

UDK: 628.86:621.8.036

## TEHNIČKI SISTEMI ZA KONTROLU MIKROKLIME U PLASTENICIMA

**Nebojša Momirović, Bojan Vasić, Dragiša Raičević, Mićo V. Oljača**

*Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun*

**Sadržaj:** Biljna proizvodnja u zaštićenom prostoru predstavlja najintenzivniji oblik proizvodnje u poljoprivredi. Rast biljaka je intenzivan tokom cele godine, sa ostvarivanjem visokog prinosa i kvaliteta proizvoda.

Svrha regulacije mikroklimе u plastenicima je povećanje obima poljoprivredne proizvodnje na ograničenim (zaštićenim) površinama (prostorima) pri najmanjim proizvodnim troškovima, dovođenjem u skladan odnos mnogobrojnih faktora pre svega klime od kojih zavisi prinos gajenih kultura.

Kontrola mikroklimе u plastenicima predstavlja odgovoran, precizan i komplikovan proces, obzirom da ima više faktora koji utiču na klimu u zaštićenom prostoru, koji su uzajamno zavisni, pa se kontrola može uspešno postići jedino primenom odgovarajućih tehničkih sistema i uređaja kontrolisanih PC računarima.

U radu su prikazane novije generacije kontrolnih sistema i uređaja sa karakteristikama koje se koriste u kontroli mikroklimе plastenika.

**Ključne reči:** zaštićeni prostor, kontrola, mikroklima, tehnički sistemi.

### 1. UVOD

Biljna proizvodnja u zaštićenom prostoru predstavlja najintenzivniji oblik proizvodnje u poljoprivredi. Rast biljaka je intenzivan tokom cele godine kako bi se ostvarili visok prinos i dobar kvalitet proizvoda [10].

Svrha regulacije mikroklimе u plastenicima sastoji se u povećanju poljoprivredne proizvodnje na postojećim površinama pri najmanjim proizvodnim troškovima, dovođenjem u skladan odnos mnogobrojnih činilaca od kojih zavisi prinos gajenih kultura.

Osnovna karakteristika proizvodnje u zaštićenim prostorima je racionalno korišćenje energije i vode.

Površine u Srbiji pod plastenicima i staklenicima su veoma male i iznose oko 65 ha [7]. Površine pod staklenicima i plastenicima u kojima se vrši regulisanje mikroklimе je još manji, a osnovni razlog slabe primene ovih savremenih tehnologija je nedostatak finansijskih sredstava.

### 1.1. Značaj kontrole mikroklimе

Kontrolа mikroklimе u plastenicima predstavlja odgovoran i komplikovan proces obzirom da ima više faktora koji utiču na klimu i uzajamno su zavisni.

Da bi postigli cilj, a to je najveći mogući prinos na datim površinama, uz istovremeno odgovarajući kvalitet proizvoda moramo gajenim biljkama obezbediti adekvatne mikroklimatske uslove uz poštovanje zahteva za najmanjim utroškom energije.

Rad na pravljenju algoritama i softvera koji će pomoći kontroli klimе u zaštićenom prostoru predstavlja deo postupka kojima se kontroliše najveći deo ovih faktora uz minimalne energetske troškove.

Savremena kontrolа mikroklimе se danas zasniva na osnovama tehnologije veštačke inteligencije. Programi koji su razvijani obuhvatali su ekspertska znanja stručnjaka i empirijska znanja uzgajivača biljnih kultura. Prototipovi uređaja su testirani u eksperimentalnim plastenicima pri kontrolisanim uslovima i projektovan je odgovarajući softver. Modelu prilagođen algoritam (program upravljanja) napravljen je za predvidljivo klimatsko okruženje, da bi se koristio za simulaciju energetske efikasnosti i optimizaciju kontrolne šeme. Algoritam je napravljen da može biti korišćen za odgovarajući softver koji obezbeđuje prethodnu obradu meteoroloških podataka kao kod modela. Model je definisan sa nekoliko komponenti koje opisuju karakteristike svake površine u zatvorenom prostoru kao što su: biljke, podloge, opremu i sam prostor.

Koristeći ovaj pristup, moguće je simulirati svaku strukturu zatvorenog prostora, na primer plastenika ili staklenika, pri čemu se moraju obezbediti odgovarajuće informacije.

Kontroleri su uređaji kojima se vrši podešavanje različitih parametara za postizanje najbolje moguća mikroklima u toku negovanje poljoprivrednih kultura i istovremeno ispunjava cilj u smislu visokih prinosa i kvaliteta plodova, sa primarnim ciljem - najmanjim utroškom energije.

Najveći deo proizvodnje u zaštićenom prostoru u Srbiji odvija se u jednostavnim plastičnim tunelima visine do 3,6 m.

## 2. TEHNIČKI SISTEMI ZA KONTROLU MIKROKLIME U PLASTENICIMA

Proizvodnja u plastenicima je u toku proteklih decenija rasla uprkos stalno visokim troškovima energije. Povećavanjem broja i vrsta materijala i struktura plastenika nepropusnih za vazduh, pojavio se problem visoke vlažnosti u objektu. Ipak, nepropusnost je stvorila povoljnu priliku za razvoj i korišćenje programa za kontrolu i regulaciju mikroklimе u plastenicima. Cilj ovog projekta je bio razvoj programa koji bi bili u stanju da konstantno podešavaju mikroklimatske uslove. Bilo je razvijeno nekoliko programa, ali su oni bili ograničeni na regulaciju samo jedno parametra.

Seginer je 1991. godine formulisao model za optimiranje temperature [11]. Model je predviđao da se podešena vrednost temperature polako snižava, tokom vegetacije salate, od prvog dana. Ipak, kolebanja temperature iz dana u dan, zbog uticaja spoljne temperature i sunčevog zračenja, zahtevala su dodatna praćenja. Dalja ekonomska dobit je zahtevala časovno podešavanje vrednosti koje treba održavati.

Stanghellini i van Meurs su 1992. godine predložili algoritam [11], koji se zasnivao na podešavanjima u zavisnosti od procenta transpiracije umesto temperature i/ili relativne vlažnosti. Zračenje i relativna vlažnost su bila dva glavna faktora koja su uticala na podešavanja.

HORTITRANS model je razvio Joliet 1994. godine [11], koji je predviđao relativnu vlažnost, procenat transpiracije i energetske troškove zasnovane na spoljnim klimatskim uslovima.

Ugljendioksid kao klimatski parametar koji je trebalo kontrolisati istraživao Critten 1991. godine [11].

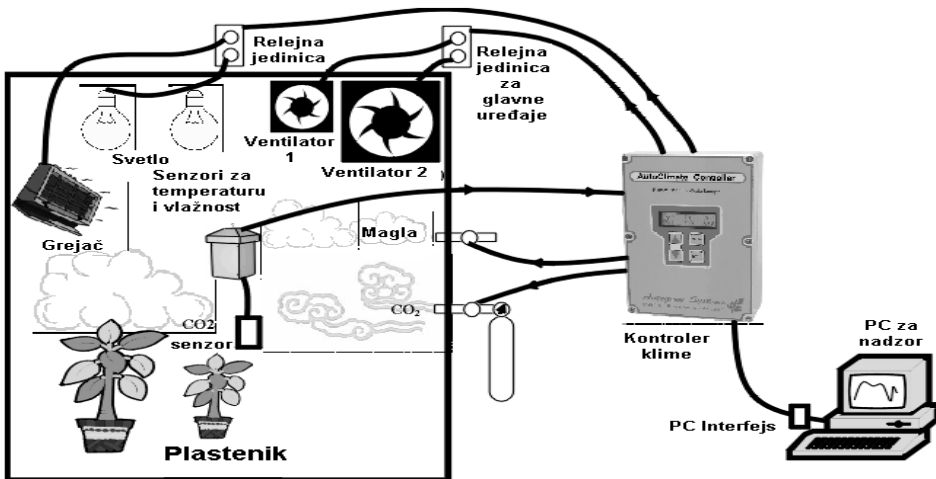
Iako su ove studije pokazale ekonomske prednosti optimiziranja mikroklimatskih uslova, u ovim procesima se kontrolisao samo jedan parametar. Dinamička strategija (dinamički model) je razvijen da bi se kontrolisala četiri promenljiva parametra (temperature vazduha, vlažnost vazduha, sunčevo zračenje i koncentracija ugljendioksida u vazduhu) i uticalo na prinos.

Algoritam koji je razvijen bio je u stanju da predvidi dinamičke mikroklimatske uslove u plastenicima koji maksimiziraju profit. Profit predstavlja ostvareni prinos pri proizvodnji poljoprivrednih kultura umanjen za ekonomske troškove za grejanje, navodnjavanje, ubrizgavanje ugljendioksida, provetranje.

Parametri (koncentracija CO<sub>2</sub>, temperature vazduha, vlažnost vazduha, zračenje) menjaju se dinamično za svaki vremenski interval u toku proizvodnje poljoprivrednih kultura.

## 2.1. Struktura sistema za kontrolu mikroklimе

Sistem za kontrolu klime (sl. 1) uključuje senzorsku opremu, kontrolnu jedinicu, centralni PC (Personal Computer) za nadzor, relejnu jedinicu i izvršne jedinice.



Sl. 1. Sistem za kontrolu klime [35]

PC i kontrolna jedinica su povezane magistralom za promet podataka.

Kontrolna jedinica ima standardizovane ulaze (portove). Ona omogućava nadgledanje više spoljašnjih/unutrašnjih parametara i može da kontroliše veći broj izvršnih jedinica. Svi uređaji su povezani sa centralnim kompjuterom, pa je moguće grafičko analiziranje podataka i procesa koji se odvijaju u sistemu, kao i arhiviranje. Kontrolna jedinica je snabdevena tastaturom i LCD ekranom.

Na kontrolnoj jedinici postoji mogućnost ručnog podešavanja kontrolnog panela (Control Panel – alat koji omogućava podešavanje osnovnih parametara operativnog sistema ili hardvera) na kontrolnoj jedinici, za podešavanje automatske ili ručne kontrole individualnih izvršnih jedinica u sistemu.

Kao dodatna oprema postoji mogućnost primanja naknadnih informacija o temperaturama više tačaka u određenim tačkama u plasteniku, kao i informacije o temperaturama u cevima za navodnjavanje. Time se obezbeđuju parametri- informacije o ulazu toplotne energije.

## 2.2. Senzorska oprema

**Termometar** (sl. 2) je uređaj koji određuje temperaturu vazduha. Sem određivanja, kod novijih termometara, postoji i mogućnost arhiviranja ovih podataka u memoriju. Memorije mogu skladištiti velike količine podataka (preko 50.000 podataka) i služe za dugotrajno arhiviranje podataka.

Za prenos podataka sa termometra do PC potrebna je oprema: kabal za vezu i odgovarajući softver (sl. 3) Da bi funkcionisao kao data logger, neophodan je RS modulator.



Sl. 2. Tipovi termometara:  
a) PCE T100,



Sl. 3. Oprema za prenos podataka b) PCE T311

**Higrometar** (sl. 4) služi za merenje relativne vlažnosti u plastenicima. Na LCD ekranu aparata prikazuju se trenutne vrednosti vlažnosti. Postoji mogućnost i skladištenja podataka u memoriju, kao i mogućnost povezivanja sa PC računarnom zbog analiziranja podataka. Elektronski senzori za vlažnost imaju tačnost  $\pm 5\%$ .



Sl. 4. Tipovi higrometara: a) PCE 222. b) PCE 3000

**Psihrometar** (sl. 5) je uređaj koji se u plastenicima koristi za istovremeno merenje temperature i vlažnosti vazduha. Ukoliko se u plasteniku vrši kontrola temperature i relativne vlažnosti vazduha grejanjem i ventilacijom, neophodan je kao deo opreme.



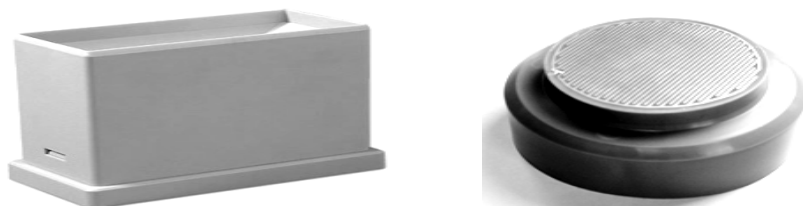
Sl. 5. Tipovi psihrometara a) PCE 313, b) Trotec T200, c) Boneco 7054, [22]

**Meteorološka stanica** (sl. 6) obuhvata senzore za kišu (sl. 7), brzinu (sl. 8) i pravac vetra (sl. 9), senzore za spoljnu temperaturu i vlažnost (sl. 10), kao i senzore za sunčevo zračenje (sl. 11). Senzori su postavljeni na osnovnu jedinicu, povezani su i spremni za priključenje. Kabal iz meteorološke se spušta do najbližeg klimatskog kontrolera. Meteorološku stanicu treba (sl. 6 c) postaviti na krov plastenika (prednja bočna strana).



Sl. 6. Tipovi meteoroloških stanica: a) WS Pro LT, b) WS Pro [28], c) Zeleni hit, 2007

**Senzori za kišu** služe za davanje podataka sistemu o početku padavina, na osnovu čega dolazi do zatvaranja krovnih i bočnih otvora.



Sl. 7. Tipovi senzora za kišu: a) TX 10 U, b) Anсад [38]

**Senzori za brzinu vetra** se još zovu i **anemometri**. Brzina se meri u m/s ili km/h, a uređaj za merenje brzine. Sastoji se od 3 ili 4 polulopte koje se okreću pod dejstvom vazdušne struje. Što je brzina veća, to se i kugle brže okreću, a ovo kretanje se lako pretvara u mehanički ili električni signal, baždaren u jedinicama brzine (sl. 8).

**Pokazivači smera vetra** predstavljaju deo standardne opreme svake meteorološke stanice. Smer se označava po stranama sveta ili po stepenima (0-360°). Smer vetra se određuje vetrokazom (sl. 9), u obliku strele montiran na vertikalnoj osovinu koja se slobodno okreće. Za usmeravanje strele, ona zadnjem delu ima vertikalni usmerivač koji služi kao "kormilo". Vetar je vektorska veličina koja je potpuno određena ako poznajemo obe njegove veličine, brzinu i pravac.



Sl. 8. Senzor za brzinu vetra, tip WE 550



Sl. 9. Senzor za pravac vetra, tip WE570

**Senzori za merenje solarne radijacije** (sl. 10) su značajni za mnoge funkcije u plasteniku. Na osnovu podataka koje dobijamo od ovog davača, vrši se uključivanje: grejanja, ventilacije, zasenjivanja i osvetljenja. U plasteniku su ovi podaci bitni da bi se definisale potrebe biljaka za vodom u određenim vremenskim intervalima.

Stari senzori su imali opseg merenja od 0 do 800 W, a noviji od 0-1200 W. Ovo je značajno za južnije zemlje i ekspozicije, kao što je Srbija, gde je zračenje jače i intenzivnije u odnosu na skandinavske zemlje.



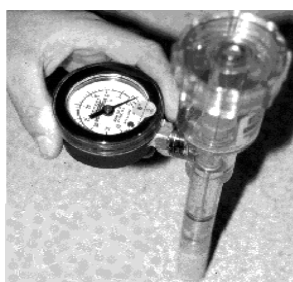
Sl. 10. Tipovi senzora za solarno zračenje a) WE 300 [36], b) Sat [38]

**Sonde za merenje temperature zemljišta** (sl. 11) služe za merenje temperature supstrata ili zemljišta koje se koriste za gajenje biljaka. Uglavnom se koriste platinijumski senzori visoke tačnosti.



Sl. 11. Sonda za merenje temperature zemljišta

**Tenziometri** (sl. 12 i 13) su instrumenti koji nam prikazuju podatke o stanju vlage u zemljištu. Dele se na: analogne (sl. 12) i digitalne (sl. 13). Na osnovu ovih podataka se određuje kada da se počne sa irigacijom i koja količina vode treba da se doda zemljištu, da bi se obezbedili povoljni uslovi za optimalan rast i razvoj biljaka. Praćenjem stanja vlage moguće je izbeći nepotrebno zalivanje. Zato služe dva senzora. Prvi, u gornjoj zoni kornovog sistema prati aktivnu korenovu zonu i služi za određivanje trenutka kada će se početi sa zalivanjem, a drugi u donjoj zoni služi za regulisanje količine vode da bi se izbeglo dodatno preveliko zalivanje i gubitak vode i hemijskih elemenata proceđivanjem, ispod zone kornovog sistema.



Sl. 12. Analogni tenziometar



Sl.13. Digitalni tenziometar, Zeleni hit, 2007.

Mini tenziometri (sl. 14) predstavljaju zamenu za tenziometre sa keramičkim vrhom u uslovima kao što su plastenički pri proizvodnji sa malim kontejnerima. Mini tenziometri su izrađeni sa fleksibilnim cevima koji omogućavaju precizno postavljanje vrha sa senzorom. Postoji nekoliko veličina i oblika ovog vrha sa prečnicima od 2-13 mm. Mini tenziometri sa većim cevima ispunjenim vodom se koriste na mestima sa dovoljno prostora.



Sl. 14. Mini tenziometri

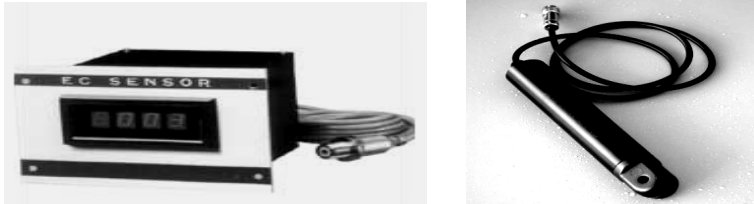
**Analizator ugljendioksida (CO<sub>2</sub>)** registruje koncentracije ugljendioksida (sl. 15), od 0 do 3000 ppm. Dozvoljava široko podešavanje vrednosti koncentracija za merenje.



Sl.15. Tipovi analizatora koncentracije CO<sub>2</sub>:  
a) Bacharach-model 2815, b) Bacharach-model 2830 [19]

**EC senzor** (Electrical Conductivity) (sl. 16) služi za merenje elektroprovodljivost u zemljištu. Kontrolisanje nivoa elektroprovodljivosti je jedan od najrasprostranjenijih metoda koje su dostupne i koriste se za doziranje đubriva pri fertirigaciji.

Svaka mikser stanica ima ovaj senzor kao standard, a neki modeli imaju i dva senzora za sigurnija merenja. U slučaju dva senzora, upoređuju se vrednosti sa oba, i u slučaju značajnijih odstupanja vrednosti, kontroler isključuje sistem za fertirigaciju i aktivira alarm. Nekada se EC senzor koristi za merenje nivoa elektroprovodljivosti i u različitim tačkama plastenika.



Sl. 16. Tipovi EC senzora: a) model T.K.[21], b) model 1500 ec, [39]

**pH senzor** služi za određivanje pH vrednosti vode koja se koristi za navodnjavanje (sl.17). U nekim slučajevima se ona mora sniziti. Ovo se rešava dodavanjem pripremljenih rastvora u vodu.

Mikser stanica mora imati pH senzor za merenje i kontrolisanje. Manje stanice imaju jedan, a veće dva senzora, pri čemu se vrednost sa oba senzora upoređuju i u slučaju većih razlika u izmerenim vrednostima kontroler isključuje sistem za fertirigaciju.



Sl. 17. Tipovi pH senzora: a)TP 300, b) model Pico [40]

**Kontrolna jedinica** (sl. 18) predstavlja deo sistema za kontrolu mikroklimе u plastenicima, koji služi za nadgledanje i kontrolu celog procesa. U svom sastavu ima sve potrebne hardverske komponente koje mu omogućavaju da samostalno vrši kontrolu celog sistema, a može biti i povezan sa centralnim kompjuterom. Na osnovu signala koje dobija od senzora, vrši aktiviranje izlaznih uređaja čime se dobija zaokružena celina.

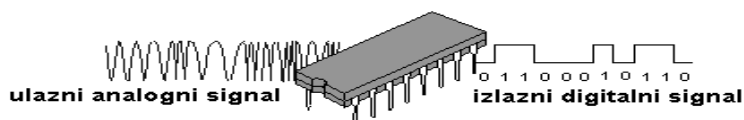


Sl. 18. Kontrolna jedinica FX 200 (model IZ2V30) sa mikser mašinom, ventilima i senzorima, Zeleni hit 2007.



Podaci koji registruje senzor mogu biti i u analognom obliku (svetlost, temperature), a procesor samo može da obrađuje podatke koji se nalaze u digitalnom obliku. Interfejs predstavlja vezu između senzora i kontrolne jedinice ili PC-ja, kao i vezu između PC-ja ili kontrolne jedinice i izvršnih uređaja

Najvažnija komponenta Interfejsa je analogno – digitalni pretvarač (A/D Converter) (sl.19), je uređaj koji pretvara analogni (kontinualno promenljiv) signal, sa mernog davača u binarni kod za korišćenje u računaru. Digitalni signal iz pretvarača ulazi u mikroprocesor kontrolne jedinice ili PC-ja na dalju obradu.



Sl. 19. A/D pretvarač

Signali koji potiču od senzora, ulaze u specijalne algoritme koji su napravljeni za konstantnog praćenja i podešavanja mikroklimatskih parametara, a u cilju poboljšanja klimatskih uslova u plastenicima.

Noviji algoritmi koji su razvijeni, su složeni, da bi se, u skladu sa dinamičkom strategijom kontrole, regulisalo više mikroklimatskih parametara.

Algoritmi koji se koriste su razvijeni u eksperimentalnim plastenicima, pri kontrolisanim uslovima, u sebi sadrže petlje kojima su pokrivenе sve moguće situacije koje se mogu predvideti u plastenicima. Na osnovu izlaznih informacija kontrolna jedinica vrši pokretanje ili zaustavljanje odgovarajućih izvršnih uređaja.

### 3. IZVRŠNI UREĐAJI

Kontrolna jedinica na osnovu signala koje dobija iz procesora vrši pokretanje odgovarajućih spoljnih jedinica, kojima se izvodi konkretna regulacija odgovarajućih klimatskih parametara.

**Trofazni asinhroni elektromotor** (sl. 20) je uređaj koji vrši pretvaranje električne energije u mehanički rad.

Za primenu u plastenicima najpogodniji je trofazni asinhroni motor (sl. 55), dok se za male snage, do oko 0.75 kW, obično upotrebljava jednofazni asinhroni motor.



Sl. 20. Tipovi trofaznih asinhronih elektromotora [42]

Elektromotor služi za pokretanje elemenata kojima se vrši ventilacija, sistema zasenjivanja, kao i za pogon ostalih uređaja u plasteniku.

Po dobijanju signala od kontrolne jedinice, FX 200 model 1Z2V30, vrši se podizanje ili spuštanje bočnih strana plastenika, krovnih otvora ili velikih vrata, kao i namotavanje, odnosno odmotavanje zavesa za zasenjivanje. Pomoću elektromotora se

može vršiti i pokretanje pumpi kojima se voda kroz sistem cevi potiskuje ka mikrorasprskivačima (regulisanje vlažnosti vazduha), ka kapačima u sistemima za navodnjavanje ili ka toplovodima u slučaju grejanja plastenika toplom vodom.

**Pumpe** (sl. 21) su uređaji koji služe za pretvaranje mehaničke energije (dobijene od motora) u hidrauličnu energiju (pritisak i protok). Po konstrukciji se dele na:

- Klipne
- Obrtne (centrifugalne i aksijalne)
- Obrtno - klipne

Klipne pumpe se upotrebljavaju u slučajevima kada je potrebno obezbediti visok pritisak, a mali protok, dok se centrifugalne pumpe koriste za dobijanje velikih protoka, a relativno niskih pritisaka.



Sl. 21. Tipovi pumpi [24]

Pumpe se koriste kao delovi sistema za navodnjavanje za regulisanje vlažnosti zemljišta, zatim, za potiskivanje vode prema rasprskivačima prilikom stvaranja izmaglice za regulisanje vlažnosti, kao i u sistemima za grejanje plastenika kojom prilikom potiskuju vodu ka glavnim i povratnim vodovima.

**Rasprskivači** (sl. 22) su deo sistema za kontrolu mikroklimе u plastenicima koji služe za regulisanje visokih temperature i niskih relativnih vlažnosti vazduha.



Sl. 22. Tipovi rasprskivača: a) Ein dor 4121, b) Ein dor 4191

**Sistemi za grejanje** (sl. 23) su neophodni u plastenicima za održavanje potrebne temperature, što je vrlo važno za gajene biljke. Zato treba obezbediti grejna tela koja su dovoljno snažna da održavaju najnižu potrebnu temperaturu vremenskim uslovima kada je potrebno grejanje.

Najčešće se koriste kotlarnice, grejna tela na struju, grejna tela na plin i dizel gorivo, a u poslednje vreme se kao energent koristi topla voda iz termalnih izvora.



Sl. 23. Sistem za grejanje, Zeleni hit, 2007.

**Ventilatori** (sl. 24) spadaju u grupu turbomašina, a namenjeni su za potiskivanje ili usisavanje gasova i vazduha. Prema obliku radnog kola ih delimo na aksijalne i radijalne (centrifugalne). U plastenicima se uglavnom koriste aksijalni čija je karakteristika veliki protok, a relativno nizak pritisak.



Sl. 24. Tipovi aksijalnih ventilatora: a) ventilator, Zeleni hit, 2007, b) model PMC & CIM [13]; c) model MRS Series [43]

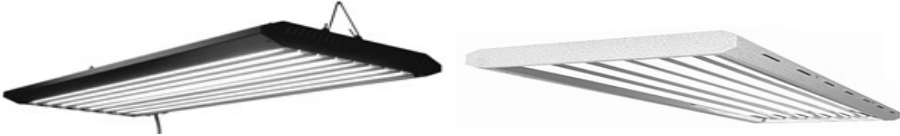
Ventilator je bitan element u sistemu kontroli klime, zbog važnosti dobrog provetranja, čak i u zimskom periodu. Cilj je sprečavanje stvaranja ustajalog i vlažnog vazduha, kao i regulacija temperature.

**Lampe** u plastenicima služe za kontrolu svetlosnih uslova. Koriste se lampe različitog spektra svetlosti, ali su najčešće u upotrebi lampe u kompletu sa reflektujućim površinama, kao i natrijumove sijalice pod pritiskom (sl. 25) ili fluorescentne lampe (sl. 26).



Sl. 25. Tipovi dopunskog osvetljenja sa natrijumovim sijalicama pod pritiskom

**Natrijumske sijalice** (sl. 25) se obično koriste za dodatno osvetljenje objekta. Najčešća snaga jedne sijalice je 400 W, što je dovoljno za površinu od oko 5 m<sup>2</sup>. To znači da je za plastenik površine 400 m potrebno na primer, 80 sijalica. Korišćenje usijanih lampi nije preporučljivo jer crveno svetlo koje se emituje sa ovih lampi uzrokuje da se biljke izdužuju.



Sl. 26. Tipovi fluorescentnih lampi

**Fluorescentne lampe** (sl. 26) se koriste u prostorijama za uzgoj. Ove lampe su bogate plavom bojom, koja utiče tako da biljke proizvedene iz semena budu veoma niske.

Uloga sistema za regulaciju mikroklimе sastoji se u redovnom merenju emitovanja svetlosti kvantum sensorima (za merenje količine aktivnog fotosintetskog zračenja) i održavanju jačine svetlosti na oko 150-250  $\mu\text{m}/\text{m}^2\text{s}$  fotosintetski aktivnog zračenja.

**Boce sa ugljendioksidom** (sl. 27) služe za povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> u zaštićenom prostoru. Boce sa čistim ugljendioksidom su uglavnom standardni deo opreme sistema za kontrolu klimatskih parametara u plastenicima. Njihovi ventili reaguju na signale dobijene od klimatskog kontrolera.



Sl. 27. Tipovi boca sa ugljendioksidom



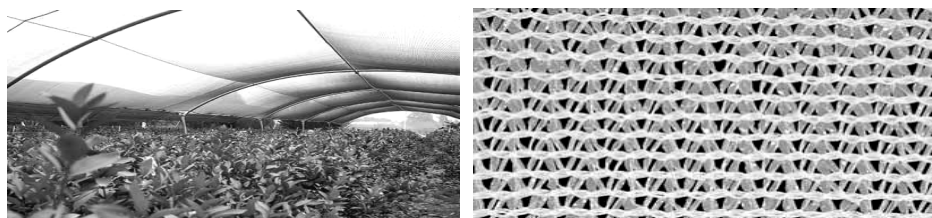
Sl. 29. Oprema za boce sa CO<sub>2</sub>

U okviru opreme za kontrolu CO<sub>2</sub> se nalaze manometri za očitavanje vrednosti pritiska u boci i u crevima, ventili, osigurači, kao i merač protoka.

**Mreže za zasenjivanje** pomažu kontroli temperature u plasteniku kada provetranje nije dovoljno. Zasenjivanje, čija osnovna svrha jeste kontrola temperature plastenika, obavlja se spolja. Postavljanjem mreža za senčenje unutar plastenika ne utiče se na temperature, već se samo štite biljke od direktnog sunčevog zračenja.

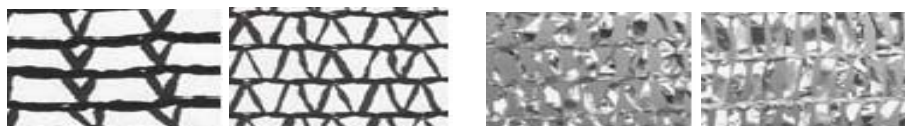
Količina senke koja je potrebna unutar plastenika zavisi od godišnjeg doba, ali i od biljaka koje se uzgajaju. U mesecima u kojima je sunčeva svetlost najjača zasenjivanje od 20–30 % je najpogodnije za većinu biljaka. Mreže za zasenjivanje mogu biti različitih boja sa specijalnim optičkim svojstvima koji poboljšavaju korisnost ovih mreža (crvena, plava, bež, žuta, narandžasta).

Bela mreža (sl. 28), zavisno od tkanja obezbeđuje zasenjivanje od 50 do 54 %, širine je 8 m. Vrlo je fleksibilna, laka, jaka i lako se širi. Postoji mogućnost njenog recikliranja.



Sl. 28. Bela mreža [25]

Crne mreže (sl. 29) imaju dobru fleksibilnost, jačinu, lagane su i imaju dobru jačinu. Prekrivanje plastenika se obavlja vrlo lagano. Postoji mogućnost recikliranja, a stepen zasenjivanja zavisi od tipa mreže (crna mreža za zasenjivanje povrća i voća pruža nivo senčenja od 60 do 70 %), prema [25].



Sl. 28. Tipovi crnih mreža

Sl. 29. Aluminet [25]

Termalni zastori u isto vreme služe i kao zasena tokom leta. Izrađuju se tkanjem niti koje sadrže aluminijum (sl. 29).

U objektima zaštićenog prostora sa npr. polikarbonat 10 mm mrežom i termalnim zastorima obezbeđuju smanjenje potrošnje energije za 49% u odnosu na staklene sa debljinom stakla od 4 mm.

### 3.1. Regulisanje odgovarajućih parametara mikroklima

**3.1.1. Regulisanje temperature** počinje po prijemu signala od kontrolne jedinice, koja na osnovu očitavanja sa senzora vrši pokretanje odgovarajućih uređaja.

U slučaju **povišene temperature** se uključuje elektromotor, koji preko svog vratila i sistema za prenos snage (uglavnom nosača zupčanika (pinjona) i odgovarajuće lučne ili ravne zupčaste letve) otvara krovne i bočne otvore (sl. 30). Otvori ostaju otvoreni do dobijanja signala od davača da je postignuta odgovarajuća temperatura ili do dobijanja signala o ugroženosti nekog drugog parametra (kiša, velika brzina vetra iz određenog pravca, grad ...).



Sl. 30. Sistem za provetravanje, Zeleni hit, 2007.

Kontroler može sem otvaranjem otvora i snižavanjem temperature prirodnim putem, vršiti i prinudnu ventilaciju uključivanjem ventilatora, koji se tako naročito koriste u letnjim mesecima. Kontrolni uređaj na osnovu informacija od senzora može čak vršiti pokretanje pojedinih ventilatora u određenim delovima plastenika, menjati broj obrtaja ili smer njihovih rotora, čime se zapravo intenzitet ventilacije menja i prilagođava trenutnoj mikroklimi u objektu.

Pored ventilacije na visoku temperaturu se može uticati i magljenjem. Klimatski kontroler na osnovu signala od davača vrši uključivanje elektromotora koji vrši pokretanje pumpe koja potiskuje tečnost pod pritiskom ka rasprskivačima. Magljenje traje do trenutka kada se uspostavi odgovarajući temperaturni režim, a onda kontrolor vrši isključivanje elektromotora, a samim tim i pumpe koja prestaje da potiskuje tečnost ka rasprskivačima.

Ponekad se magljenje prekida i pre postizanja određene temperature, ukoliko se pojavi naglo povećanje relativne vlažnosti vazduha, na šta upozorava higrostat.

Za povećanje **niske temperature** uglavnom se koriste, topla voda, topli vazduh, termogeni na gas i dizel gorivo, termalno grejanje, električna energija, a u poslednje vreme i solarna energija. U svim ovim slučajevima, posle dobijanja signala od senzora, kontrolna jedinica pokreće neku od izvršnih uređaja (motor, pumpa, ventil) pomoću kojih se zagrejani medijum dovodi do plastenika i vrši grejanje plastenika.

Istraživanja pokazuju [2], [2a], [1], [11], da su sa aspekta potrošnje energije najrentabilniji centralni sistemi zagrevanja toplom vodom gde su cevi postavljane neposredno iznad zemljišta.

Kao pomoćni sredstvo se mogu koristiti i sistemi za dodatno osvetljenje objekata (rasvetna tela) koje kontrolni uređaj uključuje posle dobijanja podatka sa senzora.

**3.1.2. Regulisanje vlažnosti vazduha** vrši klimatski kontroler pokretanjem odgovarajućih uređaja u zavisnosti od vrednosti vlažnosti vazduha.

Kontrolni uređaj može po dobijanju signala o **niskoj vlažnosti** pokrenuti pumpu koje vrši potiskivanje vode ka prskačima ili mikroorošivačima u cilju povećanja vlažnosti vazduha. Spektar kapi koji se pritom dobije je od 100 do 150  $\mu\text{m}$  ili od 5 do 10  $\mu\text{m}$ .

**Povišena vlažnost** u plastenicima se rešava uglavnom primenom sistema ventilacije, gde se po očitavanju vrednosti sa higrometra, pokreće elektromotor koji preko odgovarajućih prenosnika snage vrši otvaranje bočnih i krovnih otvora zbog povećanja protoka vazduha.

Opšta preporuka za kvalitetnu prirodnu ventilaciju je da su otvori na krovu i bočnim stranama od 16 do 25 % od površine poda.

Dodatno, kontrolor klime može uključiti i ventilatore koji intenzivno mešaju vazduh u plasteniku. Preporuka za blok objekte je da protok vazduha bude od 0.02 do 0.03  $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ .

Kao pomoćni sistem se mogu koristiti i mreže za zasnjevanje.

**3.1.3. Regulisanje vlažnosti zemljišta** se vrši sistemima za navodnjavanje. Po dobijanju signala od tenziometra, kontrolna jedinica vrši pokretanje pumpe koja kroz system cevi vrši potiskivanje vode ka kapačima. Po dobijanju informacije od senzora o postizanju zadovoljavajuće vlažnosti kontroler zaustavlja rad pumpe.

U sistem mogu biti uključeni i pH i EC senzori, na osnovu čijih podataka se eventualno, može vršiti fertirigacija, a najsavremeniji koncept jeste na osnovu kumulativne vrednosti fotosintetski aktivne radijacije.

**3.1.4. Regulisanje sastava i kvaliteta vazduha** se uglavnom vrši putem sistema za prirodnu i prinudnu ventilaciju. Potrebe za **kiseonikom** su uglavnom zadovoljene otvaranjem bočnih i krovnih otvora pri čemu dolazi do ulaska svežeg vazduha u plastenik. Dodatno, kontroler može uključiti ventilatore, koji na primer sistemom podpritiska vrši usisavanje svežeg spoljnog vazduha, a zagađeni vazduh napušta objekat kroz otvore na krovu ili bočne otvore plastenika.

Sistem ventilacije se koristi i u slučaju **povećane koncentracije ugljendioksida**.

U slučaju pada **koncentracije ugljendioksida ispod preporučenih vrednosti** kontroler uključuje ventil na boci sa ugljendioksidom i dolazi do njegovog isticanja u plastenik. Po dostizanju željene koncentracije kontroler isključuje ventil na boci sa CO<sub>2</sub> i dolazi do prestanka isticanja ugljendioksida iz boce.

**3.1.5. Regulisanje svetlosnih uslova** se izvodi sistemima za dodatno osvetljenje plastenika. To su uglavnom lampe sa natrijumovim sijalicama ili fluoroscentne lampe. Kvantum senzor šalje podatak ka procesoru o **nedovoljnom nivou intenziteta svetlosti**, a ovaj prosleđuje kontrolnoj jedinici instrukcije, na osnovu kojih ona vrši uključivanje reflektora u plasteniku.

Za slučaj dobijanja podataka o **povećanom intenzitetu zračenja** kontroler pokreće elektromotor koji navlači zastore u plasteniku u cilju umanjenja štetnog dejstva sunčevih zraka na biljke. Po vraćanju vrednosti zračenja na dozvoljeni nivo, kontroler daje naredbu o uklanjanju mreža.

Tehnički sistemi za kontrolu mikroklimе mogu biti projektovani da reaguju na vreme, zatim na količinu svetlosti ili na temperature u objektu.

### 3.2. Vizuelna WEB kontrola

U poslednjih nekoliko godina upotreba mobilnih telefona, u procesu kontrole mikroklimatskih uslova u zaštićenom prostoru, je u porastu. Ranije generacije mobilnih telefona nisu imale mogućnost uspostavljanja veze sa Internetom, već su samo slali izveštaje na određene (memorisane) brojeve mobilnih telefona.

Najnovija inovacija u daljinskoj kontroli predstavlja WEB kontrola. Ona omogućava kontrolu klimatskog kontrolera i mikser stanice, praktično iz bilo kog mesta u svetu. Od opreme je potreban samo kompjuter sa Internet browser-om (Internet Explorer, Opera, Mozilla ...) i veza sa Internetom.

Sistem je dizajniran tako da se mogu koristiti i najnovije generacije mobilnih telefona sa relativno malim ekranom i HTML browser-om, tako da je moguće mobilnim telefonom izvršiti proveru vrednosti praćenih parametara u plasteniku, kao i vršiti podešavanje sistema za regulaciju mikroklimе (sl. 31).

Prenos podataka je moguć samo u 3G mreži, zbog brzine prenosa i veličine podataka (MB).



Sl. 31. Mobilni telefon za WEB kontrolu

Postoji mogućnost korišćenja WIFI opreme u cilju dobijanja brzih odgovora nego putem klasičnog GSM/GPRS-a.

Postoji mogućnost ugradnje specijalnog GSM modema i programa kojim se automatski šalju informacije o alarmima. PC šalje ove informacije na mobilni telefon u vidu tekstualne poruke (SMS).

## ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljanje i opis funkcija pojedinih delova tehničkog sistema kontrole mikroklimе u plastenicima, nastao je u eksperimentalnim istraživanjima problema *kontrole mikroklimе u plastenicima*, koja su urađena u periodu maj-jun 2007. godine, na oglednom polju d.o.o. Zeleni Hit, u Zemunu-Beogradu. Na ovoj lokaciji je organizovana eksperimentalna proizvodnja povrća na otvorenom polju i zaštićenom prostoru i namenjena je i testiranju mnogobrojnih savremenih tehničko-tehnoloških merno-regulacionih rešenja u oblasti gajenja povrća.

U toku gajenja paprike u zaštićenom prostoru (plastenik tipa visoki tunel sa upotrebom aksijalnog ventilatora), kao i rasprskivača tipa Ein dor 4191, ispitivanjem su dobijene vrednosti parametara:

- Temperature vazduha u pojedinim delovima plastenika
- Relativne vlažnosti vazduha u određenim delovima plastenika
- Fotosintetski aktivne radijacije (FAR) u određenim danima.

Ispitivanja navedenih parametara pokazuju dobar kvalitet i visoku preciznost upotrebljenih mernih delova tehničkog sistema za kontrolu mikroklimе u plastenicima.

## LITERATURA

- [1] Popović M., Lazić B. (1987): Gajenje povrća u zaštićenom prostoru, Nolit, Beograd.
- [2] Momirović N. (2002): Korišćenje polietilenskih folija u poljoprivredi, Povrtarski glasnik br.4 str 5-11, Novi Sad.
- [2a] Momirović N., Orlović D., Oljača V.M. (2005): Specifičnosti tehničko-eksploatacionih karakteristika sistema za mikro navodnjavanje u zaštićenom prostoru, Naučni časopis: Poljoprivredna tehnika, str. 59-69., N<sup>o</sup>1, godina XXX, Beograd.
- [3] Bajkin A. (1994): Mehanizacija u povrtarstvu, Novi Sad.
- [4] Oljača M., Raičević D., (1999): Mehanizacija u melioracijama zemljišta, Beograd.
- [4a] Oljača V., Mićo Kosta Gligorević, Milorad Branković, Zoran Dimitrovski, Dragi Tanevski (2005): Primena elektronskih komponenti na traktorima i radnim mašinama u funkciji povećanja kontrole sigurnosti i eksploatacije, Naučni časopis: Poljoprivredna tehnika, str. 107-118., N<sup>o</sup>1, godina XXX, Beograd.
- [5] Vukić Đ. (1997): Elektrotehnika, Nauka, Beograd.
- [5a] Vasić B. (2007): Kontrola mikroklimе u plastenicima, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [6] Đević M., Dimitrijević A. (2002): Izbor i principi gradnje objekata zaštićenog prostora, Povrtarski glasnik br.4 str 13-17, Novi Sad.



- [7] Dimitrijević A. (2001): Tehničko tehnološki sistemi gajenja useva u kontrolisanim uslovima, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- [8] Orlović D. (2004): Tehničko-eksploatacione karakteristike sistema za mikro navodnjavanje u zaštićenom prostoru, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- [9] Mičić Č. (2001): Tehnički sistem za mikronavodnjavanje u zaštićenom prostoru, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- [10] Đević M., Slobodan B., Dimitrijević A. (2005): Klimatski uslovi u objektima zaštićenog prostora i mogućnosti njihove kontrole, Poljoprivredna Tehnika br.4. str. 79-86, Beograd.
- [11] Trigui M., Barrington S., Gauthier L. (2001): A Strategy for Greenhouse Control: Model Development, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Volume 51, pages 1-318.
- [12] <http://www.irrigationtutorials.com/sprinkler00.htm>
- [13] Cincinnati fan and ventilator Company, Inc, Adress on the Internet (2007): [www.cincinnatiatfan.com](http://www.cincinnatiatfan.com)
- [14] Fito-agro Ltd., Adress on the Internet (2007): [www.fito-agro.com](http://www.fito-agro.com)
- [15] Auto Grow Group Company, Adress on the Internet (2007): [www.autogrow.co.uk](http://www.autogrow.co.uk)
- [16] Plantideas Inc., Adress on the Internet (2007): [www.plantideas.com](http://www.plantideas.com)
- [17] ACF Greenhouses, Adress on the Internet (2007): [www.littlegreenhouse.com](http://www.littlegreenhouse.com)
- [18] Nucleus D.B.M., Adress on the Internet (2007): [www.mikroklima.com.hr](http://www.mikroklima.com.hr)
- [19] Bacharach, Adress on the Internet (2007): [www.bacharach-inc.com](http://www.bacharach-inc.com)
- [20] Vernier company, Adress on the Internet (2007): [www.vernier.com](http://www.vernier.com)
- [21] PRIMIX Corporation, Adress on the Internet (2007): [www.primix.jp](http://www.primix.jp)
- [22] PCE Group, Adress on the Internet (2007): [www.pce-grupa.ba](http://www.pce-grupa.ba)
- [23] Acclaim images, Adress on the Internet (2007): [www.acclaimimages.com](http://www.acclaimimages.com)
- [24] China pumps, Adress on the Internet (2007): [www.pumps-china.com](http://www.pumps-china.com)
- [25] Polysack, Adress on the Internet (2007): [www.polysack.com](http://www.polysack.com)
- [26] Ocean Optics, Adress on the Internet (2007): [www.oceanoptics.com](http://www.oceanoptics.com)
- [27] Global Water Instrumentation, Inc., Adress on the Internet (2007): [www.globalw.com](http://www.globalw.com)
- [28] Rain Bird, Adress on the Internet (2007): [www.rainbird.com](http://www.rainbird.com)
- [29] Answers, Adress on the Internet (2007): [www.answers.com](http://www.answers.com)
- [30] International Greenhouse Company, Adress on the Internet (2007): [www.greenhousemegastore.com](http://www.greenhousemegastore.com)
- [31] Buildeasy, Adress on the Internet (2007): [www.buildeasy.com](http://www.buildeasy.com)
- [32] Mortons Horticultural Products, Inc, Adress on the Internet (2007): [www.mortonproducts.com](http://www.mortonproducts.com)
- [33] ECM, Adress on the Internet (2007): [www.ecm.co.yu](http://www.ecm.co.yu)
- [34] Autogrow Systems Ltd, Adress on the Internet (2007): [www.autogrow.com](http://www.autogrow.com)
- [35] Global Water, Adress on the Internet (2007): [www.globalw.com](http://www.globalw.com)
- [36] Crometeo, Adress on the Internet (2007): [www.crometeo.hr](http://www.crometeo.hr)
- [37] Itumic Oy, Adress on the Internet (2007): [www.itumic.fi](http://www.itumic.fi)
- [38] Esands, Adress on the Internet (2007): [www.esands.com](http://www.esands.com)
- [39] Endres, Adress on the Internet (2007): [www.uk.endress.com](http://www.uk.endress.com)
- [40] Hollyfield, Adress on the Internet (2007): [www.hollyfield.kingston.sch.uk](http://www.hollyfield.kingston.sch.uk)
- [41] China Motors, Adress on the Internet (2007): [www.made-in-china.com](http://www.made-in-china.com)
- [42] Oriental Motor, Adress on the Internet (2007): [catalog.orientalmotor.com](http://catalog.orientalmotor.com)
- [43] Plastenici, Adress on the Internet (2007): [www.plastenici.com](http://www.plastenici.com)

## TECHNICAL SYSTEMS FOR MICROCLIMATE CONTROL WITHIN GREEN HOUSES

**Nebojša Momirović, Bojan Vasić, Dragiša Raičević, Mićo V. Oljača**

*Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun*

**Abstract:** Plant production within a protected area presents the most intense way of agricultural production. Plant growing is intense year-round, with high yields and high quality products.

The point of microclimate regulation in green house is to increase agriculture production within limited (protected) areas (spaces) with the least amount of production costs, by arranging a balanced ratio of many factors, first of all the climate, which influences the yields of the cultivated crops.

Microclimate control in green houses presents an accountable, precise and complicated process, with respect to a number of factors that affect the climate within a protected space, which are interdependent, so the control could be successfully achieved only by applying the right technical systems and devices controlled by computers.

The work shows new generations of control systems and devices with characteristics that are used to control microclimate of a green house.

**Key words:** *protected space, control, microclimate, technical systems.*