

# Sustavi kod lokaliziranog navodnjavanja

---

**Bičanić, Kristijan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:028227>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-19**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Kristijan Bičanić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

## **Sustavi kod lokaliziranog navodnjavanja**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Kristijan Bičanić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

## **Sustavi kod lokaliziranog navodnjavanja**

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Kristijan Bičanić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

## **Sustavi kod lokaliziranog navodnjavanja**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Monika Marković, mentor
2. prof. dr. sc. Jasna Šoštarić, član
3. doc. dr. sc. Marija Ravlić, član

Osijek, 2021.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Hortikultura

Završni rad

Kristijan Bičanić

### Sustavi kod lokaliziranog navodnjavanja

**Sažetak:** U završnom radu je prikazano trenutno stanje i perspektive u planiranju i provođenju NAPNAV-a. Sažeto su prikazane osnovne metode navodnjavanja dok se najveći naglasak daje lokaliziranom navodnjavanju s njegovim prednostima i nedostacima. Detaljno su prikazani sustavi za navodnjavanje kapanjem, te mikrorasprskivačima i sustavima za navodnjavanje koji su najčešće primjenjivani u zaštićenim, kontroliranim uvjetima proizvodnje.

**Ključne riječi:** navodnjavanje, hidroponi, lokalizirano navodnjavanje, kap po kap, mikrorasprskivači

25 stranice, 0 tablica, 1 grafikon, 13 slika, 15 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

### Localized irrigation systems

**Summary:** The thesis presents the current state and perspectives in the planning and implementation of NAPNAV. The basic methods of irrigation are summarized while the greatest emphasis is given to localized irrigation with its advantages and disadvantages. Drip irrigation systems, as well as micro-sprinklers and irrigation systems, which are most often used in protected, controlled production conditions, are presented in detail.

**Key words:** irrigation, hydroponics, localized irrigation, drip irrigation, microsprinklers

26 pages, 0 tables, 1 chart, 13 figures, 15 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical sciences in Osijek

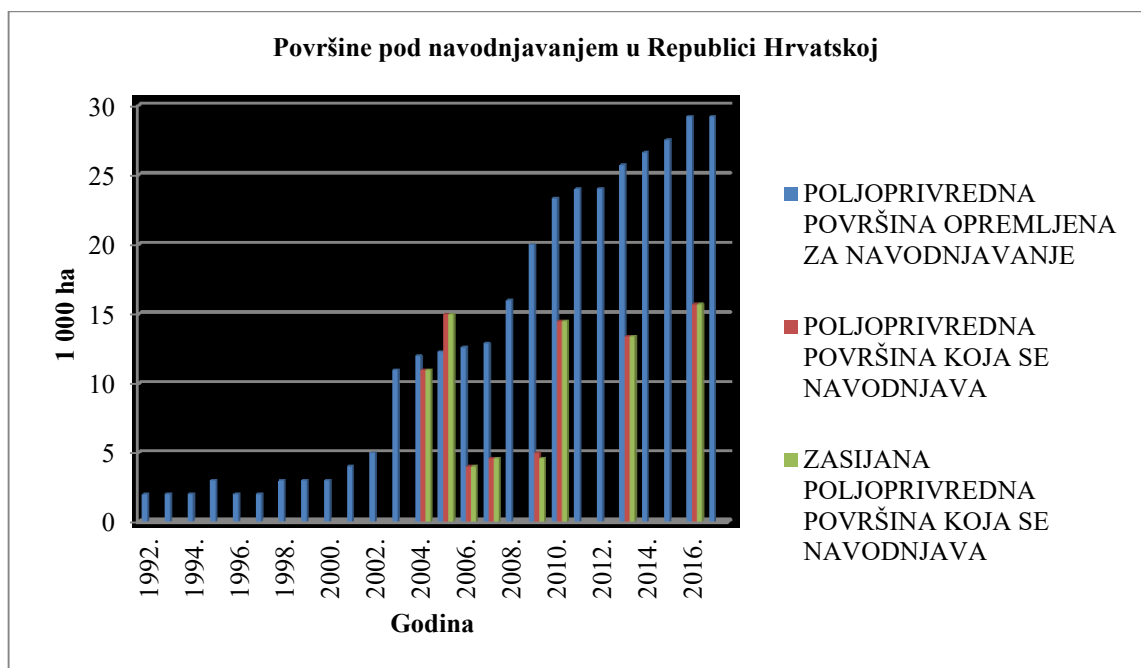
# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	2
2.	OPĆENITO O METODAMA NAVODNJAVANJA.....	4
2.1.	Navodnjavanje prema režimu isporuke vode .....	4
2.2.	Navodnjavanje prema hidrauličkim značajkama .....	4
2.3.	Navodnjavanje prema načinu dovoda vode biljkama.....	5
2.3.1.	<i>Prelijevanje</i> .....	5
2.3.2.	<i>Potapanje</i> .....	5
2.3.3.	<i>Infiltracija</i> .....	5
2.3.4.	<i>Kišenje</i> .....	6
2.3.5.	<i>Lokalizirano</i> .....	6
3.	LOKALIZIRANO NAVODNJAVANJE.....	7
3.1.	Prednosti i nedostaci lokaliziranog navodnjavanja .....	7
3.1.1.	<i>Prednosti</i> .....	7
3.1.2	<i>Nedostaci</i> .....	7
3.2.	Dijelovi sustava .....	8
3.3.	Sustavi kod lokaliziranog navodnjavanja.....	11
3.3.1.	<i>Navodnjavanje kapanjem („kap po kap“)</i> .....	11
3.3.2.	<i>Navodnjavanje mikrorasprskivačima</i> .....	13
3.3.3	<i>Postavljanje sustava za navodnjavanje mikrorasprskivačima</i> .....	14
3.3.4	<i>Fertirigacija kod lokalizirane metode navodnjavanja</i> .....	16
4.	SUSTAVI ZA NAVODNJAVANJE U HIDROPONSKOM UZGOJU.....	18
4.1.	Sustav najlonskih traka.....	18
4.2.	Sustav vodene kulture .....	19
4.3.	Sustav oseke i plime (Ebb and flow).....	20
4.4.	Sustav kapanja.....	20
4.5.	Sustav hranjivog filma (NFT).....	21
4.6.	Zračni sustav ili aeroponija .....	22
5.	ZAKLJUČAK .....	24
6.	POPIS LITERATURE .....	25

## 1. UVOD

Navodnjavanje je agrotehnička mjera kojom se nadoknađuje nedostatak potrebne vode, povećava se prinos te kakvoća biljne proizvodnje, a stoga i rentabilnost. U vrijeme globalnog zatopljenja i klimatskih promjena, uzgoj bilja pod vedrim nebom bez navodnjavanja je sve rizičniji, a ukoliko govorimo o povrtlarskim i ukrasnim vrstama, gotovo da je nemoguć.

Prema podacima Food and agricultural organisation (FAO, 2020.), Republika Hrvatska ima mogućnost navodnjavanja na 25 000 ha poljoprivredne površine. Kako je vidljivo iz grafikona 1., u razdoblju od 1992. do 2016. godine raste površina koja je opremljena za navodnjavanje. Međutim, poljoprivredna površina koja je navodnjavanja kao i zasijana poljoprivredna površina koja je navodnjavana stagnira od 2010. godine.



Grafikon 1. Odnos površine koja se navodnjava i koja može biti navodnjavana (FAO, 2020.)

Vlada Republike Hrvatske je 2001. godine pokrenula aktivnosti za izradu Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV). Cilj NAPNAV-a je stvaranje uvjeta za bolje korištenje prirodnih

resursa, tala i voda kao sastavnog dijela programa proizvodnje hrane. Prema NAPNAV-u do 2020. godine je planirana izgradnja sustava za navodnjavanje na 70 000 ha poljoprivrednog zemljišta s prioritetom u Osječko-baranjskoj, Dubrovačko-neretvanskoj i Vukovarsko-srijemskoj županiji (Romić i sur. 2005.). Naglasak je stavljen na županije isključivo zbog velikog vodnog potencijala i kvalitete tla. U Hrvatskoj se najviše navodnjava voće i povrće. Prema Marušiću (2020.), prihvaćenim programom NAPNAV-a predviđeno je izgraditi vodne građevine s pripadajućim strojevima i opremom za navodnjavanje 65 000 ha poljoprivrednih zemljišta. Od 2005. do kraja 2017. obnovljen je dio „starih“ sustava navodnjavanja na 18 500 ha, što je samo 18,5 % od planiranog do 2020.

Navodnjavanje je vrlo stara agrotehnička mjera unutar koje su se s vremenom razvili različiti sustavi i metode distribucije vode. U ovom završnom radu su prikazane osnovne metode navodnjavanja, a naglasak je na lokaliziranoj metodi navodnjavanja, odnosno najsvremenijoj metodi navodnjavanja.



## **2. OPĆENITO O METODAMA NAVODNJAVANJA**

Do danas su razvijene različite metode navodnjavanja koje se u pravilu razlikuju po načinu dovođenja vode do uzgajane kulture. O metodi navodnjavanja će ovisiti učinkovitost navodnjavanja, odnosno gubici vode koji nastaju tijekom navodnjavanja. Stoga pravilan odabir metode i sustava navodnjavanja igra veliku ulogu u održivosti, odnosno isplativosti navodnjavanja. Na izbor načina navodnjavanja utječe veliki broj čimbenika, a neki od njih su: tlo, usjevi, izvor vode, topografija terena, veličina parcele te ostale agrotehničke mjere. U pravilu su metode navodnjavanja podijeljene na površinsku, podzemnu i lokaliziranu metodu, a u nastavku su prikazane podjele prema režimu isporuke vode, hidrauličkim značajkama te načinu dovođenja vode do biljaka (Kos i sur., 1994.).

### **2.1. Navodnjavanje prema režimu isporuke vode**

Kontinuirano – dostava vode korisnicima bez prestanka u neprekinutom trajanju. Na primjer livade ili rižišta, ili eventualno neki načini podzemnog ili lokaliziranog navodnjavanja.

Periodično – dostava vode u pravilnim vremenskim razmacima, turnusima i ono je u pravilu najčešće.

Povremeno – dostava vode bez unaprijed dogovorenog rasporeda, najčešće navodnjavanje na zahtjev ili u uvjetima velikih suša.

### **2.2. Navodnjavanje prema hidrauličkim značajkama**

Sustavi pod tlakom – voda se do biljke dovodi mrežom cijevi koje su pod tlakom. Taj sustav uključuje kišenje, kap po kap, ili druge slične sustave kod kojih se voda na polje dostavlja uz pomoć tlačne mreže cijevi. Danas su na tržištu ponuđena mnoga rješenja i konfiguracije, strojeva i opreme, te automatski programirani uređaji.

Gravitacijski sustavi – voda se do biljke dovodi slobodnom vodom koja se pod djelovanjem sile teže kreće prema dolje.

Raspodjela drenažom ili subirigacija – voda se do biljke dovodi podzemnim putem odnosno drenažnim cijevima. Voda se biljka dovodi u zoni korijenovog sustava, uglavnom širokorednih kultura te na područjima gdje je prisutna visoka razina podzemne vode.

### **2.3. Navodnjavanje prema načinu dovoda vode biljkama**

#### *2.3.1. Prelijevanje*

Prelijevanje može biti prirodno ili umjetno, a voda se biljkama dovodi u tankom vodenom sloju po površini parcele od početka do kraja sa zadanom normom navodnjavanja. Voda se do parcele dovodi mrežom otvorenih kanala, a početak parcele je najčešće uređen malim nasipom, dok je nizvodni dio polja otvoren. Bitno je da polje ima veću dužinu nego širinu, te da nema mikrodepresija kako bi voda mogla slobodnim padom otjecati. Ovaj način ne zahtijeva velika investicijska ulaganja, ukoliko nije potrebno ravnanje parcele.

#### *2.3.2. Potapanje*

To je način navodnjavanja pri kojem se površine potope slojem vode, koji je dovoljan za određeni obrok navodnjavanja ili turnus navodnjavanja. U ovom načinu navodnjavanja voda stagnira na površini tla dok je tlo u cijelosti ne upije. Postoji posebna podvrsta potapanja koja se odnosi na rižišta, jer na tim parcelama stalno postoji dotok vode čitave vegetacijske sezone. Kod ovog načina nije bitna površina niti dimenzija parcele, bitno je samo da površina bude omeđena malim kontrolnim nasipima.

#### *2.3.3. Infiltracija*

Infiltracija je način dostavljanja vode pomoću otvorenih kanala na površini (brazdi) ili kao podzemno navodnjavanje, drenaža (subirigacija). S ovim načinom navodnjavanja tlo ima mogućnost upijanja vode horizontalno i vertikalno. Za navodnjavanje pomoću brazdi je važno da nije velik nagib parcele da voda ne bi prebrzo otjecala. Ovaj način je izrazito učinkovit samo ukoliko je tlo dobro pripremljeno. Prednost načina navodnjavanja brazdama i subirigacijom odnosno drenažom je što i biljka nije u direktnom kontaktu (list i stabljika) s vodom pa ne može doći do mehaničkih oštećenja.

#### *2.3.4. Kišenje*

Kišenje je način navodnjavanja za koji je potrebna tehnologija i oprema koja se iz godine u godinu sve više usavršava. Kišenjem se voda dovodi biljci u vidu kišnih kapi, a time simulirano prirodno kišenje. Ovaj način dovođenja vode je jedan o najraširenijih na velikim proizvodnim površinama. Prednost ovog načina je to što se može navodnjavati većina biljnih vrsta.

#### *2.3.5. Lokalizirano*

Lokalizirano navodnjavanje je najnoviji tip kojim se precizno dovodi kap ili mlaz vode do same biljke, te se smatra najučinkovitijim navodnjavanjem. U nastavku je detaljnije prikazana ova metoda navodnjavanja.

### **3. LOKALIZIRANO NAVODNJAVANJE**

Postoje različiti sustavi navodnjavanja kod lokalizirane metode navodnjavanja, a razlikuju se o načinu dovođenja vode do biljke. Voda na ciljano mjesto dolazi putem emitera, kapaljki ili rasprskivača. Počeci lokaliziranog navodnjavanja su zabilježeni u Njemačkoj 1860. godine.

#### **3.1. Prednosti i nedostaci lokaliziranog navodnjavanja**

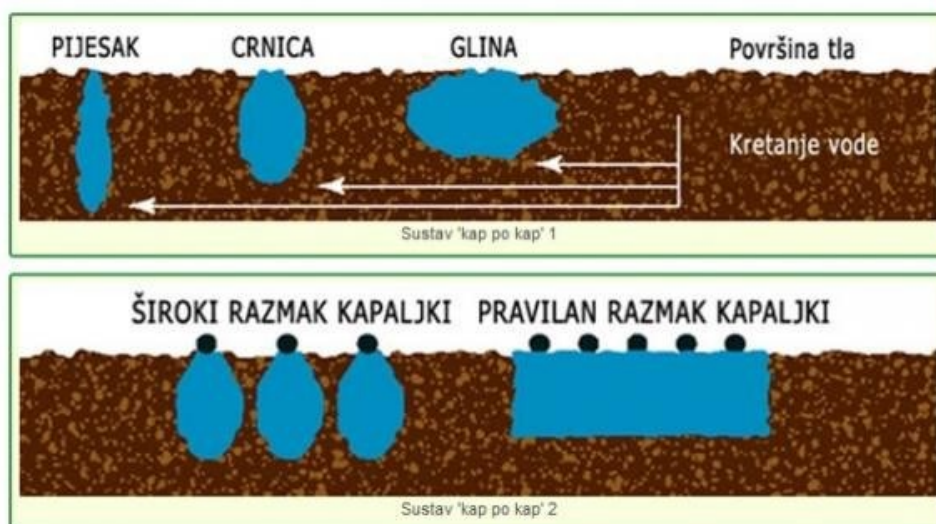
##### *3.1.1. Prednosti*

Ovom metodom navodnjavanja se postiže manji utrošak vode nego kod ostalih metoda navodnjavanja jer se voda dovodi do biljke u sitnim kapljicama te su gubitci mali. Navodnjavanja se samo dio oko same biljke, te se na taj način smanjuju gubitci. Doziranje vode je potpuno kontrolirano, odnosno automatizirano čime su obroci i turnusi navodnjavanja točno određeni, a uz to postoji i mogućnost dodavanja hraniva. Sustavi za navodnjavanje kojima se dodaju i biljci potrebna hraniva se nazivaju sustavi za fertirigaciju (irrigation + fertilisation). Automatizirani sustavi olakšavaju rad čovjeka jer u potpunosti preuzimaju kontrolu nad obrocima navodnjavanja i količini hraniva koja se dodaju sustavom za fertirigaciju. Vlažnost tla u zoni korijena biljke je gotovo konstantno kod vrijednosti 100 % poljskog vodnog kapaciteta (PVK), što čini idealne uvjete za rast biljaka u pogledu sadržaja vode u tlu. Kod lokaliziranog navodnjavanja je smanjena mogućnost zaslanjenosti tla uslijed navodnjavanja vodom s povećanim sadržajem soli jer se voda dodaje u malim obrocima, odnosno sitnim finim kapljicama pa ne dolazi do akumuliranja soli. Obzirom da su sustav distribuira vodu u vidu sitnih kapljica ili mlaza vode, kod ove metode navodnjavanja je znatno manja mogućnost narušavanja strukture tla, vodozračnih odnosa ili ispiranja hraniva uslijed prekomjernih obroka navodnjavanja.

##### *3.1.2 Nedostaci*

Kod lokaliziranog navodnjavanja može doći do začepjenja kapaljki ili emitera uslijed navodnjavanja vodom s povećanim sadržajem karbonata te zbog malog protoka vode.

Začepljenje kapaljki je najznačajniji problem ovog sustava jer utječe na ravnomjernost raspodjele vode, te povećava troškove održavanja sustava. Premda je ranije naglašeno kako kod je kod lokalizirane metode smanjena mogućnost nakupljanja soli, treba istaknuti kako se javlja problem nakupljanja soli oko same biljke, odnosno u zoni korijenovog sustava jer se u toj zoni vlaži tlo, naravno ukoliko se navodnjava vodom s povećanim salinitetom. Nadalje, kod ove metode navodnjavanja korijen biljke se ne razvija dovoljno u širinu i samim time umanjuje čvrstoću, odnosno ukorijenjenost biljke. Ograničeno vlaženje može uzrokovati mjestimičnu zbijenost, zaslanjenost ili ako je tlo pijeskovito veliku poroznost. Važno je naglasiti kako će učinkovitost navodnjavanja ovisiti o pravilno postavljenim cijevima, odnosno kapaljkama kako bi se postigla što bolja iskorištenost vode. Samo postavljanje će ovisiti o uzgajanoj kulturi i tipu tla (slika 1.).



Slika 1. Iskorištenost vode ovisno o tipu tla i razmaku kapaljki

Izvor: <https://cdn.agroklub.com>

U konačnici, važno je naglasiti kako se za ovu metodu navodnjavanja često navodi visoka cijena koštanja, odnosno skupo početno ulaganje što treba navesti kao nedostatak.

### 3.2. Dijelovi sustava

Izvor vode za navodnjavanje je važan čimbenik u planiranju i izvođenju sustava za navodnjavanje. O izvoru i kvaliteti vode za navodnjavanje će ovisiti i odabrana metoda

navodnjavanja, odnosno sustav za navodnjavanje. Voda za navodnjavanje može biti iz različitih izvora kao što su vodotokovi; rijeke, kanali ili potoci, ili pak podzemne, odnosno zdenci. Da bi se voda od izvora dovela do sustava za navodnjavanje, postavljaju se najčešće električne crpke za koje se u posljednje vrijeme koristi solarna energija za pogon. Pogonski dio se primjenjuje kada je izvor vode niži ili viši od kote navodnjavanja, a osnovni dijelovi pogonskog dijela su motor i crpka. Za lokalizirana navodnjavanja mogu se koristiti različite vrste motora, najčešće su u upotrebi električni, dizelski i benzinski motori (slika 2.). Pošto je radni tlak u usporedbi s nekim drugim načinima navodnjavanja puno manji koriste se motori manje snage. U nekim specifičnim uvjetima je čak moguće upotrijebiti i energiju vjetra (Kos i sur., 1994.).



Slika 2. Benzinski motor sa crpkom

Izvor: <https://www.honda-mideast.com>

Najviše se primjeni može vidjeti centrifugalna crpka kojoj su glavni dijelovi: rotor, osovina, lopatice, usisni otvor i otvor za nalijevanje crpke. Pri okretanju osovine na kojoj su lopatice dolazi i do okretanja vode koja dobiva centrifugalnu silu i time tlači vodeni stupac do željene visine. Glava sustava se spaja s izvorom vode. Osnovni dijelovi glave sustava jesu: kontrolni ili glavni ventil, ulazni ventil s vodomjerom, manometar, regulator tlaka, fertilizator (rezervoar za hraniva) i uređaj za filtriranje vode, odnosno filter.

Za reguliranje protoka vode pod određenim tlakom služe ventili, vodomjer, manometar i regulator tlaka koji najčešće automatski reguliraju programirane količine vode u sustavu.

Vodomjeri su danas, uglavnom, automatski i često se izrađuju u plastičnom kućištu u kojem se pojavljuje mali pad tlaka a velika je točnost mjerenja protoka. Kod takvih vodomjera tlak ne utječe na točnost mjerenja. Jednostavne su konstrukcije i za rad nije potrebna posebna stručnost. Kako je ranije navedeno, začepljenja su čest problem i ograničavajući čimbenik kod lokaliziranog navodnjavanja pa bi stoga svaki sustav trebao imati sustav za filtriranje vode. Začepljenje sustava mogu izazvati tvari organskog i anorganskog podrijetla. Najčešće su to pijesak i mulj, a ovisno o izvoru vode uzrok mogu biti alge i bakterije. Začepljenje mogu uzrokovati ostaci mikroplastike i umjetnih gnojiva ukoliko nisu u postupnosti bila otopljeni u vodi. Još jedan od važnih čimbenika začepljenja može biti kalcijev karbonat koji stvara inkrustacije uslijed taloženja kamenca. Adekvatnim sustavom filtriranja veliki broj začepljenja se može spriječiti, ali svakako prije instalacije bilo kojeg sustava za filtriranje treba napraviti odgovarajuću analizu kakvoće vode na sadržaj organskih i anorganskih tvari te otopljenih soli. Neki od načina filtriranja su: taloženje, mrežasti filteri, pješčano-šljunčani filteri, pjenasti filteri ili vorteks filteri (slika 3.)



Slika 3. Različite vrste filtera

Izvor: <http://www.agrohemija.com>

Voda iz kanala ili izvorišta preko crpke mora proći kroz glavni i ako postoji lateralni cjevovod kako bi stigla do emitera ili kapaljki. Cjevovodi se projektiraju ovisno o potrebi za navodnjavanjem, a tečenje vode u cjevovodima mora biti jednoliko. Cjevovodi bi trebali biti sastavljeni od cijevi koje mogu podnijeti potreban tlak vode.

### 3.3. Sustavi kod lokaliziranog navodnjavanja

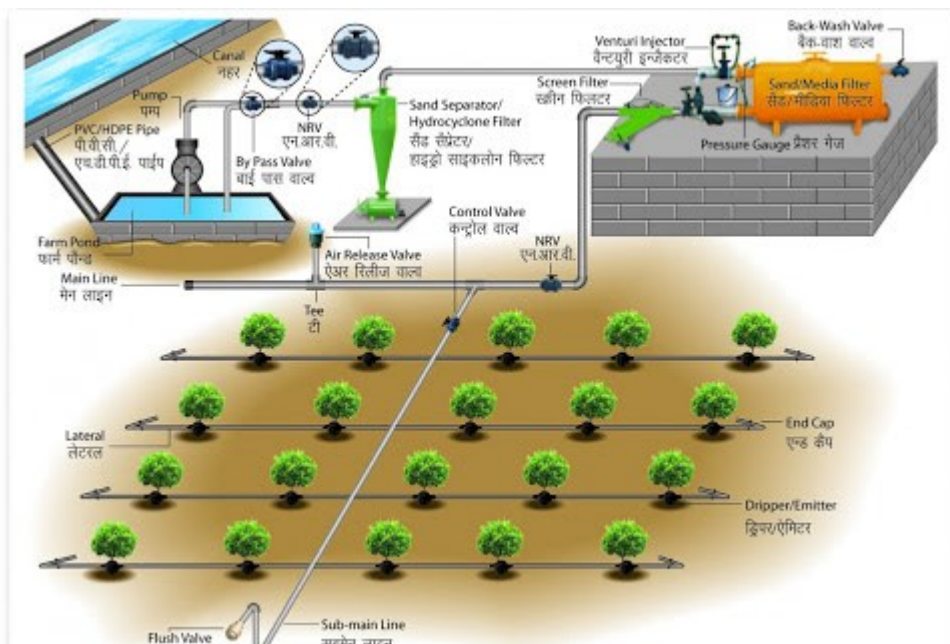
#### 3.3.1. Navodnjavanje kapanjem („kap po kap“)

Jedan od najnovijih načina dodavanja vode jest kapanjem. FAO sustav za navodnjavanje „kap po kap“ definira kao navodnjavanje kapanjem s vrlo malim obrocima navodnjavanja, od 2 do 20 L/sat putem cijevi na kojima se nalaze kapaljke (Brouwer i sur., 1985.). Za razliku od sustava za navodnjavanje kišenjem ili prelijevanjem, kod sustava kapanjem, kapaljke su postavljene blizu biljaka tako da se vlaži samo dio tla oko biljke. Takvim pristupom se smanjuje mogućnost razvoja bolesti i truljenja korijena uzgajanih kultura (Paul i sur., 2013.). Nadalje, gubitak hraniva koji kod sustava kišenjem nastaje uslijed ispiranja radi velikih obroka i normi navodnjavanja je kod sustava kapanjem minimalan (Samis, 1980.). Sustavi kapanjem su proizvodi modernih tehnologija, posve su automatizirani i tijekom svoga rada ne zahtijevaju prisustvo čovjeka. Zbog svojih dobrih radnih karakteristika, elektroničke podrške i tehničke perfekcije, ovaj sustav je vrlo zanimljiv za poljoprivrednike tvrde Madjar i Šoštarić (2009.).

Ovaj sustav štedi vodu, te sa minimalnom količinom postiže maksimalne učinke u biljnoj proizvodnji. Voda se dovodi precizno do svake biljke i tlo održava kontinuirano opskrbljeno vodom pri idealnom PVK-u. Vlaženje s ovim sustavom može biti periodično ili cjelodnevno (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Sustav za navodnjavanje kapanjem se primjenjuje kod širokorednih kultura, povrća, cvijeća, drvenastih kultura i vinove loze. U pravilu se ovim sustavom navodnjavaju visoko dohodovne kulture radi visokih početnih ulaganja. Sustav za kapanje se sastoji od pogonskog dijela s filtrom, cijevi i kapaljki (slika 4.).





Slika 4. Cjelokupni sustav „Kap po kap“

Izvor: <http://pinova.hr>

Pogonski dio s filtrom je središnji dio sustava. U samom pogonskom dijelu se nalazi pumpa za usisavanje vode, mjerači protoka, regulatori tlaka te filtri za pročišćavanje. Filtri su potrebni kako se uske kapaljke ne bi često začepljivale, uslijed nakupljanja prljavštine i fragmenata gline i pijeska ukoliko je kvaliteta vode loša. Filter u obliku obrnutog stošca se pokazao kao najkvalitetniji za sedimentaciju nečistoća (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Plastične cijevi koje se koriste za navodnjavanje najčešće su od polietilena (PE), većinom crne boje, što u ljetnim mjesecima može pomoći pri zagrijavanju vode za navodnjavanje ukoliko voda iz crpilišta nije dovoljno visoke temperature. Za ova sustav navodnjavanja voda se od crpne stanice doprema tlačnim cjevovodom promjera do 50 mm, a iz njega se raspoređuje u uže lateralne cjevovode do 20 mm promjera. Prema Madjar i Šoštarić (2009.) u ovom načinu navodnjavanja cjevovod pripada među najskuplje dijelove sustava, s obzirom da za potrebe 1 ha povrtnjaka potrebno od 5 000 do 10 000 m, voćnjaka od 2 000 do 4 000 m, a rasadnika 3 000 m do 6 000 m cijevi.

Kapaljke su dio sustava koji raspodjeljuje vodu po površini u obliku kapi. Izrađene su od plastike, a ima ih raznih oblika i tipova. U principu se jednostavne i male naprave sa sitnim

rupicama, koje se zbog svojih malih otvora često dolazi do začepljenja. Brouwer i sur. (1985.) navode kako začepljenja kapaljki najčešće dolazi uslijed pojave algi, nataloženih mineralnih gnojiva, kalcija i željeza. Ovaj problem je izražen u uvjetima kada se koristi voda narušene kakvoće, voda iz industrijskih postrojenja ili iz domaćinstava (Shareef i sur., 2019.).

Kapaljke se nalaze na lateralnom cjevovodu u razmacima ovisno o kulturi uzgajanja (10 do 100 cm). Mogu se ugrađivati i kao sastavni dio lateralne cijevi tzv. linijski kapljači ili sa strane cijevi tzv. bočni kapljači (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Neki od osnovnih tipova kapaljki:

- Kapaljke na principu laminarnog toka vode (mikrocijevi)
- Kapaljke na principu turbulentnog toka (labirinta)
- Kompenzirajuće kapaljke ili kapaljke na principu izjednačavanja
- Samoinspirajuće kapaljke

Prema Madjar i Šoštarić (2009.) broj kapaljki po jedinici površine ovisi o kulturama i prilično je velik. Raspon broj je od 2 000 do 5 000 za voćnjake, a oko 20 000 komada kod povrća. Protok vode ovisi o vrsti kapaljke, a on je između 2 do 10 L/h. Specifičnost je kod navodnjavanja voćnjaka i vinograda što se laterane cijevi sa kapaljkama podižu od tla zbog lakšeg kretanja mehanizacije.

### 3.3.2. Navodnjavanje mikrorasprskivačima

Mikrorasprskivači su alternativa metodi kapanja. Najčešće se koriste u voćnjacima, zaštićenim prostorima, odnosno staklenicima i plastenicima. Nadalje primjenjuju se kod navodnjavanja travnjaka, parkova i povrtnjaka. Prema FAO-u (2007.) mikrorasprskivači su prskalice s protokom do 250 L/h, postavljeni najčešće u trokutaste ili pravokutne oblike kako bi se omogućio maksimalni preklap navodnjavane površine. Darwish i Elmetwalli (2019.) su proveli istraživanje na nasadima avokada. Navodnjavali su mikrorasprskivačima ili sustavom „kap po kap“. Najbolje rezultate u prinosu su dobili kombiniranom metodom kapanja i raspršivanja istodobno. Primijećen je bolji razvoj postranog korijenja, manja zbijenost tla i povećana sorpcija, odnosno usvajanje hranjiva. Ovaj sustav vodu dostavlja najčešće u obliku laganog mlaza ili maglice (slika 5.). S ovim sustavom možemo utjecati na

relativnu vlagu zraka u nasadima. U voćnjacima mikrorasprskivači koji su instalirani iznad samih krošnji voćaka, koriste i u antifrost svrhe (pri niskim temperaturama stvaranjem maglice pokušava se zaštititi najčešće cvijet za vrijeme proljetnih mrazeva).



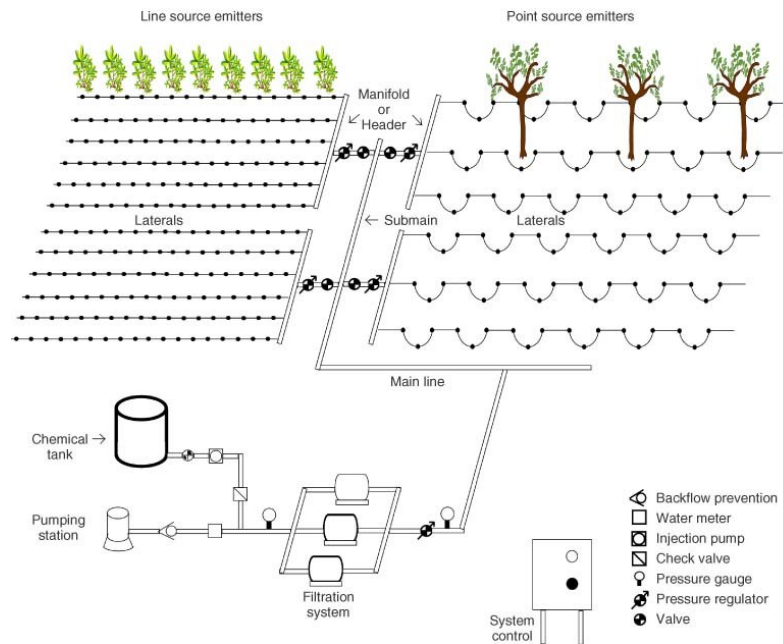
Slika 5. Sustav navodnjavanja mikrorasprskivačima luka na PIK Vinkovci

Fotografija: Bičanić, 2021.

Na tržištu postoji više tipova rasprskivača, pulsirajući ili kontinuirani, rasprskivači koji navodnjavaju cijeli krug ili samo dio kruga, te različitog dometa i samog protoka vode. Ovaj sustav je mnogo zahvalniji od sustava kapanjem, jer je manja mogućnost začepjenja emitera u odnosu na kapaljke. Pokos (2014.) navodi da ovaj sustav radi pri tlaku od 1 do 2,5 bara.

### *3.3.3 Postavljanje sustava za navodnjavanje mikrorasprskivačima*

Da bi se postavio sustav za navodnjavanje mikrorasprskivačima za početak potrebno je napraviti tlocrt površine koji će biti navodnjavan te koji će obuhvaćati svu infrastrukturu te objekte koje se nalaze na navodnjavanoj površini (slika 6.). Vrlo je bitno razgraničiti površinu te svaku vrstu biljaka (cvijeće, grmlje, drveće, travu) posebno označiti. Ukupnu navodnjavanu površinu potrebno je podijeliti u po zonama. Te zone se nazivaju hidrozone jer se u njima biljke podijeljene prema njihovim zahtjevima za vodom.



Slika 6. Izgled cjelokupnog sustava za navodnjavanje mikrorasprivačima sa spremnikom za gnojiva

Izvor: <https://onlinelibrary.wiley.com>

Za postavljanje sustava potrebno je znati nominalni kapacitet (L/m) sustava za navodnjavanje. Ovisno o namjeni izabire se rasprskivač u obliku turbina za velike površine ili statički rasprskivači za manje površine. Za oba tipa postoje rasprskivači na podizanje koji su postavljeni ispod razine tla, tzv. pop up i fiksni rasprskivači koji su postavljeni na nosaču iznad površine tla. Ukoliko nominalni kapacitet ne zadovoljava količinu vode koju se može dobiti, potrebno je ugraditi veći broj optoka (sustava cijevi sa posebnim ventilima), kako ne bih morali u isto vrijeme zalijevati cijelu površinu. Svaki optok mora imati svoj ventil koji omogućuje uključivanje ili isključivanje napajanja nekom optoku (Allen, 2006.).

Za postavljanje sustava su potrebni: priključna točka – vodovodna mreža ili crpka, zatim cijevi i priključci koji mogu biti raznih dimenzija, najčešće se koriste polietilenske cijevi koje su savitljive te se na njih primjenjuju tlačni priključci. Zatim nepovratni ventili, odnosno uređaj koji omogućuje vodi da teče samo u jednom smjeru. Svi nepovratni ventili imaju oprugu koja ventil drži u zatvorenom položaju sprečavajući tako da rasprskivač razdjeljuje vodu sve dok se u otoku ne dostigne određeni tlak. Nadalje su potrebni elektroventili koji predstavljaju jednostavno i ekonomično rješenje za navodnjavanje. Dopuštaju razdjeljivanje isključivu količinu vode koju zahtjeva svaki optok. Programator se naziva još i timer, a sastavni je dio automatiziranog navodnjavanja i određuje u kojem trenutnu neki ventil se uključuje te koliko dugo će biti u funkciji. On šalje niskonaponski signal ventilu koji se

otvara u trajanju predodređenog vremenskog razdoblja omogućujući napajanje rasprskivača. Model programatora odnosno broj ventila se izabire po funkciji broja optoka koji sačinjavaju sustav navodnjavanja. U konačnici se sustav sastoji od rasprskivača koji mogu biti statički ili fiksni, a koriste se za distribuciju mlaza sastavljenog od vodenih kapljica. Maksimalni domet im je 5,2 m i spadaju u kategoriju rasprskivača za male površine, dok turbine za velike površine imaju domet i do 8 m.

### *3.3.4 Fertirigacija kod lokalizirane metode navodnjavanja*

Fertirigacija je primjena hraniva putem sustava za navodnjavanje, najčešće "kap po kap". Fertirigacijom se hranivo precizno dozira i samim tim se povećava iskoristivost i kvaliteta prihrane. Fertirigacija smanjuje potrebne količine gnojiva, ali povećava prinose te je smanjena mogućnost zaslanjivanja tla. Kod fertirigacije je moguće primijeniti kruta i tekuća gnojiva, samo je potrebno pripaziti da ukoliko su kruta gnojiva, kakva im je topljivost u vodi. Kaur i sur. (2020.) navode kako se fertirigacijom štedi 20 do 40 % gnojiva i 40 do 50% vode, a unos hranjivih tvari je značajno povećan, a samim tim i kvaliteta konačnog proizvoda.

Fertirigator (dozator) je poseban uređaj koji se priključuje na sustav za navodnjavanje (slika 7.). U rezervoar dozatora se dodaje određena količina hranjiva kojima se prihranjuje nasad. Hranjiva se u rezervoaru rastapaju s vodom te se onda postepeno ubacuju u cjevovod i s vodom, odnosno sustavom za navodnjavanje dovodi do biljaka. Doziranje potrebnih količina vode vrši preko venturijeve cijevi, pumpe ili protočnog spremnika.



Slika 7. Dozator gnojiva

Izvor: <https://www.agriexpo.online>

Sustav za fertirigaciju sastoji se od crpke za vodu kojom se regulira optimalna količina vode u sustavu. Usporedno s vodom uređaj za fertirigaciju dozira neophodnu količinu hraniva u glavni cjevovod preko filtera, mjerača protoka i sekundarnih cijevi do biljaka.

Uređaj za fertirigaciju može raditi na principu protočnog tanka ili injektora, odnosno dozatora. Razlika između injektora i dozatora je ta što se kod injektora regulacija količine hraniva vrši pomoću posebnog ventila s kojim se regulira točna količina hraniva koje je potrebno dodati biljkama, dok dozator koristi podatke iz računala, odnosno zadane količine hraniva u odnosu na starost nasada, potrebe biljke za hranjivima i fenofaze razvoja.

Protočni rezervoar se puni sa gnojivom i hermetički zatvara. Dovodna cijev transportira vodu preko glavnog ventila, mjerača protoka i fertirigacijskog ventila u rezervoar za gnojivo, odakle se cijevima odvodi do nasada. Suvremeni sustavi imaju ugrađen zračni ventil, regulator brzine protoka otopine i nepovratni ventil koji sprječava povratak gnojiva u obrnutom smjeru. Vrijeme uključivanja fertirigacijskog postrojenja ovisi od tome do koje dubine se želi navlažiti supstrat ili podloga na kojoj je nasad. Sustav nakon unesenog gnojiva treba ostati uključen 30 minuta do jedan sat nakon pražnjenja, kako bi se oprema isprala.

Suvremeni sustavi za fertirigaciju računalno upravljaju doziranjem hraniva koja su smještena u posebnim rezervoarima, količinom vode za navodnjavanje, automatski prilagođavaju pH otopine, mjere temperaturu, vlažnost zraka, svjetlost, atmosferski tlak i ostale parametre neophodne za kvalitetno izvođenje fertirigacije.

U intenzivnoj proizvodnji koriste se vodotopiva, tekuća ili kristalna gnojiva (kristaloni) kod kojih se svi neophodni makro i mikro elementi nalaze u obliku lako pristupačnom za biljku i to u veoma kratkom roku poslije tretmana. Prednosti ovakvog načina prihrane su što nema gubitaka hranjiva, moguće je izabrati optimalnu formulaciju gnojiva u odnosu na fenofaze razvoja, prihranjivanje je moguće u određenim vremenskim intervalima. Biljke brzo dobiju pristupačan oblik hranjiva. Nema ožegotina i sličnih po biljku pogubnih oštećenja.

Nedostatak fertirigacije je jedino visina koštanja instalacije i nabavke sustava, ali ipak je važno naglasiti kako se fertirigacijom značajno može podići kvaliteta nasada i prinos, te smanjiti pojavu biljnih bolesti i uštediti vodu i hraniva.

## **4. SUSTAVI ZA NAVODNJAVANJE U HIDROPONSKOM UZGOJU**

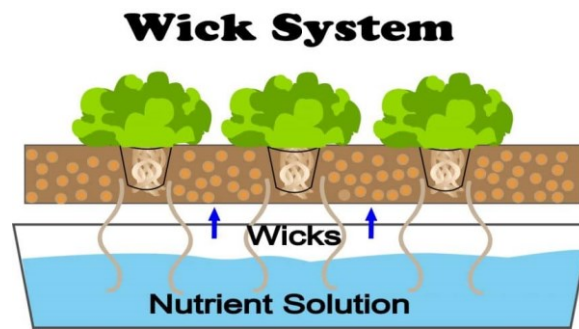
Hidroponija je po definiciji metoda uzgoja biljaka u bogatoj hranjivoj otopini. Hidroponija ne podrazumijeva uzgoj biljaka na otvorenom, odnosno u tlu, nego se korijenov sustav nalazi u inertnom mediju poput perlita, kamene vune, glinenih peleta, tresetne mahovine ili vermikulita.

Osnovna zadaća hidroponije je omogućiti korijenu biljke da dođe u izravan kontakt s hranjivom otopinom, a istovremeno ima pristup kisiku, koji je neophodan za pravilan rast. Štoviše, to je potencijalno koristan alat za prevladavanje nekih izazova tradicionalne poljoprivrede suočenih s nedostatkom čiste vode, klimatskim promjenama i degradacijom tla. Hidroponija je opcija za poljoprivrednike s ograničenim pristupom tlu i vodi i dobro funkcionira na mjestima gdje je tlo siromašno i voda oskudna, na primjer u urbanim područjima, sušnoj klimi ili na otocima.

Sambo i sur. (2019.) navode da zbog industrijalizacije i povećanja broja stanovništva sve više dolazi do izgradnje zaštićenih prostora (staklenici ili plastenici) u kojima se biljke razvijaju u hranjivim otopinama. Također ogroman potencijal koji nudi ovaj pristup uzgoja neosporan je i kreće se od proizvodnih i kvalitativnih prednosti do koristi za okoliš zbog veće učinkovitosti korištenja vode i nutritivnih resursa. Postoji više hidroponskih sustava koji su prikazani u nastavku.

### **4.1. Sustav najlonskih traka**

Sustav je poznat po tome što ne koristi aeratore, crpke ili električnu energiju. Zapravo, to je jedini hidroponski sustav koji ne zahtijeva korištenje električne energije. Kod većine sustava biljke su smještene izravno unutar podloge poput perlita ili vermikulita. Najlonske trake su postavljene oko biljaka prije spuštanja u hranjivu otopinu (slika 8.).



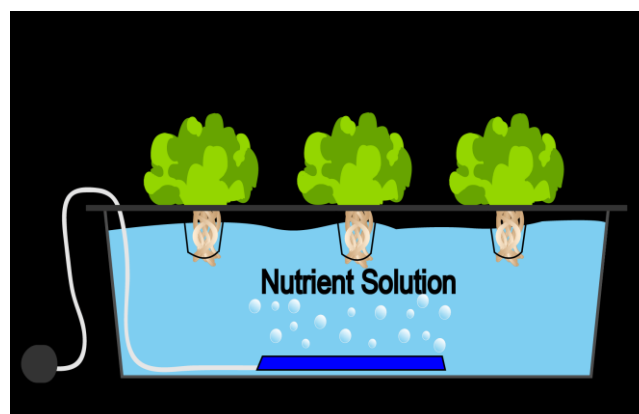
Slika 8. Sustav najlonskih traka

Izvor: <https://smartgardenguide.com>

Ovaj sustav je isključivo primjenjiv kod navodnjavanja biljka u posudama, jer ovaj sustav ne može ravnomjerno raspodijeliti potrebnu vodu i hranjiva. Kod ovog sustava može doći do nakupljanja mineralnih soli što može biti fitotoksično.

#### 4.2. Sustav vodene kulture

U ovom sustavu korijen biljke je direktno uronjen u hranjivu otopinu. Kisik potreban biljkama dostavlja se pomoću difuzora ili zračnog kamena. Ovaj sustav koristi mrežaste posude u kojima biljke moraju biti pričvršćene (Slika 9.). Sustav je prikladan za sve vrste biljaka i zbog direktnog doticaja s hranjivom otopinom rast biljaka je iznimno brz. Jedini problem kod ovog sustava može biti pojava bolesti korijenovog sustava zbog velike vlažnosti.



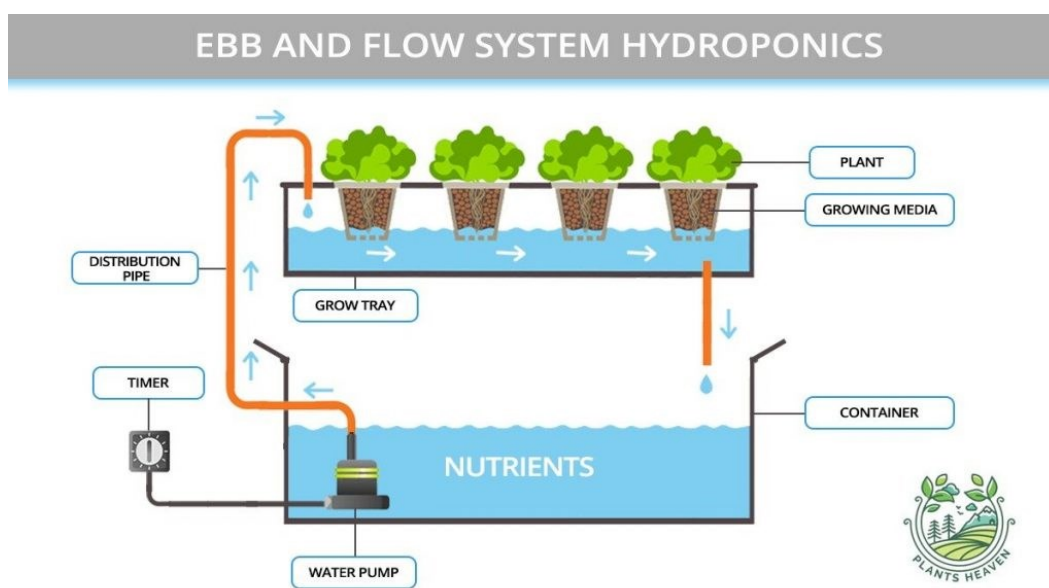
Slika 9. Sustav vodene kulture

Izvor: <https://www.nosoilsolutions.com>



### 4.3. Sustav oseke i plime (Ebb and flow)

U ovom sustavu biljke budu smještene u gredicu ispunjenu kamenom vunom ili perlitom. Nakon što se biljke posade, gredica se preplavljuje hranjivom otopinom skroz do gornje granice supstrata. Sustav je opremljen crpkom i mjeračem vremena koji gasi crpku nakon određenog vremena (slika 10.). Najveći problem ovog sustava je što može doći do kvara crpke uslijed čega biljke ostaju bez hranjive otopine.



Slika 10. Sustav oseke i plime

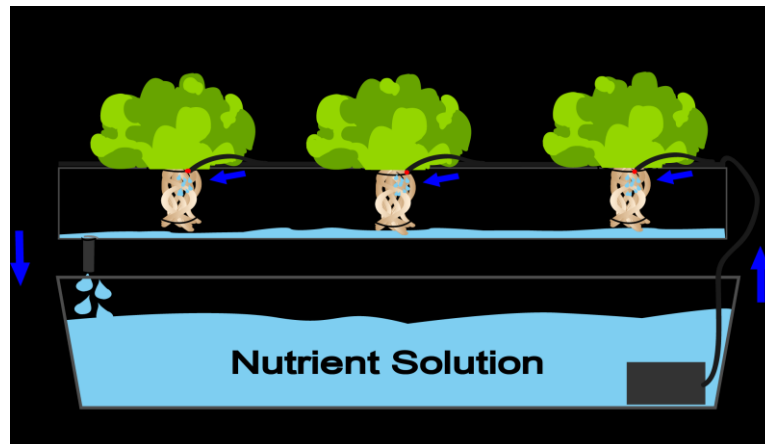
Izvor: <https://plantsheaven.com>

### 4.4. Sustav kapanja

Sustav u kojem se biljka nalazi u supstratu najčešće kokosove kocke na koju su spojene kapaljke ili kapljači. Ovaj sustav je prilagodljiv za većinu biljnih vrsta što je važno proizvođačima koji planiraju mijenjati uzgajane kulture.

Hranjiva otopina koja se koristi kod sustava kapanja se ispumpava u cijev te otopina na taj način dolazi ravno u zonu korijenovog sustav biljke. Na kraju svake cijevi nalazi se kapljač koji kontrolira količinu otopine koja se stavlja u biljku. Protok se može prilagoditi kako bi zadovoljili potrebe svake pojedinačne biljke (slika 11.).

Sustav može biti različitih veličine, te cirkulacijski ili necirkulacijski. Kod cirkulacijskog hranjiva otopina nakon što prođe nasad ide dalje u spremnik u kojem se nalazi hranjiva otopina. Stoga je kod ovog oblika sustava važno redovito analizirati sastav, Ph i EC hranjive otopine. Budući da se lako može promijeniti sastav otopine i protok hidroponskog sustava, može se koristiti za velik broj kultura.

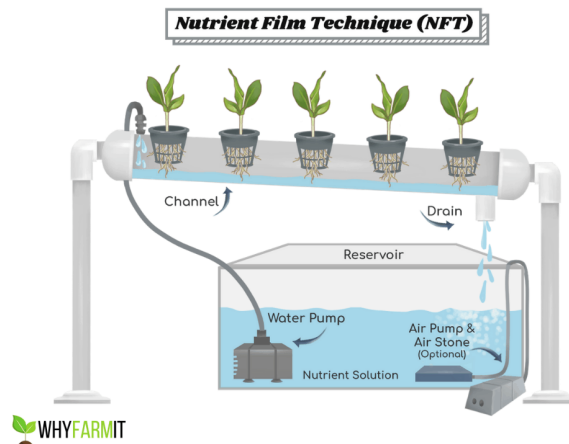


Slika 11. Sustav kapanja

Izvor: <https://www.nosoilsolutions.com>

#### 4.5. Sustav hranjivog filma (NFT)

N.F.T. sustav ima jednostavan dizajn te zbog prilagodljivosti ima široku primjenu. Kod ovog sustava, otopina hranjivih tvari stavlja se u veliki spremnik. Odavde se otopina dovodi do kanala s nagibom, koji dopuštaju da se višak hranjivih tvari vrati u rezervoar. Kad se hranjiva otopina pošalje u kanal, ona teče niz padinu i preko korijena svake biljke kako bi osigurala pravu količinu hranjivih tvari (slika 12.). Preporučuje se korištenje mrežastih kontejnera kod ovog tipa hidroponskog sustava. U većini slučajeva N.F.T. sustav neće koristiti medij za uzgoj.



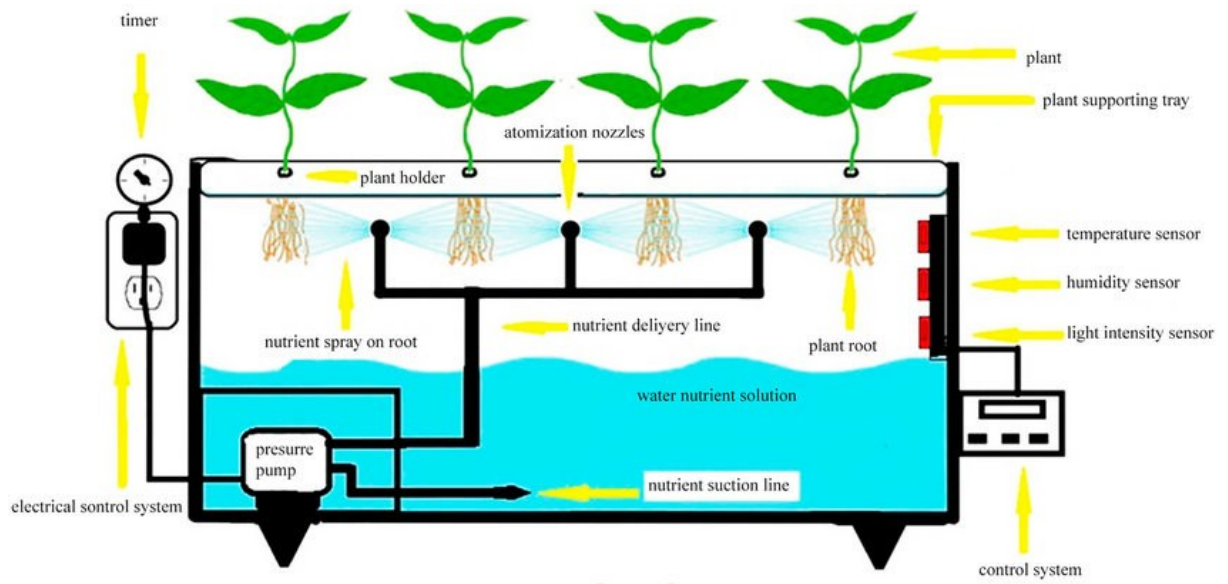
Slika 12. Sustav hranjivog filma

Izvor: <https://whyfarmit.com>

#### 4.6. Zračni sustav ili aeroponija

Aeroponski sustavi su jednostavni, ali donekle teški za postavljanje. S ovom vrstom sustava uzgajane biljke bit će smještene „u zraku“, a nekoliko mlaznica postavljeno je ispod biljaka. Mlaznice raspršuju hranjivu otopinu na korijenje svake biljke, što se pokazalo kao učinkovita hidroponska metoda. Mlaznice za maglu spojene su izravno na crpku za vodu. Kad se tlak u crpki poveća, otopina se raspršuje, a višak pada u donji spremnik (slika 13.).

Uz pravilan odabir odgovarajuće dimenzije rezervoara, moguć je uzgoj svih vrsta biljaka u aeroponskom sustavu. Međutim, spremnik mora biti vrlo dubok ukoliko se uzgajaju veće biljke. U protivnom, mlaznice neće doprijeti do svih korijena. Budući da su biljke s aeroponskim sustavom smještene u zraku, dobivaju sav kisik koji im je potreban. Ovaj sustav također koristi manje vode nego bilo koji drugi hidroponski sustav, što povećava učinkovitost. Međutim, postoji nekoliko problema s ovim sustavom. Izgradnja sustava iziskuje veće financijsko ulaganje te je samim time manje privlačnije, isto tako mlaznice se uslijed kemijskih elemenata unutar aerosola često začepi te je potrebno učestalije održavanje.



Slika 13. Zračni sustav ili aeroponija

Izvor: <https://www.researchgate.net>

## 5. ZAKLJUČAK

Poljoprivredna proizvodnja slovi kao najveći potrošač vode pa je stoga cilj održivo gospodarenje vodnim resursima, smanjenjem gubitaka te povećanjem učinkovitosti navodnjavanja. Upravo se lokalizirano navodnjavanje uklapa u koncept održive meliorativne prakse jer su gubitci vode minimalni, iskoristivost vode je velika te su mali utrošci energije. Radi visokih početnih ulaganja, ova metoda navodnjavanja se najčešće primjenjuje kod visoko dohodovnih kultura, međutim u novije vrijeme je zamjetna i sve češća primjena u hortikulturi i uređenju okoliša.

## 6. POPIS LITERATURE

1. Allen, B.W. (2006.): All About Sprinklers and Drip Systems.
2. Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., Heibloem, M. (1985.): Irrigation Water Management: Training Manual No. 5: Irrigation methods.
3. Darwish, W.M.B., Elmetwalli, A.H. (2019.): Influence of Irrigation Method and Fertilization Type on Avocado Yield and Quality. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 141-156.
4. Food and Agricultural Organisation, FAO (2007.): Handbook, Chapter 11: Microsprinklers,
5. FAO statistika (2020.): FAOSTAT.  
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/RL/visualize> (20. 09. 2021.)
6. Kaur, P, Kaur, K., Singh, H. (2020.): Role of Micro-Irrigation in Vegetable Crops, *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 9: 89-96.
7. Kos, Z., Bonacci, O., Tomić, F., Madjar, S., Romić, D., Plišić, I., Gereš, D. (1994.): Priručnik za hidrotehničke melioracije, II kolo, Navodnjavanje, Knjiga 3.
8. Madjar, S., Šoštarić, J. (2009.): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
9. Marušić, J. (2020.): Aktivnosti stručnog tima za provedbu NAPNAV-a od 2004. do 2017. *Hrvatske vode*, 26 (2018): 135-140.
10. Paul, J.C., Mishra, J.N., Pradhan, P.L. and Panigrahi, B. (2013.): Effect of Drip and Surface Irrigation on Yield, Water-Use-Efficiency and Economics of Capsicum (*Capsicum annum* L.) Grown under Mulch and Non-Mulch Conditions in Eastern Coastal India. *European Journal of Sustainable Development*, 2: 99-108.
11. Pokos, V., (2014): Stručni rad: Navodnjavanje u povrćarstvu i cvjećarstvu, *Glasnik zaštite bilja* 4/2014.
12. Romić, D., Marušić, J. (2005.): Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem u Republici Hrvatskoj.
13. Sambo, P., Nicoletto, C., Gir, A., Pii, Y., Valentinuzzi, P., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R., Cesco, S., (2019): Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: Issues and Opportunities in a Smart Agriculture Perspective, *Frontiers in Plant Science*, Article 923.
14. Sammis, T.W. (1980.): Comparison of Sprinkler, Trickle, Subsurface, and Furrow Irrigation Methods for Row Crops. *Agronomy Journal*, 72: 701-704.

15. Shareef, T., Ma, Z., Zhao, B., (2019.): Essentials of Drip Irrigation System for Saving Water and Nutrients to Plant Roots: As a Guide for Growers. *Journal of Water Resource and Protection*, 11: 1129-1145.