na tlo prilikom kišenja, najčešće 0,90 - 0,95),  $q$  količina vode koju izbacuje rasprskivač (l/min), a  $A$  površina kišenja ( $m^2$ ).

Intenzitet kišenja treba prilagoditi upijanju vode (infiltracija tla). Intenzitet kišenja mora biti manji od početne infiltracije tla. Ona se, naime, postupno smanjuje kišenjem. Ako je intenzitet kišenja veći od infiltracije, voda se sakuplja na površini pa se narušava struktura tla, što može štetno djelovati i na tlo i na biljke.

Intenzitet kišenja može se regulirati prilagođavanjem mlaznica ili izborom rasprskivača, a infiltracijska sposobnost tla agrotehničkim zahvatima (gnojdba, obrada, plodored).

### Subirigacija

Provodi se dovođenjem vode kroz tlo. Cijevi se postavljaju na dubini 0,5 - 1,5 m. Voda u tlo ulazi kroz rupice ili pore, već prema vrsti cijevi, a u njemu se širi kroz kapilare na sve strane. Što je tlo vlažnije, prima manje vode iz cijevi, a kad je zasićeno vodom, otvara se ventil na kraju cijevi pa se voda odvodi u odvodni kolektor.

Promjer cijevi iznosi 5 - 12 cm, a razmak ovisi o vrsti tla i iznosi 1,5 - 5 m. Dužina cijevi može iznositi i do 200 m. Smatralo se da će se navodnjavanje subirigacijom naglo proširiti. Usprkos prednosti takvog navodnjavanja to se nije dogodilo zbog toga što su potrebna velika ulaganja.

### Navodnjavanje kapanjem

Voda se iz cijevi kap po kap dodaje tlu, i to neposredno uz biljku. Navodnjavanje kapanjem može se primijeniti na svim tlima, poljima i u staklenicima. Zemljište nije potrebno ni ravnati ni posebno pripremati, a ne narušava se ni struktura tla. Vodu je moguće vrlo precizno dozirati pa je velika ušteda vode uz stalno održavanje optimalne vlažnosti. Može se primijeniti za navodnjavanje kultura koje se siju ili sade u redovima. Voda se mora filtrirati kako bi se spriječilo začepljenje rupica na cijevima kroz koje kaplje voda. Voda je pod niskim tlakom (0,035 - 0,200 MPa). Glavne dovodne cijevi imaju promjer 2,5 - 5,0 cm, a cijevi s rupicama promjer 1 - 2 cm. Razmak cijevi s rupicama ovisi o razmaku biljaka i iznosi 40 - 100 cm, dok je razmak rupica (kapaljki) 40 - 60 cm. Promjer kapaljke je 1 mm. Iz jedne kapaljke padne na tlo 2 - 4 l/h, a ima i takvih iz kojih se tlu dovodi i do 8 l/h.

Takvim navodnjavanjem postižu se veći prinosi. Uz visoke investicije, nedostatak je navodnjavanja kapanjem što je potrebno filtrirati vodu i što se kapaljke začepe.

### Doziranje vode pri navodnjavanju

Pravilno doziranje vode vrlo je važno u praksi navodnjavanja. Unutar doziranja vode osnovna su dva elementa: količina vode koja se dodaje pri svakom navodnjavanju ili obrok navodnjavanja i trenutak kada treba početi navodnjavanje.

### Obrok navodnjavanja

To je količina vode ( $m^3/ha$  ili  $mm$ ) koja se dodaje jednokratnim navodnjavanjem, a predstavlja dio deficita vode u vegetacijskom razdoblju ili dio norme navodnjavanja. Obrok navodnjavanja ovisi o dubini tla koje se želi navlažiti, vrsti tla i vlazi u tlu prije navodnjavanja. Dubina tla koju treba navlažiti ovisi o dubini korijenja, odnosno o vrsti kulture i fazi razvoja biljke. Nije, međutim, potrebno navlažiti tlo do dubine do koje dopire korijenje, već samo aktivni sloj tla u kojem se nalazi glavna masa korijenja.

Obrokom navodnjavanja treba navlažiti tlo do poljskog vodnog kapaciteta. To znači da obrok navodnjavanja ovisi o vrsti tla. Za lakša, pjeskovita tla, potreban je manji obrok navodnjavanja nego za teža (glinovita) tla. Međutim, pjeskovita tla treba češće navodnjavati nego glinovita jer biljkama trebaju jednake količine vode, bez obzira na tlo na kojem se uzgajaju. Budući da tlo treba zasititi do poljskog vodnog kapaciteta, za određivanje obroka navodnjavanja treba poznavati vlažnost tla prije navodnjavanja. Obrok navodnjavanja ( $m^2/ha$ ) može se odrediti pomoću izraza

$$N_o = 100 \cdot q_t \cdot h \cdot (P_k - T_v)$$

gdje je  $q_t$  gustoća tla ( $t/m^3$ ),  $h$  (m) dubina vlaženja,  $P_k$  (vol %) poljski vodni kapacitet, a  $T_v$  (vol %) sadržaj vode u tlu prije navodnjavanja. Navedeni izraz vrijedi za homogeno tlo. Ako je tlo heterogeno, obrok navodnjavanja izračunava se pomoću prosječnih vrijednosti  $q_t$ ,  $P_k$  i  $T_v$ .

### Početak navodnjavanja

Točno određivanje dodavanja obroka navodnjavanja jedan je od uvjeta za uspješno i racionalno navodnjavanje. Ako se trenutak početka navodnjavanja određuje odoka, navodnjavanje je najčešće neracionalno, a može biti i štetno. Ako se navodnjava češće nego je potrebno, troši se previše vode, narušavaju se prirodna svojstva tla, ispiru se hranjive tvari, a tlo se može zasoliti zbog podizanja razine podzemnih voda. Ako se navodnjava rjeđe nego što je potrebno, ne mogu se ostvariti visoki i kvalitetni prinosi pa je navodnjavanje nerentabilno.

Trenutak početka navodnjavanja određuje se najčešće mjerenjem vlažnosti tla. U praksi se primjenjuju i zastarjele metode koje se osnivaju na promatranju morfoloških promjena biljke, na procjenama vlažnosti tla (vizualne procjene i procjene opipom). Pokušavaju se pronaći povoljniji postupci za utvrđivanje početka navodnjavanja (kritična faza

razvoja biljke, fiziološke promjene biljke, obračun dnevne evaporacije).

### Mjerenje vlažnosti tla

Osnova je za racionalno navodnjavanje. Vlažnost tla mjeri se u prvom redu na dubini na kojoj se nalazi najaktivniji dio korijenja. Točnije stanje vlažnosti tla dobiva se ako se mjeri područje glavne mase korijenja, i to na svakih 10 cm dubine. Na temelju tih mjerenja određuje se početak i obrok navodnjavanja.

Vlažnost se najjednostavnije i najbrže mjeri na polju. Postoje instrumenti za neposredno i posredno mjerenje vlažnosti. Za neposredno mjerenje služe tenziometri, dok se posredno mjerenje osniva na mjerenju električnog otpora tla.

Tenziometrima se mjeri napetost u kapilarnom prostoru tla. Sastoje se od staklene ili metalne cijevi koja na dnu ima poroznu čašicu od keramike. Prilikom postavljanja tenziometra u tlo, porozna čašica mora biti u neposrednom kontaktu s tlom. Kad se cijev postavi u tlo, ona se napuni vodom i na vrhu se hermetički zatvori. Kad se tlo suši, u njemu se napetost povećava, pa voda iz tla prodire u čašicu. Obrnuto je kad se povećava vlažnost tla, tada voda iz čašice prodire u tlo. Zbog toga raste, odnosno smanjuje se tlak u cijevi koji se regulira kao razlika razina žive u cijevi oblika slova U ili kao položaj kazaljke vakuumometra. Tenziometrima se može mjeriti tlak od 0-0,09 MPa.

Električni otpor tla ovisi o njegovoj vlažnosti. Ta se ovisnost iskorištava za mjerenje vlažnosti tla. Blok od gipsa (najčešće 42 x 16,5 x 31,5 cm) postavlja se u tlo koje se nabije oko njega da se uspostavi što bolji kontakt između bloka i tla. U blok su ugrađene mrežaste elektrode kroz koje se dovodi struja iz izvora istosmjerne struje. Ukopani blok preuzima vlagu iz tla ako je vlažnost tla veća od vlažnosti bloka, odnosno blok predaje vlagu tlu ako je vlažnost bloka veća. Struja koja protječe kroz blok mjeri se ampermetrom te se preračuna u postotak vlažnosti tla.

### Voda za navodnjavanje

Svaka voda u prirodi ima više ili manje otopljenih soli i suspendiranih čestica koje mogu nepovoljno utjecati na tlo i biljke, pa i na uređaje za navodnjavanje. Osim toga, temperatura vode može utjecati na djelotvornost navodnjavanja.

### Kemijska svojstva vode

Koncentracija soli, odnosno iona u vodi, određuje se analizom u laboratoriju. Na temelju tih analiza može se odrediti kvaliteta vode pomoću nekoliko klasifikacija. Prema američkoj klasifikaciji razlikuju se vode prema koncentraciji soli (prema opasnosti od zasoljavanja) i prema koeficijentu adsorpcije natrija (opasnost od alkalizacije). Prema koncentraciji soli razlikuju se četiri klase voda. Klasa C 1 može se koristiti za navodnjavanje većine tala i za većinu poljoprivrednih kultura uz vrlo malu opasnost od zasoljavanja. Klasa C 2 može se koristiti za navodnjavanje relativno propusnih tala i prema solima srednje tole-

rantnih biljaka, a nisu potrebni zahvati za sprečavanje zasoljavanja, osobito ako postoje dobri uvjeti za ispiranje tla. Klasa C 3 ne može se koristiti za navodnjavanje tla koje nije drenirano, potrebni su posebni zahvati za sprečavanje zasoljavanja, a mogu se uzgajati biljke koje podnose veću koncentraciju soli u vodi. Klasa C 4 nije pogodna za navodnjavanje ako tlo nije propusno za vodu, ako ne postoji podzemna drenaža, ako se ne navodnjava s većim obrocima radi ispiranja soli iz tla, te ako se ne uzgajaju biljke koje podnose visoku koncentraciju soli u vodi.

Prema koeficijentu adsorpcije natrija također se razlikuju četiri klase voda. Klasa S 1 može se koristiti za natapanje gotovo svih tala, takva voda može oštetiti samo kulture koje su vrlo osjetljive prema natriju (npr. košunjavo voće akumulira natrij koji oštećuje lišće). Klasa S 2 alkalizira teška tla, a to se može spriječiti dodavanjem gipsa u tlo. Klasa S 3 alkalizira mnoge vrste tla, pa kad se navodnjava takvom vodom, potrebna je istodobna odvodnja, uz održavanje dobrih fizikalnih svojstava tla. Klasa S 4 može se koristiti za navodnjavanje samo karbonatnih tala s malim udjelom soli.

U našim uvjetima, posebno u uvjetima Slavonije i Baranje, može se koristiti klasifikacija po Neugebaueru. Ta se klasifikacija temelji na količini soli u vodi i na omjeru koncentracije Ca i Mg u odnosu na Na i K, a te pokazatelje utvrđuju određeni laboratoriji.

I bor se može naći u vodi za navodnjavanje. Na većinu biljaka veća koncentracija bora od 1 - 2 g/m<sup>3</sup> djeluje toksično pa se i o tome treba voditi računa pri određivanju kemijskih svojstava vode.

### Fizikalna svojstva vode

Najveće značenje ima temperatura vode i udjel krutih čestica. Niska temperatura negativno djeluje na razvoj biljaka, na mikrobiološke procese u tlu i na prehranu biljaka. Minimalna temperatura vode za navodnjavanje iznosi 19°C, a maksimalna 34°C. Optimalna temperatura je 29 - 30°C. Utjecaj krutih čestica ovisi o njihovoj vrsti i količini. Nepoželjne su čestice od 0,10 - 0,15 mm jer se lako talože u uređajima za dovod i raspodjelu vode.

### Irrigation

#### Summary

*Irrigation is amelioration measure which supplements natural precipitation when there is no enough water in the soil during vegetation for the normal growth and development of cultivated cultures. This measure is very important in modern agricultural production, especially on agricultural areas with regulated drainage. When used correctly, it is possible to achieve a more advanced cultivation with high and quality yields. Even though irrigation is as old as human civilization, it still represents a modern measure which enables the most intensive way of using agricultural areas.*

**Keywords:** irrigation, furrow irrigation, raining, subirrigation, drip irrigation, irrigation schedule



RASADNIK  
DARKO

MAŽURANIĆEVA 17  
ROVINJ - ROVIGNO

T 052 811 172  
M 098 664 372

[www.rasadnik-darko.hr](http://www.rasadnik-darko.hr)

