



Horticulture 4.0

Интелигентни заштићени простори
у стручном образовању у области хортикултуре



ИНТЕЛИГЕНТНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗАШТИЋЕНИХ ПРОСТОРА

ДИГИТАЛНИ ПРИРУЧНИК ЗА НАСТАВНИКЕ

ИНФОРМАЦИОНЕ ОСНОВЕ НЕОПХОДНЕ ЗА УПРАВЉАЊЕ ИНТЕЛИГЕНТНИМ СТАКЛЕНИЦИМА

- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
- Турош Ласло Жолт - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)

МОБИЛНА КОМУНИКАЦИЈА У СТАКЛЕНИЦИМА

- Мартон Ђенђвер - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)

АУТОМАТИЗАЦИЈА ЗА СТАКЛЕНИКЕ, СЕНЗОРИ, РОБОТИКА

- Пап Шандор - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)
- Турош Ласло Жолт - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)
- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

МИКРОРАЗМНОЖАВАЊЕ ТЕХНИКЕ У ЛАБОРАТОРИЈИ

- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
- Борка Роланд - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

ГАЈЕЊЕ У СТАКЛЕНИКУ

- Пек Золтан - Мађарски универзитет за пољопривредне и животне науке (ориг. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)

ДИГИТАЛИЗАЦИЈА МИКРОКЛИМЕ У СТАКЛЕНИЦИМА

- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
- Ситаш Шандор - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

ПРЕЦИЗНА ЗАЛИВАЊА

- Турош Ласло Жолт - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)
- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

ДИГИТАЛИЗАЦИЈА ВЕШТАЧКОГ ОСВЕТЉЕЊА У СТАКЛЕНИЦИМА

- Пек Золтан - Мађарски универзитет за пољопривредне и животне науке (ориг. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)

ПРЕЦИЗНА ЗАШТИТА БИЉАКА У СТАКЛЕНИЦИМА

- Адам Јанош - Мађарски универзитет за пољопривредне и животне науке (ориг. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
- Мићко Шандор - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

ИНОВАТИВНИ НАСТАВНИ МЕТОДИ У 21. ВЕКУ

- Харђањи Марија - iTStudy Hungary – Центар за образовање и истраживање у области рачунарства д.о.о. (ориг. iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft.)

АКО ИМАТЕ БИЛО КАКВО ПИТАЊЕ У ВЕЗИ СА КЊИГОМ ИЛИ ПРОЈЕКТОМ У ОКВИРУ КОЈЕГ ЈЕ ОВА КЊИГА НАСТАЛА:

ХОРВАТ ЗОЛТАН

Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

6900 Мако, Сеп улица 2-4., Мађарска

Web: <https://galamb.aaszc.hu/>

Email: galambj.iskola@gmail.com

САДРЖАЈ

Поздравна реч “Horticulture 4.0”	5
ПОГЛАВЉЕ 1.	6
Информационе основе неопходне за управљање интелигентним стакленицима.....	6
1. Комуникација, мобилна комуникација.....	6
2. Мобилна комуникација.....	8
3. Пријем, конверзија и пренос сигнала за пренос података.....	10
4. Сензори: појам и рад.....	18
5. Системи управљања.....	24
6. литература.....	29
ПОГЛАВЉЕ 2.	30
1. МОБИЛНА КОМУНИКАЦИЈА У СТАКЛЕНИЦИМА.....	30
1. Мрежна комуникација.....	30
2. Безбедност мобилних система.....	36
3. Мобилне мрежне технологије: 2G, 3G, 4G, 5G и будући развој.....	37
4. Мобилне опције повезивања.....	39
5. Комуникациони протоколи у стакленицима.....	42
6. IoT (Internet of Things - Интернет ствари).....	44
7. Стакленици и мобилна комуникација.....	46
8. Мобилне комуникације у стакленицима.....	49
9. Литература.....	50
2. АУТОМАТИЗАЦИЈА ЗА СТАКЛЕНИКЕ, СЕНЗОРИ, РОБОТИКА.....	53
1. Увод.....	53
2. Аутоматизовано праћење и нега биљака.....	53
3. Роботи у стакленицима и самовозећа возила.....	60
4. Интеракција и сарадња интелигентних система.....	62
5. Стакленички дроновима и технологије засноване на дроновима.....	63
6. Екосистемске услуге и одрживост.....	65
7. Сензори који се користе у стакленицима и пољопривреди.....	66
8. Литература.....	74
3. МИКРОРАЗМНОЖАВАЊЕ ТЕХНИКЕ У ЛАБОРАТОРИЈИ.....	75
1. Безболестно гајење биљака и микроразмножавање.....	75
2. Ин витро методе размножавања и њихова примена.....	77
3. Микроразмножавање и очување врста.....	79
4. Повећање ефикасности и тачности микроразмножавања.....	80
5. Нанотехнологија и микроразмножавање.....	83
6. Аутоматизовани системи за микроразмножавање.....	84
7. Литература.....	87
4. ГАЈЕЊЕ У СТАКЛЕНИКУ.....	88
1. Гајење у стакленику, производња поврћа у стакленику.....	88
2. Основе контроле климе у узгојним уређајима.....	90
3. Контрола узгојних уређаја у пракси: Priva Operator.....	91
4. Контрола узгојних уређаја у пракси: Gremon Systems.....	92
5. Системи за узгој без земљишта.....	93
6. Снабдевање водом и хранљивим материјама у системима узгоја без земљишта (затворен систем).....	94
7. Фитомониторинг.....	95
8. Фитотехнички радови и жетва.....	96
9. Администрација фитотехнике (Gremon Systems Insight Manager).....	97
10. Аутономни (самостални) стакленик.....	98

11. Вертикална фарма (Plant Factory)	98
12. Литература.....	100
5. ДИГИТАЛИЗАЦИЈА МИКРОКЛИМЕ У СТАКЛЕНИЦИМА	102
1. Контрола климе у узгојним уређајима	102
2. Сензори и прикупљање података у стакленицима.....	108
3. Аутоматска контрола и регулација климе.....	110
4. Примена климатских модела у прогнозама	111
5. Вештачка интелигенција и машинско учење у стакленицима	112
6. Микроклима у стакленицима и продуктивност.....	113
7. Одрживо коришћење енергије и климатске промене.....	114
8. Извори	115
6. ПРЕЦИЗНА ЗАЛИВАЊА	116
1. Увод	116
2. Наводњавање и управљање хранљивим материјама	117
3. Главне карактеристике и структура система за наводњавање.....	118
5. Типови система за наводњавање у стакленицима	120
6. Главне карактеристике интелигентних система за наводњавањ	124
7. Структура интелигентног система за наводњавање	125
8. Извори	129
7. ДИГИТАЛИЗАЦИЈА ВЕШТАЧКОГ ОСВЕТЉЕЊА У СТАКЛЕНИЦИМА	130
1. Улога светлости у животу биљака.....	130
2. Вештачко осветљење	133
3. Типови вештачких извора светлости	133
4. Поређење HPS и LED извора светлости.....	136
5. Литература.....	138
8. ПРЕЦИЗНА ЗАШТИТА БИЉАКА У СТАКЛЕНИЦИМА	140
1. Предговор	140
2. Мониторинг штеточина и патогена и рано откривање	140
3. Прецизна заштита биљака и циљане интервенције.....	144
4. Еколошки прихватљиви пестициди и методе у стакленицима.....	147
5. Управљање резистенцијом штеточина и патогена.....	151
6. Климатски утицаји у стакленику и заштита биљака	154
7. Заштита биљака и одрживост	158
8. Felhasznált irodalom.....	161
ПОГЛАВЉЕ 3.	163
ИНОВАТИВНИ НАСТАВНИ МЕТОДИ У 21. ВЕКУ	163
1. Увод	163
2. Иновативни наставни методи у 21. веку.....	163
3. Активно учење – историјски корени пројектног метода	165
4. Основни појмови пословних пројеката	168
5. Пројектни метод	172
6. Литература.....	189
3. РЕЈЕЗЕТ	191
СТУДЕНТСКИ ПРОЈЕКТИ – СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА.....	191
Увод	191
Пластеничка производња – Узгој зелене салате у различитим супстратима	191
Прецизна заштита биљака - Мађарска	195
Прецизно наводњавање - Румунија	200
Информације о пројекту	203

Поздравна реч “Horticulture 4.0”

У доба дигиталне трансформације, хортикултура игра кључну улогу у обезбеђивању свежег и хранљивог поврћа и воћа све већој популацији. Употреба паметних технологија у пластеницима смањује неизвесности и повећава продуктивност, због чега аутоматизовани стакленици постају све популарнији. Велики напредак **робота, даљинског управљања, мобилних комуникација, Интернета ствари (ИоТ), аналитике података, система за подршку одлучивању и вештачке интелигенције (АИ)** такође се значајно трансформисао и наставља да обликује пољопривредни сектор. Потражња за аутоматизацијом и даљинским управљањем пластеницима расте у многим земљама широм свијете, али **мало је квалификованих пољопривредника и радне снаге који могу поуздано и професионално користити ове уређаје**, јер стручно образовање може држати корак с технолошким развојем само са закашњењем од неколико година.

Овај приручник **је припремљен у оквиру Ерасмус+ пројекта “Horticulture 4.0 - Интелигентне стаклене баште у стручном образовању у области хортикултуре”** уз учешће три земље (Мађарске, Румуније и Србије), у партнерству стручњака из пољопривредних институција и универзитета. Примарни циљ пројекта био је развити висококвалитетне материјале за учење за хортикултуре едукаторе о технологијама које се користе у паметним пластеницима у три главне теме:

1. ИТ основе рада паметних пластеника
2. Паметне технологије у пластеницима
3. Иновативне наставне методе

Прва тема говори о основним ИТ основама потребним за рад интелигентних пластеника на јасан и приступачан начин. Друга тема описује напредне технологије паметних пластеника у осам поглавља, прилагођавајући се физиолошким фазама биљака, са приступом оријентисаним на праксу и посебним фокусом на решења вештачке интелигенције. Трећа тема је методолошки водич за наставнике хортикултуре предмета који желе да подучавају најновије технологије својим ученицима користећи иновативне методе 21. века.

Вишенаменска употреба резултата пројекта подразумева:

- Онлајн курсеви - програм обуке за пољопривредне стручне едукаторе у три модула у Moodle окружењу, са мапом компетенција очекиваних исхода учења ученика.
- Садржај учења смо објавили као приручник за наставнике у дигиталном облику, који наставници хортикултуре могу користити у свакодневном раду, као додатак доступним уџбеницима.
- Кохерентни делови наставног плана и програма се континуирано објављују у облику дигиталних материјала за микроучење, на четири језика, као бесплатни материјали за учење, на професионалним и образовним платформама за размену садржаја.

Овај приручник се препоручује свим колегама које предају предмете хортикултуре у стручним школама, средњим стручним установама или високом образовању. Његов циљ је да их подржи у преношењу ажурних, релевантних знања својим ученицима, помажући им да изграде успешну будућност у суочавању са данашњим пољопривредним изазовима.

Horticulture 4.0 Конзорцијум

ПОГЛАВЉЕ 1.

Информационе основе неопходне за управљање интелигентним стакленицима

Аутори:

- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб“ у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
- Турош Ласло Жолт - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)

1. КОМУНИКАЦИЈА. МОБИЛНА КОМУНИКАЦИЈА

1.1. Комуникација у свакодневном животу

У свакодневном животу комуникација обично значи људске интеракције, током којих се размењују информације, мисли, осећања и идеје између две или више страна.

Комуникација се може појавити у различитим облицима:

Вербална комуникација се заснива на употреби речи и језика када говоримо или пишемо.

Невербална комуникација се заснива на употреби говора тела, израза лица, држања тела и гестова, помоћу којих изражавамо своје емоције и намере.

Поред тога, постоји и **писана комуникација**, као што су писма или мејлови, као и визуелна комуникација, кроз илустрације, дијаграме или слике.

Израз комуникација данас, поред људског тумачења, има далеко шире значење. Комуникација – према теорији информација – је сваки процес у којем се преноси информација, без обзира на то у којој форми или коду се информација појављује. У ширем смислу, процесе који се одвијају између неорганских и органских материја можемо назвати комуникацијом, као и пренос информација између машинских система.

1.2. Комуникација у информатици

У информатици појам комуникације се односи на размену података и информација између рачунара, уређаја, система и апликација. Ово укључује пренос података, на пример, кроз локалне мреже (LAN - Local Area Network) или удаљене мреже, али можемо укључити и интеракцију између човека и машине. У том смислу, циљ комуникације је ефикасан, брз и сигуран пренос података, информација и инструкција између различитих система и корисника.

Емитер/кодер:

извор информације, појединац или група која ствара поруку, по потреби кодира и шаље је

Порука:	информација, мисао, осећање или идеја коју извор жели да пренесе.
Канал:	медијум кроз који се порука преноси, као што су говор, писање, електронски медији итд
Прималац/декодер:	прима поруку, по потреби је декодира за појединца или групу
Повратна информација:	одговор примаоца на поруку, који се враћа извору ако је комуникација двосмерна
Шум:	сви фактори који ометају, изобличавају или прекидају пренос или пријем поруке



Компоненте комуникационог процеса
извор: <https://hu.pinterest.com/pin/482940760039226296/>

Комуникација између информационих система може попримити различите облике. Комуникација између рачунара није ништа друго него пренос података (размена датотека, имејлова и других дигиталних садржаја) преко локалне мреже или интернета. Ово укључује и комуникацију између софтвера и апликација. На пример, апликациони програмски интерфејси (API-и) омогућавају једном софтверу да комуницира са другим, тражи или шаље податке, помажући интеграцији апликација и синхронизацији података. Овде убрајамо и комуникацију између корисника и компјутерских система. Ово се одвија кроз корисничке интерфејсе (нпр. графички кориснички интерфејси, командни интерфејси) где корисници уносе информације, дају инструкције и добијају повратне информације од система

У области информационе комуникације, важни су поузданост, безбедност и ефикасност. Протоколи, методе кодирања и мрежне архитектуре осигуравају да информације правилно теку и да су разумљиве за комуникационе системе.

2. МОБИЛНА КОМУНИКАЦИЈА

2.1. Основни појмови

Мобилна комуникација значи комуникацију помоћу мобилних телефона и других бежичних уређаја. Ова технологија омогућава људима да комуницирају у реалном времену са људима који живе на удаљеним местима или са другим уређајима.



извор: <https://www.brightlabelectronics.com/sensor-design>

За пренос података у мобилној комуникацији потребна је мрежна инфраструктура, мобилни торњеви и базне станице које обезбеђују покривеност и доступност комуникационих услуга.

Мобилне телефонске мреже користе, између осталог, следеће технологије: GSM (Global System for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), 3G (Third Generation), 4G (Fourth Generation), LTE (Long-Term Evolution) и 5G (Fifth Generation). Ове технологије постепено се развијају и пружају нове могућности у области мобилне комуникације.

Основне услуге мобилне комуникације укључују мобилне позиве, текстуалне поруке (SMS), мултимедијалне поруке (MMS), имејлове, апликације за друштвене мреже, прегледање интернета и најновије апликације као што су видео позиви, уживо стримовање, дељење локације и мобилно плаћање.

Главна предност ових услуга је брза и ефикасна комуникација између људи, под условом да постоји покривеност мобилне мреже у одређеном географском подручју. Мобилна мрежа омогућава сталну повезаност са члановима породице, пријатељима и пословним партнерима. Новије генерације мобилних мрежа, као што су 4G и 5G, доносе додатне предности у области мобилне комуникације. Оне обезбеђују брже брзине преноса података, нижу латенцију и већу капацитетност, што омогућава брз и поуздан пренос већих количина података, као и развој нових апликација и услуга.



извор: Генерисано помоћу DALL-E

Мобилна комуникација има значајан утицај на наш свакодневни живот и друштво. Променила је начин на који људи комуницирају, омогућавајући брзу и глобалну повезаност. Мобилна комуникација је подједнако важна у личној, пословној и друштвеној сфери. Даљи развој технологије ће у будућности пружити нове могућности.

2.2. Апликације

Апликације које се користе у мобилној комуникацији су широко распрострањене и омогућавају корисницима да обављају различите активности на мобилним уређајима (паметним телефонима или таблетима). Неколико примера најчешће коришћених типова мобилних апликација су:

1. Комуникационе апликације: за слање текстуалних порука (нпр. SMS, WhatsApp, Facebook Messenger), покретање позива (нпр. Skype, FaceTime, Viber).
2. Апликације за друштвене мреже: за одржавање контаката, дељење мишљења, фотографија, видео снимака (нпр. Facebook, Instagram, Twitter, TikTok).
3. Апликације за мејлове: за креирање имејл налога, слање и примање мејлова (нпр. Gmail, Microsoft Outlook).
4. Апликације за репродукцију музике и видео записа: за репродукцију музике, подкаста, филмова и серија на мобилном уређају (нпр. Spotify, YouTube, Netflix).
5. Навигационе апликације: за планирање путева, примање информација о саобраћају (нпр. Google Maps, Waze).
6. Апликације за здравље и фитнес: за подршку здравом начину живота, праћење исхране и приступ другим здравственим информацијама (нпр. Fitbit, MyFitnessPal).
7. Банкарске и платне апликације: за обављање банкарских трансакција, плаћање мобилним уређајем, праћење финансија (нпр. PayPal, Revolut).

Ово су само неки примери разноликости мобилних апликација. Мобилне апликације се стално развијају и нуде нове функције и могућности корисницима, омогућавајући им да још удобније и ефикасније користе своје мобилне уређаје у свакодневном животу.

2.3. Мобилна комуникација у пољопривреди

Мобилна комуникација игра кључну улогу у модернизацији пољопривреде и повећању конкурентности пољопривредника. Увођење нових технологија и комуникационих алата доноси бројне предности пољопривредним произвођачима у следећим областима:

Прикупљање и анализа података: пољопривредници могу у реалном времену прикупљати податке о својим пољима, временским условима и стању усева, што омогућава доношење добрих одлука о потребним интервенцијама.

Тржишне информације: помоћу мобилних телефона пољопривредници добијају актуелне информације о променама тржишних цена различитих производа.

Комуникација и саветовање: захваљујући мобилној комуникацији, пољопривредници лако могу ступити у контакт са саветницима, стручњацима и другим пољопривредницима, како би размењивали најновије развоје и добре праксе.

Дигиталне финансијске услуге: мобилно банкарство и дигиталне платформе за плаћање олакшавају финансијске трансакције, набавку ђубрива или семена и управљање приходима од продаје усева.

Прецизна пољопривреда: прецизне пољопривредне технологије, дронави и сателитске слике омогућавају пољопривредницима да тачно прате и оптимизују употребу ђубрива, воде и средстава за заштиту биља.

Образовање и обука: мобилна комуникација омогућава пољопривредницима приступ онлајн обукама преко мобилних уређаја, што им омогућава да се упознају са најновијим пољопривредним праксама и технологијама.

3. ПРИЈЕМ, КОНВЕРЗИЈА И ПРЕНОС СИГНАЛА ЗА ПРЕНОС ПОДАТАКА

3.1. Податак и количина података

Податак је облик приказа чињеница или појмова који су погодни за тумачење, обраду и пренос помоћу уређаја за обраду података. Подаци могу бити неструктурирани, попут једноставног текстуалног документа, или структурирани, као што је датум у бази података. Информација је ново знање створено обрадом података од стране машине или човека.

Количина података је мерна јединица која показује колики капацитет складиштења је потребан за чување података. Јединице мере количине података укључују бит (најмања јединица податка, која може бити 0 или 1) и бајт (обично 8 битова, који служе за складиштење једног карактера, као што је слово или број). Додатне јединице мере количине података су килобајт (KB), мегабајт (MB), гигабајт (GB), терабајт (TB), петабајт (PB), ексабајт (EB), где је свака јединица обично 1024 пута већа од претходне (иако се у мерењу капацитета складиштења и преноса података често користи множилац од 1000 ради лакшег разумевања).

Количина података нам омогућава да одредимо потребну величину уређаја за складиштење података, брзину преноса података и капацитет обраде података. На пример, количина података потребна за складиштење дигиталне слике одређује време учитавања на веб страници, или количина података за видео одређује колико времена је потребно за преузимање или стримовање при датој брзини мреже.

3.2. Сигнали преноса података

Сигнали играју кључну улогу у свим облицима комуникације, док су у информатици основни алати за пренос података и информација. Сигнали омогућавају физички пренос података кроз комуникационе канале. Дигитални сигнали преносе информације у дискреционом облику (на пример, у серији 0 и 1), док аналогни сигнали могу континуирано да се мењају у зависности од времена. Аналогни сигнали могу да заузму бесконачно много вредности у оквиру одређеног опсега и обично представљају континуиране промене физичких величина као што су температура, притисак, звучни таласи или интензитет светлости. Аналогни сигнали се континуирано мењају, док се дискрециони или дигитални сигнали мењају прекидно или степенасто.

У контексту информатичке комуникације, улогу сигнала можемо груписати према различитим аспектима.

Груписање сигнала према скуповима вредности и доменима тумачења:

- Аналогни сигнал: његов домен тумачења и скуп вредности су континуирани (на пример, промена температуре током одређеног периода,
- Сигнал дискретан у временском домену: домен тумачења сигнала је дискретан, док је скуп вредности континуиран (на пример, температурна читања на сат времена),
- Сигнал дискретан у амплитуди: његов домен тумачења је континуиран, док је скуп вредности дискретан (на пример, подесиви излазни напон на напајању),
- Дигитални сигнал: домен тумачења и скуп вредности су дискретни (на пример, секундарна казаљка на једноставном дигиталном сату).

Неке карактеристичне и разликовне особине аналогних и дигиталних система:

- Дигитални системи користе целе (на пример, бинарне) бројеве за унос, обраду, пренос, складиштење или приказивање.
- Аналогни системи примењују континуирани спектар вредности, као и ненумеричке симболе попут слова или икона.
- У аналогним системима чак и мале флукуације и осцилације имају значење.

Појам аналогног и дигиталног сигнала, са примерима

- **Аналогни сигнал:** може попримити било коју вредност, континуирано се мења, може се очитати у било ком тренутку, даје веродостојне податке. Примери: брзиномер, традиционални волтметри, традиционални термометар (жива), барометар, хидраулика.
- **Дигитални сигнал:** дискретна репрезентација неке променљиве појаве или физичке величине, на пример, само одређеним целобројним вредностима. Примери: дигитални термометар, дигитални сат.

3.3. Обрада сигнала, дигитализација аналогних сигнала

Шенонов закон узорковања (или често називан Шенон-Њиквистов теорем узорковања) један је од основних принципа дигиталне обраде сигнала. Закон одређује брзину узорковања континуираног временског сигнала како би се оригинални сигнал могао савршено обновити из узорака без губитка информација током процеса. Закон каже да за сигнал са максималном ширином опсега X , фреквенција узорковања (брзина узорковања) мора бити најмање двоструко већа од максималне фреквенције сигнала (тј. $2X$) да би се оригинални сигнал могао обновити без изобличења.

На пример, ако је највиша фреквенција аудио сигнала 20 kHz, према Шенон-Њиквистовој теореми за савршену конверзију сигнала у дигитални облик потребна је фреквенција узорковања од најмање 40 kHz.

Закон узорковања је од суштинске важности у дигиталном аудију и сликању, као и у многим другим областима где је потребно конвертовати аналогне сигнале у дигиталне, јер помаже у спречавању грешака узорковања, које се дешавају када је фреквенција узорковања сувише ниска и високофреквентни елементи сигнала изобличују обновљени сигнал.

Аналого-дигитална (A/D) и дигитално-аналогна (D/A) конверзија

Аналогни сигнали се могу конвертовати у дигиталне сигнале (и обрнуто) помоћу A/D (аналого-дигиталних) и D/A (дигитално-аналогних) конвертора, чиме се омогућава дигитална обрада, складиштење и пренос аналогних сигнала. Дигитални пренос података је често ефикаснији и мање подложен шуму у поређењу са директним руковањем аналогним сигналимa. Током A/D конверзије, континуирани аналогни сигнал се квантализује у дискретне дигиталне вредности, док D/A конверзија претвара дигиталне сигнале у аналогне сигнале, што омогућава физичку репрезентацију и сензорну перцепцију.

Ограничења дигитализације аналогних сигнала

- Током дигитализације, аналогни сигнали се претварају у сигнале који се могу представити бројевима, које рачунар може да интерпретира.
- Од оригиналних података се узимају узорци у одређеним корацима, а континуирани сет података између два корака се замењује вредношћу, што је разумљиво само приближна вредност.
- Процес додељивања вредности у опсегу се назива квантовање. Прецизност се може побољшати гушћим узорковањем и мањим корацима.
- Током дигитализације долази до губитка података, па се оригинални аналогни сигнал не може у потпуности реконструисати из дигиталног сигнала.

Кораци дигитализације аналогних сигнала

- Узорковање: узимање узорака из оригиналног континуираног скупа података у одређеним корацима и замена променљивих вредности између два корака једном вредношћу.
- Квантовање: одређивање скупа вредности из којег дигитални сигнал преузима вредност приближну оригиналном сигналу.
- Кодирање: узорковани и квантовани сигнал се може претворити у бинарни путем кодирања: уређај за кодирање додељује бинарне низове сигналимa добијеним квантовањем.

3.4. Дигитализација слика и звукова

Дигитализација слика

Дигитализацијом слика, фотографија и докумената омогућавамо њихово чување, уређивање и дељење у дигиталном формату на различитим електронским уређајима. Дигитализација претвара аналогну слику у дискрециони дигитални формат у два корака: узорковањем и квантовањем.

Узорковање

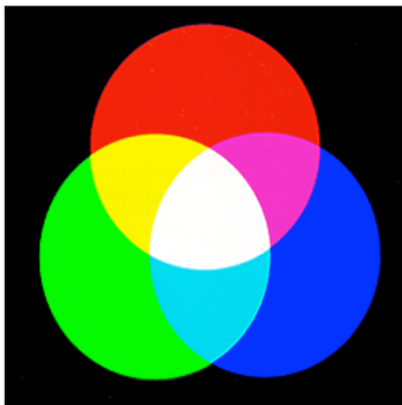
Током узорковања, слика се дели на мале квадрате помоћу решетке (grid), који се називају пиксели (picture elements). Сваки пиксел представља тачку на дигиталној слици. Фреквенција узорковања, односно густина пиксела, одређује резолуцију дигиталне слике: што више пиксела има слика, то је детаљнија дигитална верзија. Сlike високе резолуције боље чувају детаље оригиналне слике, али захтевају више меморијског простора.

Квантовање

Следећи корак је квантовање: вредности интензитета светлости које се бележе за сваки пиксел претварају се у дискреционе вредности дубине боје. Дубина боје одређује колико различитих боја или нијанси се може приказати на дигиталној слици. На пример, на слици са дубином боје од 8 бита, сваки пиксел може приказати 256 (2⁸) различитих боја или нијанси. Квантовање одређује верност боја и богатство детаља дигиталне слике. Ако се за чување користи 3 бајта (24 бита), на дигиталној слици се може приказати више од 16 милиона (16 777 215) нијанси боја.

Координатни системи и формати боја

Адитив Мешање боја



Чување и обрада дигиталних слика могу се вршити по различитим моделима боја и форматима датотека. RGB (Red, Green, Blue), такозвано сабирање боја, ствара различите боје комбиновањем црвене, зелене и плаве боје. RGB код садржи кодове за основне боје (црвену, зелену и плаву) засебно.

CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black), одузимање боја, углавном се користи за штампање слика. Сунчева светлост

садржи све видљиве боје које се могу видети на Земљи. Када сунчева светлост осветли предмет, предмет апсорбује (одузима) део светлости и одбија остатак. Одбијена светлост је боја коју видимо. Ватрогасни камион је светло црвен јер апсорбује све боје (плаву и зелену) из спектра светлости осим црвене.

Формати датотека за чување дигиталних слика, као што су JPEG, PNG, GIF и TIFF, користе различите технике компресије и методе обраде података како би оптимизовали квалитет слике и величину датотеке.

Субтрактивно мешање боја



Компресија

За складиштење и пренос дигиталних слика често користимо технике компресије. Компресија може бити са губитком, као код JPEG формата, где се током компресије губе оригинални подаци ради смањења величине датотеке, или без губитка, као код PNG формата, где се оригинални квалитет слике задржава, али је смањење величине мање ефикасно.

Дигитализација звука

Дигитализацијом звука физички, аналогни звучни сигнали се претварају у сигнале који се могу чувати у дигиталном формату, чиме омогућавамо складиштење, уређивање, пренос и копирање звукова на рачунару. Први корак у дигитализацији звука је узорковање, након чега следи квантовање и кодирање, који претварају континуиране аналогне сигнале у дискреционе дигиталне податке.

Узорковање

Први корак у дигитализацији звука је узорковање: узимају се узорци из аналогног сигнала у одређеним временским интервалима. Фреквенција узорковања (или стопа узорковања) одређује колико пута у секунди вршимо узорковање. Јединица мере фреквенције узорковања је Херц (Hz), где 1 Hz означава један узорак у секунди. На пример, аудио квалитета ЦД-а снима се фреквенцијом узорковања од 44,1 kHz, што значи да се узима 44.100 узорака у секунди.

Квантовање

Након узорковања следи квантовање: амплитуде узорка се заокружују на дискреционе вредности. У овом кораку, континуирани аналогни сигнал се претвара у ограничен број дискреционих дигиталних сигнала које систем може да обрађује. Број квантовања одређује тзв. "дубина бита". Дубина бита одређује колико битова се користи за чување амплитуде узорка. На пример, 16-битни аудио систем може да разликује 65.536 (2^{16}) различитих амплитудних вредности. Током квантовања настаје тзв. квантни шум, јер се континуиране амплитудне вредности заокружују на дискреционе вредности, али се повећањем дубине бита квантни шум може смањити.

Кодирање

За чување и пренос података након узорковања и квантовања, дигитални подаци морају бити кодирани. Кодирање компримује податке са циљем смањења количине података уз задржавање квалитета звука. Компресија може бити са губитком (на пример, MP3, AAC), где се изостављају одређене информације које људско ухо мање осећа, или без губитка (на пример, FLAC, WAV), где се задржава оригинални дигитални сигнал.

Дигитализација покретних слика и видео записа

Дигитализација аналогних покретних слика, филмова и видео записа одвија се у корацима сличним онима за дигитализацију звука: први корак је узорковање, затим следи квантовање и компресија. Резултат је конверзија континуалних аналогних сигнала у дискреционе дигиталне податке. Дигитално сачуван филм можемо чувати на рачунару, уређивати и преносити на друге уређаје.

Узорковање

Први корак у дигитализацији је узорковање: снимање кадрова филма у одређеним временским интервалима. Код покретних слика разликујемо два главна узорковања: временско и просторно узорковање. Временско узорковање одређује број кадрова снимљених у секунди (fps - frames per second), док просторно узорковање одређује резолуцију пикселне матрице унутар сваког кадра.

Квантовање

Након узорковања следи квантовање: вредности осветљености и информације о боји пиксела унутар кадрова се заокружују на дискреционе вредности, односно континуални аналогни сигнали се конвертују у ограничени број дигиталних вредности. Квалитет квантовања одређује дубина бита, што показује колико битова се користи за складиштење информација по пикселу. Већа дубина бита даје бољи квалитет слике, омогућавајући разликовање више нијанси боја и осветљености.

Компресија

Дигитално сачувани видео може захтевати много меморијског простора, па је компресија веома важна. Циљ компресије је да смањи количину података без значајног утицаја на квалитет филма. Постоје два типа компресије: са губитком и без губитка. Компресија са губитком (на пример, MPEG, H.264) изоставља информације које су мање важне за визуелну перцепцију, док компресија без губитка (на пример, PNG за слике) тачно задржава оригиналне податке.

3.5. Значај дигитализације у савременој пољопривреди

Прецизна пољопривреда настоји да оптимизује пољопривредну праксу применом савремених технологија и метода анализе података, како би повећала продуктивност, смањила утицај на животну средину и побољшала економску ефикасност. Дигитализација игра кључну улогу у овом процесу, омогућавајући прецизније праћење, анализу и управљање пољопривредним процесима. Погледајмо неке примере!

Дигитализација звука

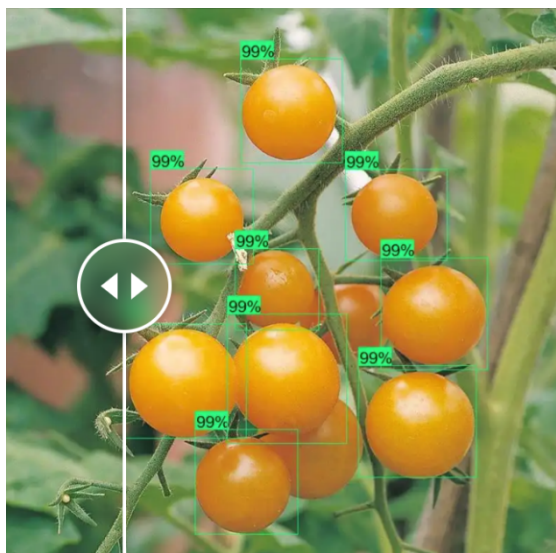
Анализом звучних снимака можемо посматрати и пратити понашање животиња. Идентификовањем звукова који указују на стрес или болест, могуће је рано интервенисати.

Специфични звукови који указују на присуство одређених штеточина или болести, као што су зујање инсеката или ултразвуци које емитују биљке, могу се идентификовати помоћу дигиталних технологија, омогућавајући пољопривредницима да благовремено предузму мере.

Дигитализација слика

Помоћу сателитских снимака и ваздушних снимака направљених дроном, пољопривредници могу надгледати велике површине, идентификујући, на пример, сушу или инфекције. Ово омогућава прецизније управљање водним ресурсима и циљану примену мера за заштиту биљака.

Дигиталне слике омогућавају пољопривредницима да рано препознају болести и штеточине на биљкама, што омогућава брзу и циљану интервенцију, или коришћењем вештачке интелигенције могу проценити очекивани принос парадајза у паметним пластеницима.

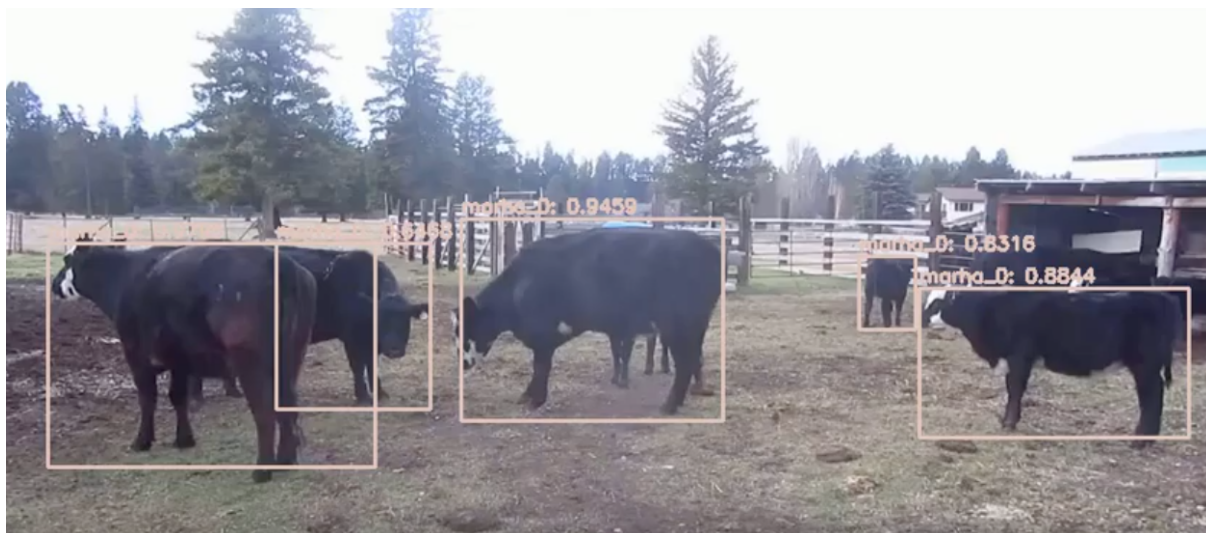


извор: <https://www.prompt.hu/szoftver/ai/>

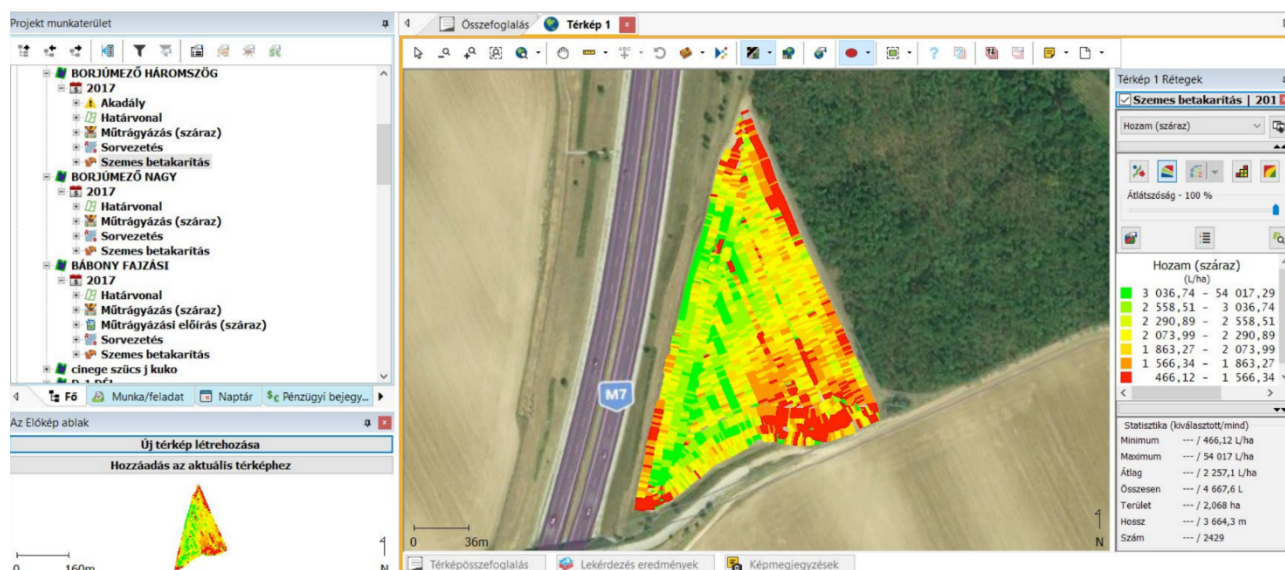
Додатна, домаћа решења за вештачку интелигенцију (AI) у вези са горе наведеним примерима можете пронаћи на следећем вебсајту: <https://www.prompt.hu/szoftver/ai/>

Дигитализација видео записа

Коришћењем видео камера и анализа заснованих на вештачкој интелигенцији (AI), пољопривредници могу у реалном времену пратити стање животиња и биљака. Посматрање понашања животиња може помоћи у идентификацији проблема благостања, оптимизацији стратегија исхране и побољшању ефикасности програма за узгој.



Анализа дигиталних снимака омогућава побољшање ефикасности пољопривредних радних процеса.



ГИС подаци прецизног пољопривредника

извор: Dr Láng, Veres: Precíziós gazdálkodás, 2018, <https://mlc.itstudy.hu/hu/mlc-browser/precizios-gazdalkodas>

Свеобухватно гледано, конверзија аналогних сигнала у дигиталне сигнале, дигитализација, је технологија која омогућава пољопривредницима да добију прецизнију слику о производним процесима, помажући у доношењу одлука, повећавајући продуктивност, смањујући утицај на животну средину и побољшавајући укупну економску ефикасност.

4. СЕНЗОРИ: ПОЈАМ И РАД

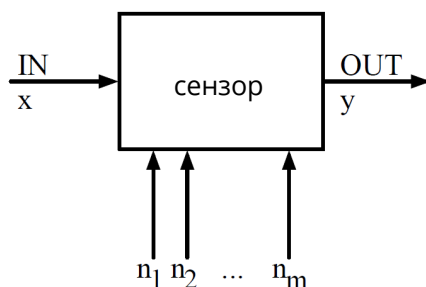
4.1. Појам сензора

Сензор је уређај који може детектовати физичке или хемијске величине (на пример, температуру, интензитет светлости, притисак, влажност, концентрацију гасова итд.) и претварати их у електричне сигнале. Електрични сигнали се могу анализирати, обрађивати и приказивати различитим уређајима, чиме се добијају информације о окружењу или детектованим појавама.

Сензори могу бити веома једноставни уређаји, као што је температурни сензор, али и сложени системи, као што је мултиспектрални сензор за слике, који може прикупљати податке на различитим таласним дужинама светлости. Развој и примена сензора играју кључну улогу у ширењу модерних технологија.

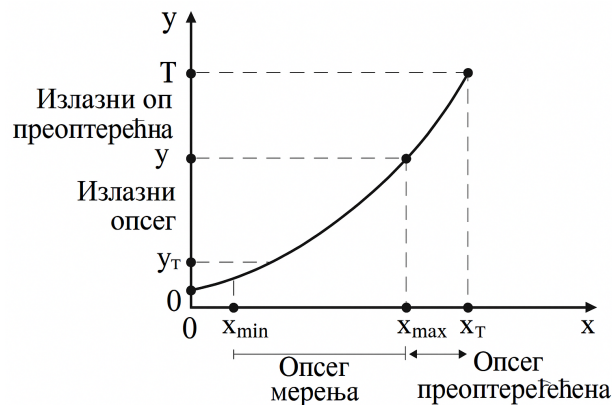
Претварање својстава различитих појава у електричне величине постало је толико уобичајено да сваку техничку мерну справу, чији улаз није електрична величина, а излаз је електрична величина, називамо сензором. Ови уређаји морају задовољити захтеве метрологије: тачност, поновљивост, резолуција, гаранцијски рок, отпорност на утицаје околине.

Сензори се могу класификовати на више начина: према принципу рада, према природи и типу улазних величина и према природи излазних електричних сигнала. Излазни сигнал (output – y) сваког сензора у процесу мерења је функција више улазних величина. Осим мерене улазне величине (input – x), остале улазне величине сматрају се сметњама (n_k – noise) чији утицај настојимо смањити током мерења.



Помоћу сензора можемо мерити и детектовати физичке или окружењске карактеристике, као што су температура, притисак, светлост, звук или покрет. Сензори се користе за праћење услова окружења, прикупљање података или управљање уређајима. Сензори претварају карактеристике окружења у електричне сигнале које други уређаји или системи могу да обрађују. Широко се користе у индустрији, науци, здравству, аутомобилској индустрији, паметним уређајима и многим другим областима.

За одређивање статичких карактеристика сензора, улазна вредност се држи константном, а излазне стабилне вредности се мере. Тако се добија $y(x)$ однос који представља статичку карактеристику.



На основу статичке карактеристике одређујемо важне параметре сензора. Због ограничења обима материјала, спомињемо само најважније:

Мерни опсег $[x_{\min}, x_{\max}]$: интервал у којем сензор испуњава спецификације.

Опсег излазног сигнала $[y_{\min}, y_{\max}]$: интервал вредности излазног сигнала када x пролази кроз цео мерни опсег.

Преоптерећени опсег $[x_{\max}, x_T]$: интервал улазног сигнала у којем сензор остаје функционалан, али не испуњава спецификације. Важно је да се при враћању из преоптерећеног опсега у мерни опсег, сензор треба да рад по статичкој карактеристици. Ако $x > x_T$, сензор може постати нефункционалан (x_T - граница ломљења).

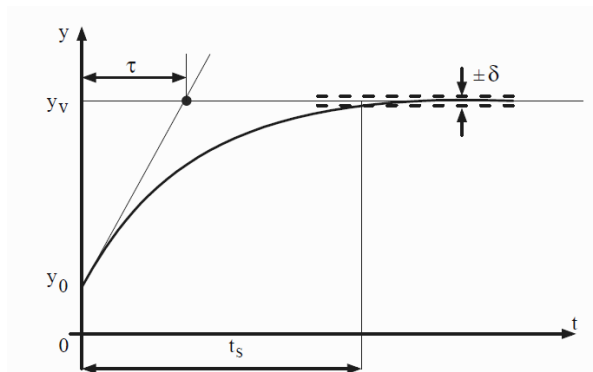
Осећајност (sensitivity): диференцијални количник у датом радном месту M , који изражава однос промена излаза и улаза. Искazuje промене излаза сензора у односу на јединичну промену улаза.

$$S_a = \left. \frac{\Delta y}{\Delta x} \right|_M \left[\frac{\dim y}{\dim x} \right]$$

Разлучивост (resolution): промена улазне величине која изазива мерљиву промену на излазу. Код дигиталних сензора, разлучивост је једнака вредности најмање значајног бита. На пример, ако дигитални термометар приказује разлике од $0,1^\circ\text{C}$, тада је разлучивост сензора $r = 0,1^\circ\text{C}$.

Динамичке временске карактеристике: када се улазна мерљива величина x мења временом, излазна вредност y у сваком тренутку се може одредити. Веза између улазних и излазних вредности дата је временски зависном диференцијалном једначином сензора, што се назива динамичком карактеристиком сензора.

Динамичке временске карактеристике се одређују применом степенастог улазног сигнала. Ако се сензор може описати линеарном диференцијалном једначином првог реда са константним коефицијентима, његове динамичке карактеристике су:



– **временска константа (τ):** у тренутку скоковите промене улазног сигнала ($t=0$), тачка пресецања тангенте на криву и линије коначне (стационарне) вредности излазног сигнала y_v .

– **време стабилизације (settling time) – t_s :** време између тренутка скоковите промене улазног сигнала ($t=0$) и тренутка када излазни сигнал уђе у дозвољени опсег око коначне вредности y_v .

Типичан пример је динамичка карактеристика температурног сензора, јер елементу за мерење температуре треба одређено време да се загреје до температуре околине. Општа динамика сензора може бити описана и диференцијалном једначином вишег реда.

Сензори сигналоива:
сигнала сигнала уввтрање
величинастовао, точењуо (ни
сталђиа (не-суднала и осстоје)
(механички х, хемија, термикао,
магиетско или оптички јелец)
иа електричку или у некоји
саурави пнематикацка.

Сензори заменују личке савске
органае аутоматизе.

извор: <https://www.tradeindia.com/products/proximity-sensors-3918800.html>

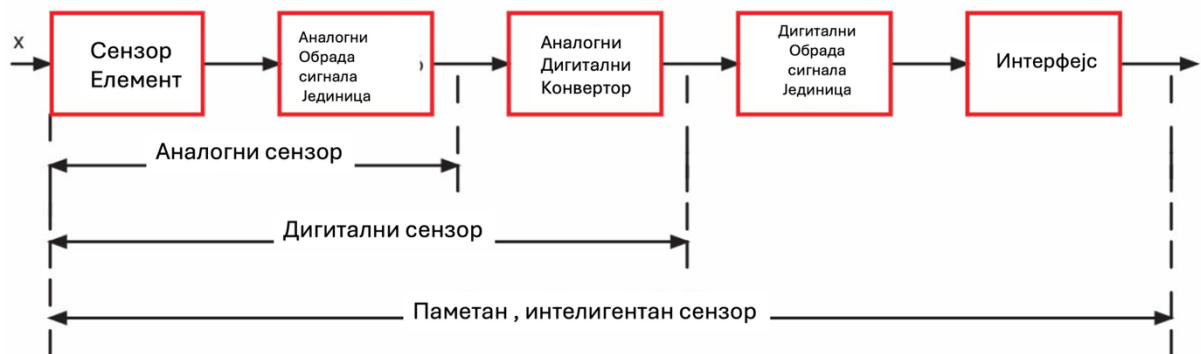
Сензори су претвараачи који претварају величине, својства или услове (неелектричне сигнале, као што су механички, хемијски, термички, магнетни, оптички сигнали) у електричне сигнале (у неким случајевима и у пнеуматске сигнале). Сензори у аутоматизацији замењују људска чула.

Сензорски елемент је део сензора који детектује физички фактор. Пошто се ретко користи самостално, уз овај елемент се додају и елементи за обраду и претварање сигнала, кућиште, прикључци и елементи за причвршћивање.

Сензори могу детектовати једну или више карактеристика, а говоримо о мултисензорским системима када у једном сензору постоји више сензорских елемената за детекцију различитих

вредности.

Интеграциони блок дијаграм аналогних, дигиталних и паметних сензора:



Паметни сензор је микроелектронски интегрисана јединица која садржи најмање један сензор, аналогну јединицу за обраду сигнала, аналого-дигитални претварач, дигиталну јединицу за обраду сигнала и жичани или бежични интерфејс који омогућава лако повезивање са другим системима.

Интелигентни сензор је паметни сензор који поседује једну или више функција као што су самопровера, самотестирање, валидација, адаптација и сл.

4.2. Класификација сензора

Сензори се могу класификовати на више начина, у зависности од тога које карактеристике желимо да систематизујемо. Ево неких општих начина класификације сензора:

Према физичким карактеристикама:

- **Оптички сензори:** на пример, светлосни сензори, камере.
- **Акустични сензори:** на пример, микрофони, звучни сензори.
- **Сензори покрета:** на пример, жироскопи, акцелерометри.
- **Сензори температуре и влажности:** на пример, температурни сензори, хигрометри.

Према области примене:

- **Еколошки сензори:** на пример, сензори за атмосферски притисак, детектори земљотреса.
- **Биометријски сензори:** на пример, читачи отисака прстију, сензори срчаног ритма.
- **Сензори за загађење:** на пример, мериоци загађености ваздуха, детектори зрачења.
- **Позициони сензори:** на пример, GPS модули, компаси.

Према комуникационом интерфејсу:

- **Аналогни сензори:** сензори који дају аналогни сигнал.
- **Дигитални сензори:** сензори који дају дигитални сигнал.

Према примењеном принципу:

- **Фотоелектрични сензори:** на пример, фотодиоде, фототранзистори.

- **Хемијски сензори:** на пример, сензори за гас, рН сензори.
- **Биолошки сензори:** на пример, биолуминисцентни сензори, ензимски сензори.

Важно је напоменути да класификација сензора није увек јасна и строго дефинисана, јер многи сензори могу бити сврстани у више категорија у зависности од критеријума. У наредном делу ћемо размотрити елементе класификације на основу комуникационог интерфејса.

4.3. Аналогни сензори

Аналогни сигнал дају, на пример, сензори протока, мерачи путање или мерачи момента. Аналогни сензори су уређаји који генеришу аналогне сигнале. Аналогни сигнали представљају континуиране вредности у складу са измереним карактеристикама. Аналогни сензори детектују физичке сигнале из своје околине, као што су температура, притисак или интензитет светлости, и претварају их у аналогне електричне сигнале. Аналогни сигнали су обично у облику напона или струје.



SEQ ábra * ARABIC 4. ábra Analóg fényerősség mérő szenzor
извор: <https://www.microcontroller.hu/termek/temt6000-fenyerosseg-mero-szenzor/>

Излаз аналогних сензора обично варира у складу са измереном карактеристиком. На пример, излазни напон температурног сензора зависи од измерене температуре. Аналогне сензоре обично прати аналого-дигитални претварач (ADC) који претвара аналогни сигнал у дигитални облик, како би дигитални системи или микроконтролери могли да га обрађују.



извор: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:16bit_ADC_Card.jpg

Аналогни сензори су широко коришћени у индустрији, електроници, аутомобилској индустрији и другим областима где је важно прецизно мерење и контрола континуирано променљивих карактеристика.

4.4. Дигитални сензори

Дигитални сензори су уређаји који генеришу или дају дигитални сигнал као резултат мерења, при чему је излаз у бинарном облику, обично са вредностима 0 и 1 или путем дигиталних протокола.

Примери дигиталних сензора:

Дигитални температурни сензори: мере температуру околине и дају дигиталне вредности. Често користе дигиталне комуникационе протоколе, као што су I2C или SPI.

Дигитални сензори покрета: детектују покрет у околини и дају дигитални сигнал када открију покрет. Често користе пасивну инфрацрвену (PIR) технологију.

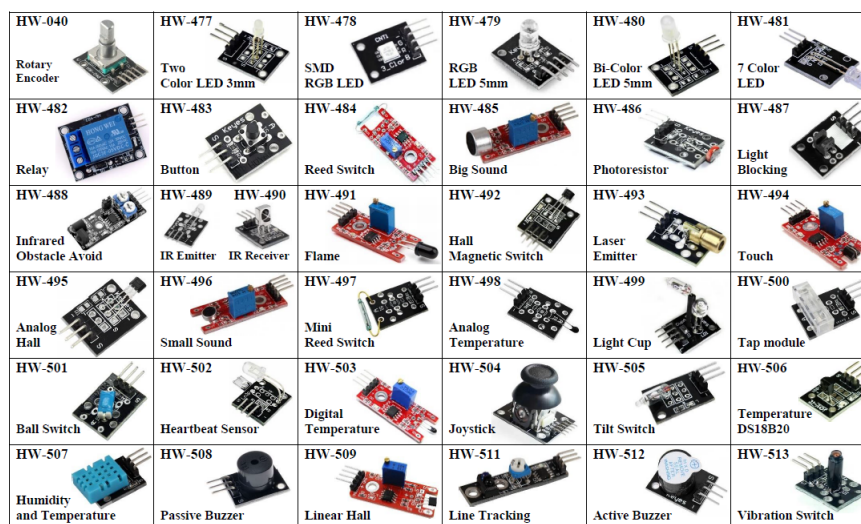
Дигитални светлосни сензори: мере интензитет светлости у околини и шаљу дигиталне сигнале на основу откривених светлосних услова.

Дигитални сензори растојања: мере растојање до других објеката. Растојање се изражава у дигиталном облику, често у облику пулса или дигиталних кодова. Примери су ласерски сензори растојања или ултразвучни сензори.

Дигитални сензори притиска: мере притисак и дају дигиталне вредности. Могу користити дигиталне комуникационе протоколе, као што су I2C или SPI.

Предност дигиталних сензора је у томе што су излазни сигнали лако читљиви и обрадиви у дигиталним системима. Подаци су прецизнији и мање осетљиви на сметње или шум. Такође, често садрже уграђени аналогно-дигитални претварач (ADC), што омогућава дигитализацију аналогних сигнала, чиме се поједностављује повезивање сензора са микроконтролерима или другим дигиталним системима.

На следећој слици можемо видети примере различитих аналогних и дигиталних сензора:



Аналогни и дигитални сензори

Извор слике: <https://cleste.ro/kit-37-senzori-arduino.html>

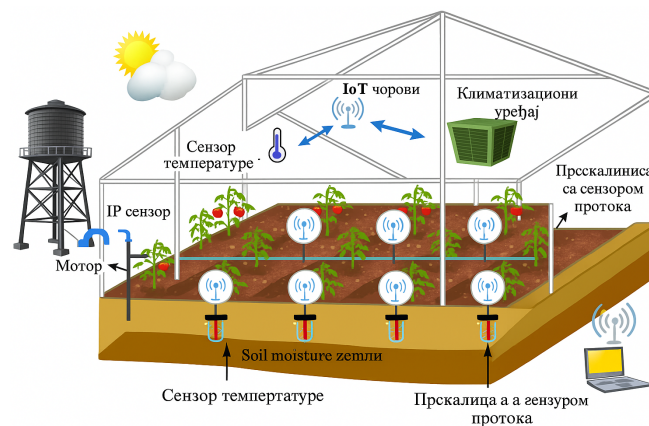
5. СИСТЕМИ УПРАВЉАЊА

5.1. Концепт система контроле

Системе управљања треба разматрати из информатичког и инжењерског аспекта.

Систем управљања је скуп уређаја, опреме или софтвера чији је циљ регулисање и управљање радом одређене околине, процеса или машине како би се постигли жељени резултати или понашање. Систем управљања прати улазне сигнале из околине (податке са сензора) и на основу њих генерише излазне сигнале који утичу на рад или стање система.

Системи управљања прикупљају податке о стању околине, обрађују те податке, а затим генеришу излазе за управљање и регулисање система како би се постигли оптималан рад, ефикасност и безбедност.



Екосистем паметног стакленика

извор: https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-smart-greenhouse-ecosystem_fig1_344728432
CC BY 4.0

5.2. Класификација система управљања

Системи управљања могу се сврстати у две основне категорије: отворени и затворени круг, што представља два основна приступа аутоматизованом управљању системима. Оба типа имају своје карактеристике и области примене, у зависности од важности повратне спреге за рад система.

Отворени круг (без повратне спреге) систем управљања

У систему управљања са отвореним кругом, уређај за управљање не прима повратне информације о излазу система. То значи да систем узима у обзир само улазне сигнале и на основу њих извршава операције или промене, без провере да ли је постигнут жељени резултат. Системи са отвореним кругом су једноставни, често јефтинији и користе се када промене у окружењу и спољашње сметње мање утичу на рад система или где тачност и повратна спрега нису критични.

Карактеристике система са отвореним кругом:

- Системи са отвореним кругом су обично много једноставнији и лакши за употребу од система са затвореним кругом. Нема потребе за излазним подацима, и системи раде независно од околине.

- Већа изложеност сметњама. Не могу детектовати грешке, нити мерити излазе својих активности.
- Успех система зависи од квалитета програмирања: ако је систем робустан, вероватно ће добро функционисати; у супротном, осетљивији је на кварове..

Примери:

- Једноставни електрични грејач који укључује и искључује тајмер. Грејач ради у одређеном временском периоду према подешавањима тајмера, без обзира на стварну температуру у просторији.
- Аутоматска машина за прање веша која извршава циклусе прања према одређеном временском интервалу како би одржала контролу система.

Затворени круг (систем управљања са повратном спрегом)

Систем управљања са затвореним кругом или систем управљања са повратном спрегом континуирано прати свој излаз и на основу добијених података шаље повратне информације које утичу на улаз система. Континуирана повратна спрега омогућава систему да се прилагоди променама у окружењу и неочекиваним сметњама, што му омогућава да ефикасније одржава жељено стање или перформансе излаза.

Пример: кућни систем грејања опремљен термостатом. Термостат мери температуру у соби и ако температура достигне подешену вредност, грејање се искључује. Ако температура падне, грејање се поново укључује. Овде повратне информације које пружа термостат помажу систему да одржи жељену температуру.

5.3. Главне компоненте система управљања

Сензори

Прикупљају информације погодне за мерење о окружењу или стању система. То могу бити на пример сензори за температуру, притисак, брзину или позицију.

Јединица за управљање

Обрађује податке који стижу из сензора, доноси одлуке и генерише излазне сигнале за управљање системом. Јединица за управљање може бити једноставно коло или сложени рачунарски систем, у зависности од задатака које треба обављати.

Актуатори

Актуатори су уређаји или опрема који реагују на излазне сигнале јединице за управљање и на одговарајући начин утичу на рад система. То могу бити мотори, вентили или контролисана електрична или механичка опрема.

Важно је напоменути да дизајн и имплементација система управљања могу бити веома разнолики, и постоје многе различите методе, технологије и стандарди за развој система управљања. У зависности од конкретне примене, системи управљања могу бити аналогни или дигитални и користе различите стратегије регулације, као што су отворени круг, затворени круг или модуларни системи.

5.4. Основне функције система управљања

Систем управљања је скуп машина које служе за управљање другим системима. Систем се обично састоји од електронских кола са унапред „убаченим“ програмима који су погодни за управљање системом.

Системи управљања се обично класификују према различитим аспектима, али постоје неке функције које су присутне у скоро сваком систему.

Контрола

Контрола има приоритет над осталим функцијама система и даје команде. Конкретне функције могу варирати, али циљ је увек да се активности управљају на најбољи могући начин.

Планирање

Сваки контролни систем има унапред програмиран алгоритам или план. План се састоји од упутстава неопходних за имплементацију постављених функција. План садржи податке који дефинишу циљеве и захтеве које треба испунити.

Без обзира да ли се ради о систему отворене петље или затворене петље, увек постоји могућност грешке, где систем мора да изабере пут којим је што је могуће вероватније да ће постићи жељени резултат.

Резервни планови

Сваки систем управљања има стратегију за избегавање кварова. Међутим, у случају да се квар не може спречити, резервни план помаже да се грешка исправи и систем врати у претходно стање.

Улазни сигнали

Улазни сигнали служе као упозорења или обавештења. Сваки систем управљања може препознати улазни сигнал, али само системи са затвореним кругом могу тумачити сигнал и одговарати на њега.

Манипулисана променљива

У систему управљања, "манипулисана променљива" (другим речима контролна променљива) је променљива коју директно контролишемо да бисмо постигли жељени излаз. Ова променљива је послати улаз у систем, коју систем управљања модификује у циљу да излазна променљива (или мерљиви одговор) приближи жељеним вредностима референције. На пример, у систему за контролу температуре, манипулисана променљива може бити снага грејног елемента или интензитет хлађења клима уређаја. Систем управљања подешава ову променљиву, да постигне и одржи жељени ниво температуре, наспрам променама услова средине.

Манипулисану променљиву често постављају наспрам сметњи, који није једна пожељна промена коју систем мора да компензује, али не уме посредно регулисати. Задатак система управљања је, да са одговарајућом контролом манипулисаних променљива компензује ове сметње и одржи систем у жељеном стању.

У системима са отвореним кругом, подешавање манипулисаних променљивих није зависно од излазне променљиве, што значи да нема повратне спреге. У овом систему, манипулисане променљиве се подешавају према унапред дефинисаним правилима или програмима,

узимајући у обзир могуће услове околине или друге унапред познате факторе. Пошто нема повратне спреге, систем са отвореним кругом не може да компензује неочекиване промене или сметње, који могу утицати на излаз система.

У системима са затвореним кругом, подешавање манипулисаних променљивих директно зависи од разлике између излазне променљиве и жељене референтне вредности. Систем континуирано прати излазну променљиву и користи добијене информације за прецизно подешавање манипулисаних променљивих, како би се излаз приближио или подударао са жељеном вредношћу. Тиме системи са затвореним кругом могу динамички реаговати на промене и сметње, исправљајући стабилност и прецизност система.

Основни захтеви за системе управљања:

Системи управљања имају широк спектар основних захтева у зависности од примене и индустрије. Ови захтеви обично укључују поузданост, тачност, стабилност, брзо време одзива и прилагодљивост. Испод су детаљнији описи ових захтева:

- **Поузданост:** Систем мора радити дуго времена са минималним одржавањем, што је кључно за критичне апликације као што су контроле лета или медицинска решења.
- **Тачност и поновљивост:** Систем мора прецизно и поновљиво постићи жељене излазне вредности у различитим условима.
- **Стабилност:** Систем мора бити стабилан у својим реакцијама, без осцилација око жељене вредности, чак и у присуству спољних сметњи.
- **Брзо време одзива:** Систем мора брзо реаговати на промене у улазним сигналимa или референтним вредностима.
- **Робусност:** Систем мора ефикасно функционисати и одржати своје перформансе у присуству неочекиваних сметњи.
- **Прилагодљивост и флексибилност:** Модерни системи управљања морају бити способни да се прилагоде променљивим условима и захтевима, укључујући промене у условима околине или корисничким захтевима.
- **Енергетска ефикасност:** У енергоинтензивним индустријама важно је да системи управљања раде енергетски ефикасно, смањујући оперативне трошкове и еколошки отисак.
- **Интуитивни интерфејс:** Системи управљања морају имати интуитиван, кориснички прилагођен интерфејс који омогућава лако подешавање, надзор и одржавање.

Ови захтеви су основне смернице које треба узети у обзир током фазе пројектовања како би се развили и изградили ефикасни, безбедни и поуздани системи управљања.

5.5. Системи управљања у пољопривреди

Системи управљања који се користе у пољопривреди значајно доприносе ефикаснијем и оптимизованом управљању фармама. Корисни су у биљној производњи, сточарству и управљању стакленицима. Ево неких примера пољопривредних система управљања:

Системи за наводњавање

Системи за наводњавање аутоматизују процесе наводњавања на пољопривредним површинама. Уз помоћ сензора, они прате влажност тла, метеоролошке податке и потребе биљака за водом, а затим регулишу систем за наводњавање. Ово омогућава ефикаснију употребу воде, оптимално снабдевање биљака водом и минимализацију расипања воде.

Системи прецизне пољопривреде

Системи прецизне пољопривреде омогућавају пољопривредницима да прецизније управљају и прате пољопривредне активности. Коришћењем технологије засноване на GPS-у, могу прецизно пратити позицију и кретање машина на пољопривредним површинама, чиме се оптимизују операције као што су сетва, ђубрење или прскање. Прецизност повећава продуктивност, смањује трошкове и минимализује утицај на животну средину.

Системи за управљање производњом

Системи за управљање производњом помажу у узгоју биљака у стакленицима или другим контролисаним окружењима. Прате и регулишу параметре околине за биљке, као што су температура, влажност, интензитет светлости и ниво CO₂, чиме омогућавају пољопривредницима да обезбеде идеалне услове за раст и развој биљака, као и да оптимизују производњу и потрошњу енергије.

6. ЛИТЕРАТУРА

Túrós L. Zs., Székely Gy. (2022): Érzékelők és mérőhálózatok, Cluj-Napoca : Scientia

Линкови

- <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/informatika/informatika/informatika-7-evfolyam/internetes-es-mobilkommunikacio/mobilkommunikacio>
- <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/informatika/informatika/informatika-9-12-evfolyam/a-kommunikacio-altalanos-modellje/a-kommunikacio-modelljenek-bemutatas-a-egy-gyakorlati-peldan>
- <https://erettsegik.hu/note/251/>
- <https://www.ipari-elektronika.com/az-induktiv-szenzorok-mukodesi-elve-es-fobb-jellemzoi>
- <https://seguidores.online/hu/sistemas-de-control/>

ПОГЛАВЉЕ 2.

1. МОБИЛНА КОМУНИКАЦИЈА У СТАКЛЕНИЦИМА

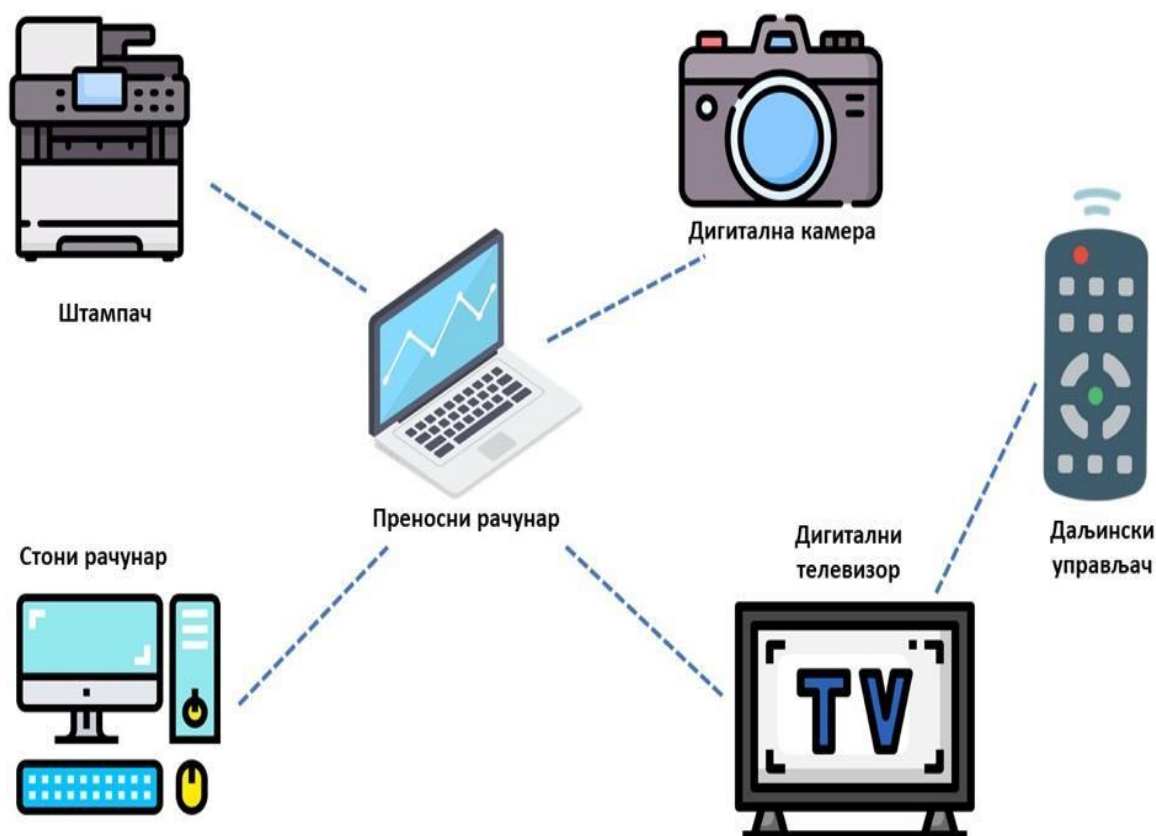
Аутор: Мартон Ђенђвер - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)

1. МРЕЖНА КОМУНИКАЦИЈА

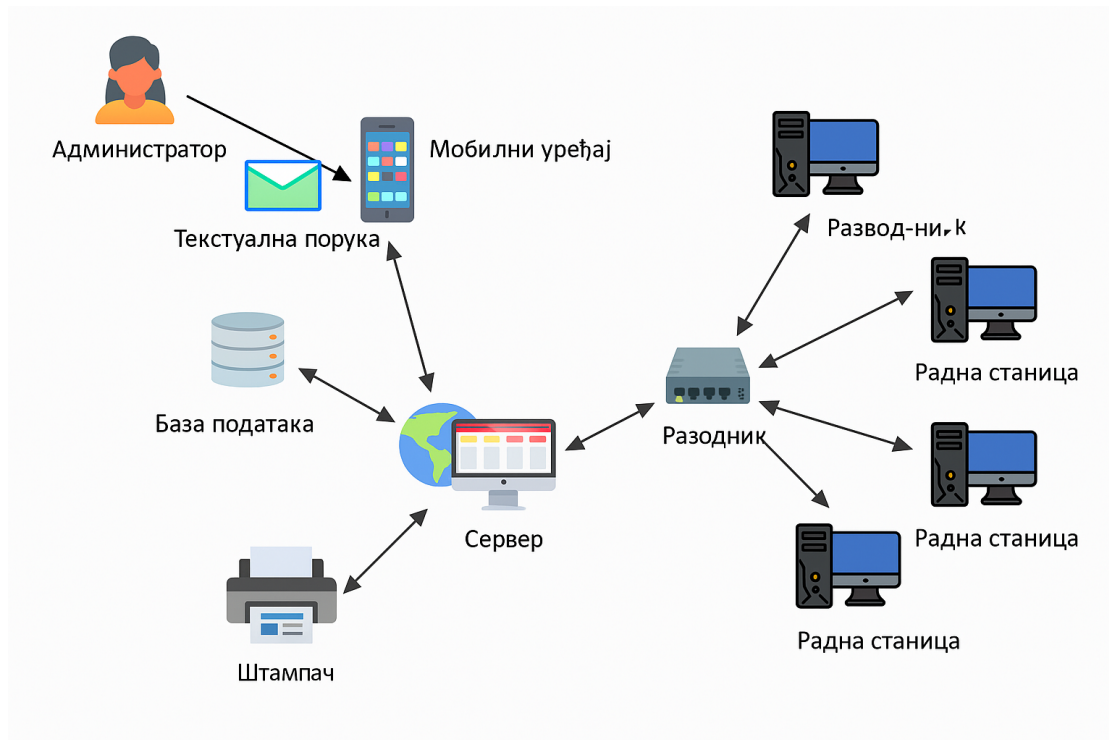
Потреба за дељењем информација и ресурса између различитих рачунара довела је до повезаних рачунарских система, такозваних мрежа, тако да се подаци могу преносити са једног рачунара на други. У овим мрежама корисници рачунара могу размењивати поруке и делити ресурсе – на пример, софтверске пакете, могућности складиштења података, приступ штампачима, итд. За рад оваквих апликација потребан је софтверски систем који пружа инфраструктуру за целу мрежу (Brookshear & Brylow, 2017).

У случају рачунарских мрежа разликујемо:

- личне мреже (PAN – Personal Area Network), које су обично системи малог домета, где су уређаји за комуникацију постављени на растојању мањем од неколико метара, као што су дигитални телевизори, дигиталне камере, штампачи, итд:



- локалне мреже (LAN – local area network), које повезују рачунаре, мобилне уређаје, штампаче, итд. у оквиру једне зграде или комплекса зграда:



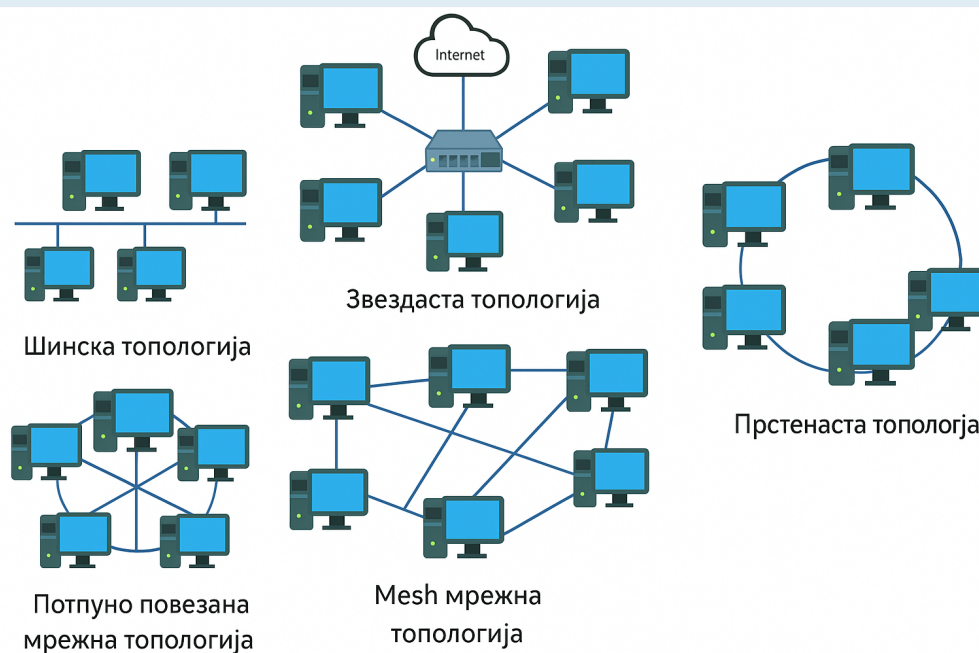
- метрополитанске мреже (MAN – metropolitan area network), које представљају мреже средњег домета, на пример мреже које покривају локалну заједницу,
- широке мреже (WAN – wide area network), које повезују рачунаре на великим удаљеностима, на пример у суседним градовима или уређаје на другом крају света.



извор: <https://www.vecteezy.com/vector-art/5237398-wan-wide-area-network-concept-with-icon-concept-with-round-or-circle-shape>

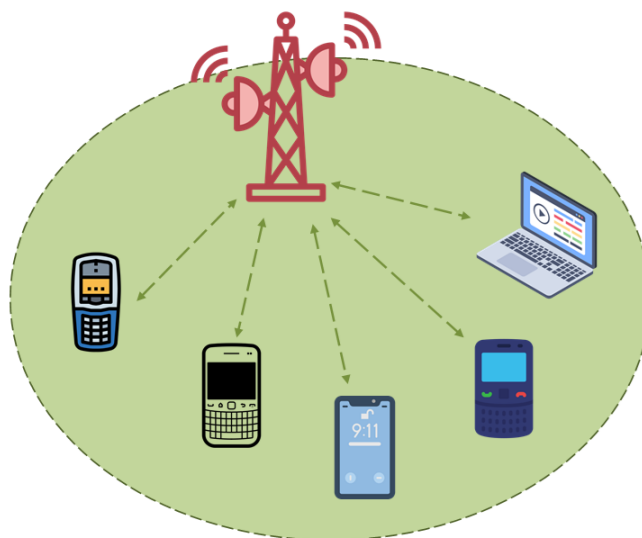
Други начин класификације мрежа заснива се на томе да ли је унутрашње функционисање мреже јавно или контролисано. Према томе, разликујемо отворене и затворене мреже. На пример, Интернет је отворен систем. Комуникацију преко Интернета регулише отворени скуп стандарда познат као TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Будући да је то отворен систем, било ко може користити ове стандарде без плаћања или потписивања лиценцих уговора. Насупрот томе, компанија Novell Inc. развија и управља сопственим системима, остварујући приход од њихове продаје или лизинга, што се сматра затвореним системом.

Други начин класификације мрежа је према обрасцу повезивања машина. Две најпопуларније топологије су магистрала, где су све машине повезане на заједнички комуникациони канал и звезда где је једна машина у централној улози јер су остале машине повезане на њу. Користе се и прстенаста топологија, потпуно повезана мрежна топологија и меш топологија. Топологија магистрале је постала популарна 1990-их са појавом Ethernet мрежа. Топологија звезде потиче из 1970-их и данас се користи у бежичним мрежама где комуникацију координира централни уређај, такозвана приступна тачка (AP - access point). Међутим, разлика између мрежа са магистралом и звездом топологијом није увек очигледна.

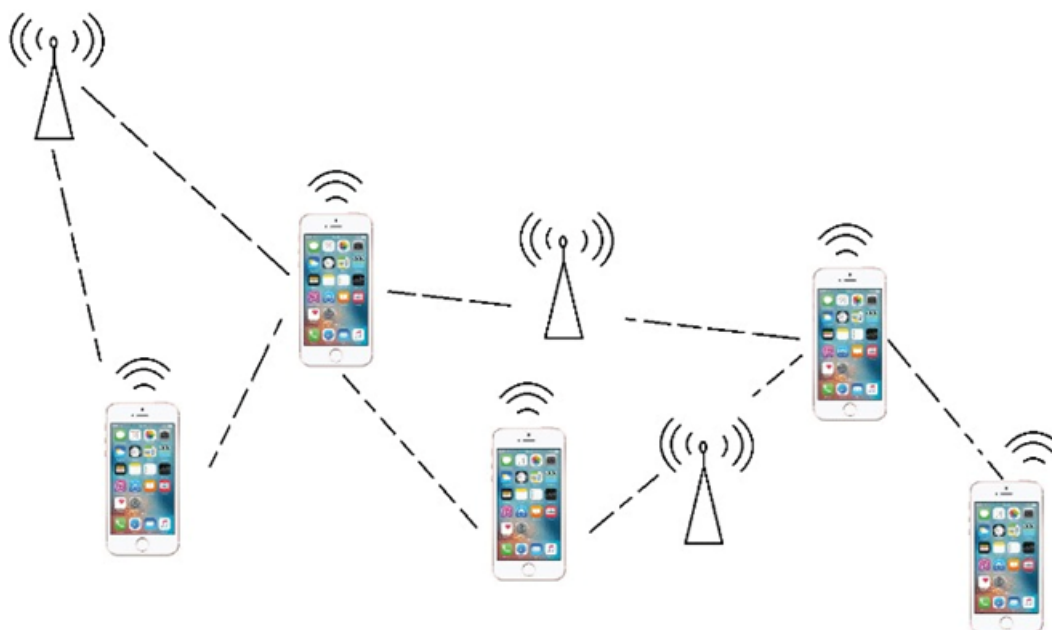


Системи који омогућавају мобилну комуникацију обично се деле у три категорије:

- Системи засновани на фиксној комуникационој инфраструктури: Најчешће коришћени системи где се приступна тачка користи за повезивање на мрежу. У ову категорију спадају и мобилни системи као што су 2G, 3G и друге мреже:



- Системи комуникације засновани на аутономним чвориштима користе се за управљање саобраћајем и прослеђивање података. Ови системи често не користе фиксну комуникациону инфраструктуру. Примери таквих система су ад хок мреже и бежичне сензорске мреже:
- Хибридне мреже комбинују претходне две категорије.



У бежичним ad hoc мрежама, прослеђивање података се обавља преко чворова. Мрежни уређаји се могу слободно кретати, често мењајући везе између уређаја, тако да информације потребне за управљање саобраћајем у чворовима увек морају бити ажуране.

Бежичне сензорске мреже (WSN – wireless sensor network) комбинују сензоре са рачунарским елементима. Могу интегрисати стотине или хиљаде нискоенергетских, нискобуџетних сензора. Сензори могу бити мобилни или фиксни и њихов задатак је да надгледају околину. Често имају

једну или више базних станица. Базна станица може бити повезана са другом мрежом, високоперформансним центром за обраду и складиштење података, или може служити као приступна тачка за уређаје које користе људи.

За поуздан рад мреже, важно је успоставити правила за извршавање мрежних активности. Та правила се називају протоколи и њихово успостављање је кључно, јер без правила може доћи до проблема, као што је истовремено слање порука од стране свих рачунара или немогућност пријема садржаја са других рачунара. Протоколи могу бити имплементирани на хардверском или софтверском нивоу, или комбинацијом оба. Током комуникације, укључене стране морају се договорити око примењеног протокола, који мора испуњавати стандардне описе.

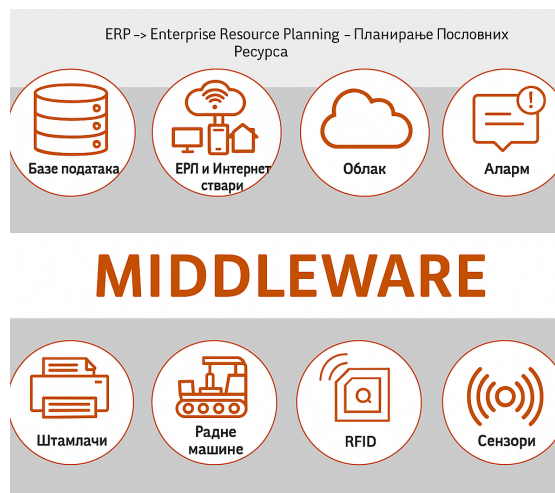
Комуникационе протоколе за Интернет објављује Internet Engineering Task Force (IETF). IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) се бави жичаним и бежичним мрежама, док се Међународна организација за стандардизацију (ISO) бави другим типовима мрежа.

Један од основних и најефикаснијих протокола за комуникацију међу рачунарима је **захтев-одговор (request-response, request-reply)**. Према овом протоколу, размена порука између две јединице подразумева да тражилац шаље захтев, а прималац обрађује захтев и шаље одговор. Овај протокол се користи у клијент-сервер архитектури, као што су HTTP веб услуге, где се веза одржава док се не прими одговор или док не истекне време чекања.

Легани (lightweight) протокол обавља релативно малу количину преноса података у рачунарској мрежи изван функционалних података.

Објављивање-претплата (publish-subscribe) је комуникациони протокол у којем гласници не шаљу поруке директно одређеном примаоцу, већ такозваним претплатницима. Не знајући ко су претплатници, гласници групишу објављене поруке, а претплатници, не знајући ко је објавио групе порука, указују на то која група порука их занима, тј. На овај начин, претплатници ће добити поруке на које су претплаћени.

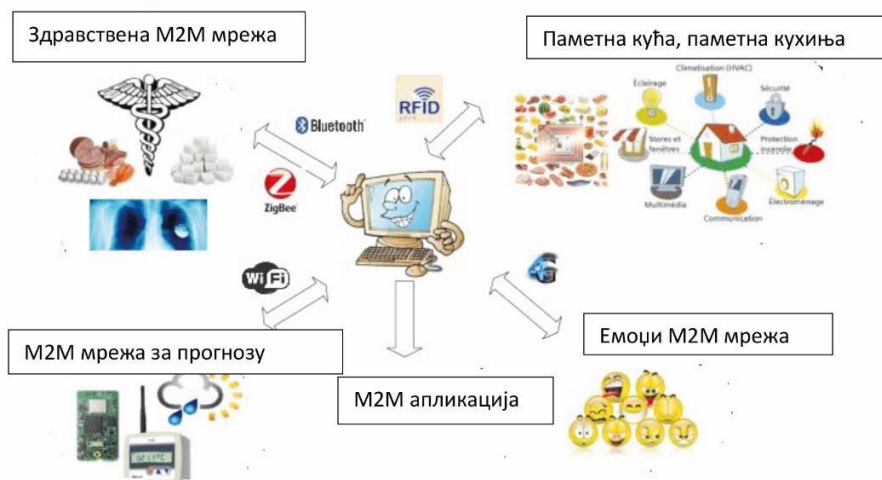
Средњи софтвер (middleware) игра посредничку улогу између рачунарских апликација, података и корисника. Он олакшава софтверским инжењерима повезивање апликација, поједностављујући развој апликација. Помоћ системским администраторима приликом имплементације апликација.



Лаган (lightweight) протокол у рачунарској мрежи обавља релативно малу количину преноса података поред функционалних података.

Протокол објављивање-претплата (publish-subscribe) је комуникациони протокол где пошиљаоци не шаљу поруке директно одређеним примаоцима, већ претплатницима. Пошиљаоци објављују поруке у групама, а претплатници се пријављују на групе порука које их занимају, без потребе да знају ко је објавио поруке. Претплатници тако добијају поруке на које су се претплатили.

Откривање услуга и ресурса (discovery of services and resources) је технологија која омогућава уређајима или услугама да се аутоматски повежу са датом рачунарском мрежом без ручне интервенције. Омогућава различитим типовима апликација и микросервиса да раде заједно. Постоји откривање на страни клијента и на страни сервера.



M2M (machine to machine) обухвата комуникационе технике између два уређаја путем директног канала без људске интервенције. Може се применити у жичаној и бежичној комуникацији. M2M комуникација омогућава сензору или мерном инструменту да пренесе

прикупљене информације (нпр. температуру, брзину ветра, влажност итд.) уређају који користи свој софтвер за складиштење, предобраду и анализу података:

2. БЕЗБЕДНОСТ МОБИЛНИХ СИСТЕМА

Безбедност одређују три фактора: поверљивост (confidentiality), интегритет (integrity) и доступност (availability) (S. Bharati, et al., 2023):



Поверљивост значи да осетљиве информације могу бити доступне само овлашћеним уређајима, системима и особама. Најстарија техника заштите података је шифровање. У рачунарству, то значи да се подаци трансформишу помоћу строго поверљивог кључа и тако се чувају и преносе. Када су подаци поново потребни, враћају се у оригинални облик помоћу кључа. Пре дељења шифрованих података, мора постојати размена информација где се стране договарају о кључу и аутентификују једна другу. И кључни договор и аутентификација су веома важни делови комуникације.

Интегритет значи да подаци пренети преко комуникационог канала стигну на одредиште без измена. За постизање интегритета података најчешће се користе хеш функције или кодови за аутентификацију порука. Хеш функције су математичке функције које из произвољно дугог низа података производе фиксно дуг низ података, на пример 128, 160 или 256 бита. Овај низ се назива хеш вредност. Једна од најважнијих карактеристика хеш функција је да се на основу хеш вредности не може вратити оригинални низ података. И хеш функције и кодови за аутентификацију порука имају бројне примене. На пример, приликом складиштења лозинки, систем чува хеш вредност лозинке, а не саму лозинку. У пракси, често коришћена и безбедна хеш функција је SHA-256, чије су прве верзије почеле да се развијају 1993. године од стране NSA (National Security Agency).

Доступност значи да подаци на серверу за складиштење података или уређају за услуге морају увек и одмах бити доступни овлашћеним корисницима. Напади ускраћивања услуге (DoS – denial of service) или дистрибуирани напади ускраћивања услуге (DDoS – distributed denial of service) су чести напади у којима нападачи покушавају да исцрпе ресурсе система. За обезбеђивање доступности, хардвер и софтвер за складиштење, управљање и приказивање података морају бити правилно одржавани и техничка инфраструктура мора бити стално надгледана.

У мобилној комуникацији најчешћи безбедносни проблеми су (Boudriga, 2009):

- Комуникациони партнери нису сигурни у идентитет друге стране: када комуницирају познати партнери, могу се идентификовати по емаил адреси или гласу, али системи обично немају аутентификацију и често прихватају било који идентификатор,
- Трећа страна може лако прислушкивати комуникацију: иако стандарди пружају одређену заштиту, не штите од циљаног прислушкивања,
- Евиденције које води провајдер садрже много поверљивих информација које могу процурити: идентификаторе комуникационих страна, време и место комуникације итд.

Међутим, на безбедност мобилне комуникације често утичу фактори који су независни од програмера и оператера система, јер услуге често користе корисници који:

- Нису упознати са основним безбедносним питањима.
- Не разумеју основне безбедносне ризике.
- Немају одговарајуће знање.
- Немају одговарајуће алате за заштиту.

Безбедност мобилних система може се остварити на више нивоа: **мрежни** (network level), **транспортни** (transport level) и **апликативни** (application level).

Безбедност на **мрежном слоју** је транспарентна за крајње кориснике и апликације. Нуди безбедносна решења опште намене са опцијама филтрирања, као што је могућност постављања само изабраног саобраћаја који ће бити доступан. То је део оперативног система, тако да морате да модификујете оперативни систем да бисте га променили.

Сигурност на **транспортном слоју** првенствено се користи за имплементацију сигурности веб трансакција.

У случају **апликационе безбедности** услуге су смештене у једној апликацији. Предност им је да су услуге специјално адаптиране за дотичну апликацију.

Други безбедносни проблем је неовлашћено копирање порука. Ауторска права се могу заштитити уграђивањем водених жигова (специјалних образаца) у поруке. Водени жигови омогућавају потврду власништва, идентификацију прекршиоца, праћење дистрибуције порука/докумената или информисање корисника о правима на податке.

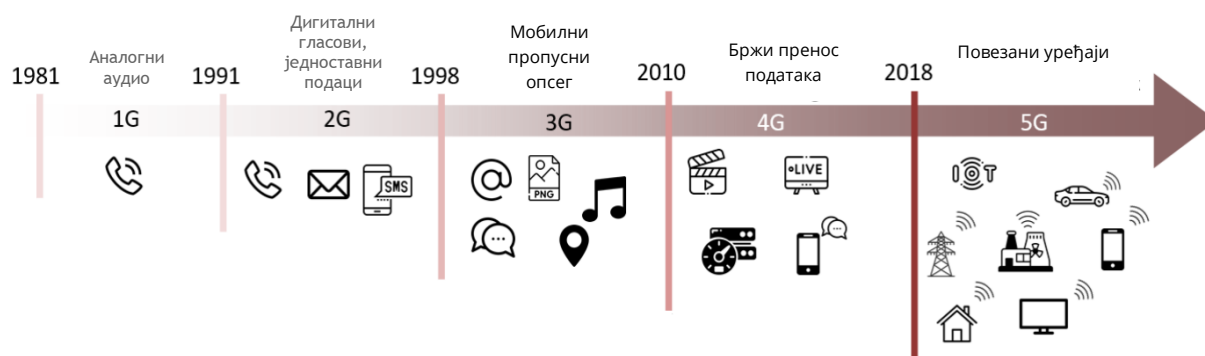
3. МОБИЛНЕ МРЕЖНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ: 2G, 3G, 4G, 5G И БУДУЋИ РАЗВОЈ

Једна од важних карактеристика бежичних мрежа је мобилна услуга, што значи да се комуникација може остварити било када и било где, а корисници могу аутономно користити роаминг услуге (Boudriga, 2009). Развој мобилне комуникационе технологије довео је до повећања брзине преноса података, која данас у многим случајевима приближава брзини жичаних мрежа, чак и за сложене апликације:

Од аналогног 1G преноса података 1981. године до преласка на дигитални 2G пренос

1992. године, нове генерације мобилних мрежа појављују се отприлике сваких десет година. Нова генерација мобилних мрежа подразумева основне промене у мобилним услугама, где нова технологија није увек уназад компатибилна. Нова генерација доноси веће брзине преноса података, нове и шире фреквенцијске опсеге и већу капацитет за истовремени пренос података.

Основе мобилне комуникације дефинише стандард GSM (Global System for Mobile Communications), који је развио ETSI (European Telecommunications Standards Institute) за ћелијске мреже. У ћелијским мрежама подаци се преносе преко бежичних веза до и од крајњих тачака. Мрежа је подељена на територије зване ћелије, које опслужује најмање једна, обично три базне станице за пријем и предају података. Ћелије користе различите фреквенцијске опсеге да избегну интерференцију и обезбеде квалитет услуге. Преносиви уређаји (мобилни телефони, лаптопови, итд.) комуницирају преко базних станица са другим уређајима и жичаним системима.



Прва GSM мрежа, 2G, коришћена је од 1992. до 2001. године и обезбеђивала је веома спору брзину преноса података (9,6-14,4 kb/s). Иако је теоретски обећавала већу брзину (172 kb/s), у пракси је максимална брзина била само 45 kb/s. 2G је омогућио корисницима да телефонирају, шаљу SMS и MMS поруке.

2G технологија се и даље широко користи за уређаје са малим протоком података, као што су касе, старији телефони, IoT уређаји, паметни бројила, системи за е-звање у хитним случајевима и праћење возила. Ови системи избегавају високе трошкове новијих технологија. Потпуно укидање 2G услуга би значило да уређаји који користе само 2G инфраструктуру не би могли да успоставе везу са одговарајућим сервисима, што би представљало ризик у хитним ситуацијама.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), односно **3G** мрежа, која је широко коришћена између 2001. и 2008. године, постигла је веће брзине преноса података, типично 384 kb/s, иако је теоретски објављена брзина била 2 Mb/s. Прави перформанси UMTS-а варирали су у реалним условима са великом мрежном оптерећеношћу. 3G услуге омогућиле су претраживање интернета, слушање музике, преузимање и стриминг видео и музике, као и навигационе функције. Данас није економично одржавати 3G инфраструктуру, па уређаји који не могу да се повежу са 4G и 5G мрежама прелазе на 2G.

4G технологија је доступна од 2008. године, а 5G од 2018. године. Обе технологије нуде знатно већи проток података и побољшану безбедност. 4G технологија пружа приступ мобилном вебу, игре, HD мобилну телевизију, видео конференције и 3D телевизију. Последњи стандарди омогућавају брзину преузимања од 150 Mbit/s и отпремања од 50 Mbit/s.

5G стандард има три нивоа: Low Band, Mid Band и High Band. Low Band нуди 20-30% већу брзину од 4G и користи исти фреквентни опсег (600-900 MHz). Mid Band нуди шест пута већу брзину од 4G (100-900 Mbit/s) и најшире се користи, посебно у великим градовима. High Band може да повећа брзину до десет пута у односу на Mid Band, користи фреквенцију од 24-47 GHz и често

достиге брзину преузимања у Gbit/s, али због високих трошкова инсталације се углавном користи у густо насељеним урбаним срединама.

За коришћење нове генерације мобилних услуга обично је потребно ажурирање софтвера уређаја, промене мрежних подешавања или замена уређаја.

Постоје и други бежични комуникациони системи, као што су сателитски системи, бежичне локалне мреже (WLAN) и бежичне личне мреже (WPAN), који обезбеђују велики проток података.

4. МОБИЛНЕ ОПЦИЈЕ ПОВЕЗИВАЊА

4.1 Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) је породица бежичних мрежних протокола која се обично користи за повезивање различитих уређаја и њихово повезивање на Интернет, омогућавајући размену података између уређаја. Ово је једна од најшире коришћених технологија, присутна у домовима, мањим канцеларијама и јавним местима као што су хотели, библиотеке и аеродроми. Wi-Fi је дизајниран да ради без проблема са жичаним Ethernet-ом. Компатибилни уређаји се могу повезивати преко бежичних тачака, жичаних уређаја и Интернета. Wi-Fi је заштитни знак Wi-Fi Alliance-а, који ограничава коришћење израза „Wi-Fi Certified“ на производе који су међусобно компатибилни.



Link: <https://www.hellotech.com/blog/what-is-the-difference-between-bluetooth-and-wifi>

Различите верзије Wi-Fi мреже дефинишу се различитим IEEE 802.11 протокол стандардима и различитим радио технологијама. Верзија одређује доступни радио опсег, максимални домет и брзину. Wi-Fi најчешће користи 2,4 гигахерцни (120 мм) UHF и 5 гигахерцни (60 мм) SHF радио

опсега; ови опсеги су подељени на више канала. Канали се могу делити између мрежа, али у домету једног канала истовремено може преносити само један предајник.

Данас је доступно све више бежичних технологија за комуникационе поруке. NFC и Bluetooth су највећи играчи у овој области. Обе технологије омогућавају комуникацију између два уређаја на кратком домету, обезбеђујући сигуран пренос података између уређаја.

4.2. Bluetooth

Bluetooth је бежична технологија која омогућава размену података између жичаних и мобилних уређаја на кратким растојањима. Ово је отворени стандард назван по данском краљу Харалду Плавозубом из 9. века.

Bluetooth користи UHF радио таласе, у опсегу од 2,402 GHz до 2,480 GHz у Европи и САД-у. Управља са укупно 79 канала, са ширином опсега од 1 MHz по каналу. Подаци се деле на пакете и преносе преко одређеног канала.

Многи системи користе Bluetooth Low Energy (BLE) технологију због високе енергетске ефикасности.

Уређаји који користе BLE могу радити месецима на једној батерији. Bluetooth је постао свакодневни део живота, омогућавајући повезивање различитих уређаја са мобилним телефонима, чиме се избегава потреба за ношењем додатних картица, даљинских управљача и памћењем PIN кодова.



4.3. NFC и RFID

Near Field Communication (NFC) је бесконтактна технологија за комуникацију на кратким растојањима. NFC су развили NXP Semiconductors и Sony као напредак RFID (Radio Frequency Identification) и технологија паметних картица. Радиофреквентна идентификација омогућава уређајима у непосредној близини да се идентификују и размењују податке путем радио таласа.

RFID систем се састоји од три компоненте: RFID ознаке (таг/транспондер), RFID читача (ридер/интерогатор) и апликације.



<https://www.bradyid.com/intelligent-manufacturing/what-is-rfid>

Са становишта функционисања, RFID читач емитује радио таласе и поставља „питање“ RFID ознаци, која затим дели сачуване податке са RFID читачем. Читач може истовремено прочитати податке са више RFID ознака. RFID читач затим прослеђује добијене податке у базу података ради складиштења. Апликација обрађује податке на основу информација у бази података. RFID читач може читати податке са статичних и покретних RFID ознака. RFID системи се користе за праћење уређаја и локација, спречавање крађе, као уређаји за приступ, у логистици, за праћење животиња итд.

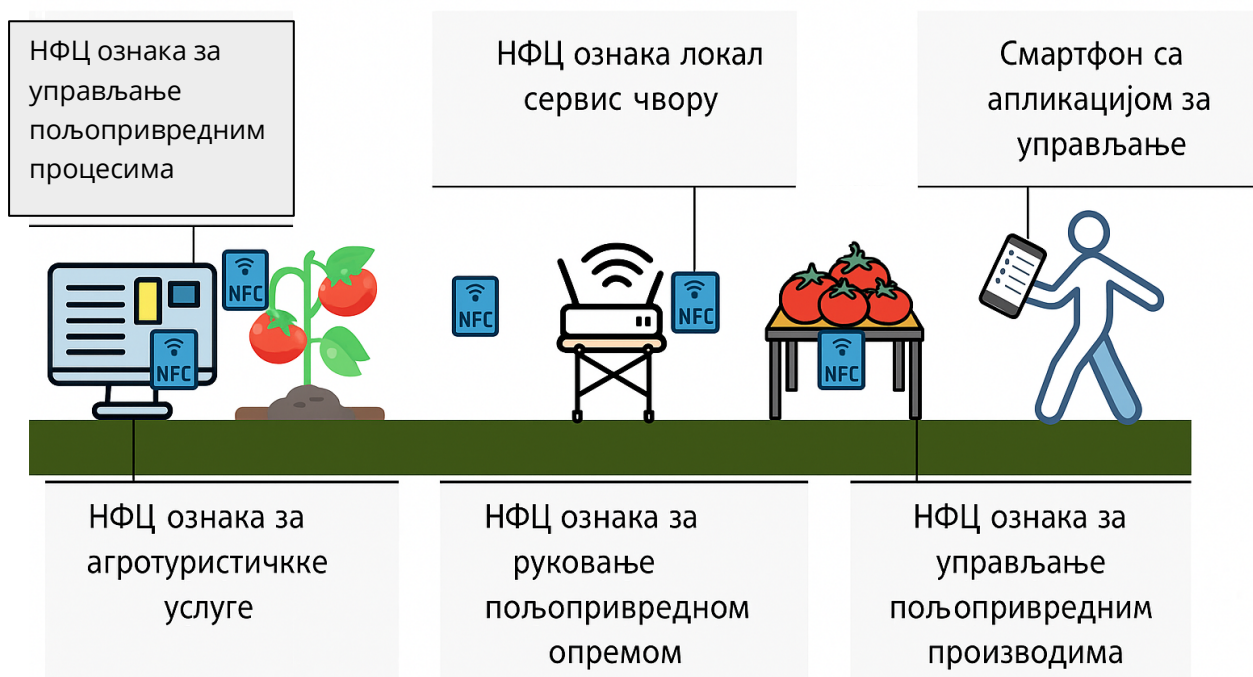
NFC технологија такође укључује три компоненте: ознаку, читач и софтвер. NFC ознака може служити као читач и обрнуто, што омогућава двосмерну комуникацију, за разлику од RFID система. Ова технологија омогућава брзу идентификацију и пренос података између уређаја који су физички близу (1-10 цм). Само једна ознака може бити прочитана у исто време. NFC се често користи за бесконтактно плаћање, у паметним стакленицима, паметном транспорту, паметним кућама и индустријским апликацијама. Његова популарност је резултат ниске цене, погодности, поузданости и могућности интеграције са паметним телефонима. NFC ознаке се могу користити за управљање информацијама захваљујући њиховој способности чувања података. На пример, употреба NFC технологије може побољшати управљање производним и продајним процесима у стакленицима. Повезивањем са паметним телефонима, чак и

пољопривредници са ниским нивоом образовања могу ефикасно управљати производњом и продајом.

NFC има три начина рада: peer-to-peer, читач/писач и режим емуляције картице.

- **Peer-to-peer** режим омогућава директну комуникацију између два NFC уређаја. Комуникација је двосмерна и омогућава размену стандардизованих података.
- **У режиму читач/писач**, NFC уређај може приступити пасивној NFC ознаци и сарађивати са паметним картицама.
- **У режиму емуляције картице**, NFC уређај имитира бесконтактну паметну картицу, омогућавајући му рад са старијим RFID читачима.

Као и сви електронски уређаји, RFID и NFC уређаји морају испуњавати различите стандарде и прописе. Алтернативно користе се технологије као што су баркод, QR код, Wi-Fi, Bluetooth итд.



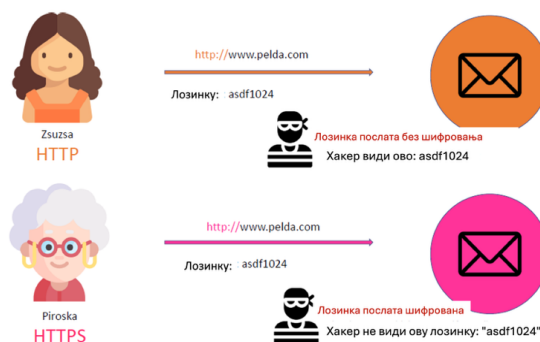
5. Комуникациони протоколи у стакленицима

5.1. HTTP

HTTP Hypertext Transfer Protocol (HTTP) описује основе веб комуникације, основ сваке рачунарске размене података између клијента и сервера. На пример, клијент, веб прегледач,

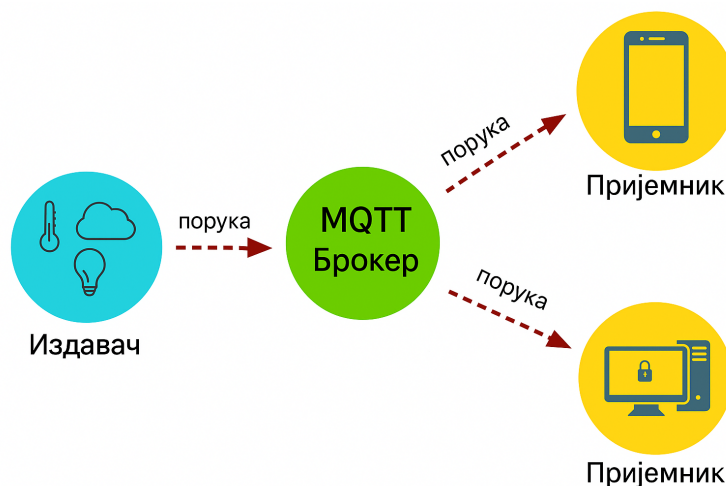
иницира захтеве које сервер обрађује. Захтеви могу доћи путем уноса текста, клика мишем или додиривања екрана. Протокол обрађује документе типа *hypertext*, што значи да се у документе могу стављати везе које омогућавају приступ различитим ресурсима. HTTP не користи шифровање или аутентификацију и подложен је различитим нападима, али је брз због недостатка безбедносних подешавања. Обично се користи за дељење информација и нема трошкове одржавања.

HTTPS је сигурна верзија HTTP-а, (<httpwg.org>, 2023), није засебан протокол, ради изнад HTTP-а и користи TLS/SSL стандарде за безбедносна решења. Омогућава кориснику сигурност комуникације, интегритет и аутентичност веб странице. Сигурна комуникација је могућа само ако су одабрани одговарајући шифровање пакети и ако је проверен сервер. Уграђен је у све модерне веб прегледаче и зависи од веб сервера. HTTPS је отпоран на различите нападе и због безбедносних подешавања спорији од HTTP-а. Обавезан је за веб странице које обрађују осетљиве податке (лозинке, подаци о картицама, итд.). Одржавање кошта.



5.2. MQTT

MQTT Message Queue Telemetry Transport (MQTT) је лаган, отворен и бесплатан протокол који омогућава *publish/subscribe* комуникацију између клијента и сервера. Ове карактеристике омогућавају његову употребу у ограниченим окружењима као што су M2M (Machine to Machine) комуникација и IoT (Internet of Things) контексти, где је на располагању само мала количина кода за обраду. Дизајниран је за ефикасан рад при ниском пропусном опсегу, малој потрошњи батерије и нестабилним везама. Поруке објављује пошиљалац, али не мора да зна ко ће их примити, јер претплатници добијају све поруке преко MQTT брокера.



5.3. CoAP

Constrained Application Protocol (CoAP) је веб протокол за пренос података који се користи за ограничене чворове и ограничене мреже. Чворови често имају 8-битне микроконтролере са малом количином ROM-а и RAM-а, док мреже обично користе ниску потрошњу, бежичне, персоналне мреже са честим губицима и грешкама пакета и типичном брзином преноса од 10 kbit/s. Протокол је намењен за машине за машине (M2M) апликације као што су паметне енергетске апликације и аутоматизација зграда (datatracker.ietf, 2023).

CoAP обезбеђује протокол интеракције захтева и одговора између крајњих тачака апликација, подржава уграђено откривање услуга и ресурса, као и кључне елементе веба као што су URI-ји и интернетски медијски типови. У ограниченим окружењима карактерише га врло ниска додатна оптерећења и једноставност. Приликом дизајнирања, узето је у обзир да се лако повезује са HTTP-ом, али и да испуњава специфичне захтеве као што су уникаст и мултикаст захтеви и асинхрона размена порука.

5.4. AMQP

AMQP Аванцед Мессеџ Queуинг Протокол (AMQP) је отворени изворни стандард који се користи за асинхронно слање порука у жичаним мрежама. То је протокол Апликативног Слоја Интернет Протокола, који користе миддлваре софтвери. Његове карактеристике укључују оријентацију на поруке, услугу редоследног чекања порука, усмеравање (укључујући тачка-тачка и публикација-претплата), поузданост и сигурност. AMQP шаље податке као ток бајтова, стога може радити са било којим уређајем који може креирати и интерпретирати податке тог типа (amqp, 2023).

AMQP је дизајниран да ефикасно подржава широк спектар апликација за слање порука и комуникационих образаца. Омогућава континуирано контролисану, порукама оријентисану комуникацију, где постоје три могућности испоруке порука: највише једном, најмање једном и тачно једном. Такође, омогућава аутентификацију и/или енкрипцију засновану на SASL и/или TLS. Претпоставља постојање поузданог транспортног слоја протокола у позадини, као што је Transmission Control Protocol (TCP).

У AMQP спецификацији су дефинисани:

- систем типова,
- симетрични и асинхрони протокол потребан за пренос порука између процеса,
- стандардни и прошириви формат порука,
- стандардни, али прошириви скуп могућности слања порука.

6. IoT (INTERNET OF THINGS – ИНТЕРНЕТ СТВАРИ)

Internet of Things - Интернет ствари (IoT) је мрежа физичких објеката доступних преко Интернета. Ови објекти су у сталној вези са спољним окружењем, једни са другима, или са корисником, уз помоћ различитих технологија. IoT се сматра трећом фазом развоја Интернета. Током 1990-их, на Интернету је било око милијарду корисника, мобилна комуникација која се појавила током 2000-их повезала је додатне 2 милијарде корисника, а IoT је до 2022. године успео да повеже 35 милијарди „ствари“ преко Интернета. Примери укључују паметне сатове, сензоре у аутомобилима, стакленике и слично. Све ово је омогућено због смањења трошкова сензора и процесорске снаге, као и ниске цене хардверских и софтверских средстава

потребних за повезивање уређаја, те повећања ширине опсега, што је омогућило једноставан и ефикасан начин повезивања „ствари“ (Банафа, 2023).



IoT поседује карактеристике које га значајно разликују од обичног Интернета, као што су осећање (sensing), ефикасност (efficiency), мрежно повезани уређаји (networked), специјализоване операције (specialized) и доступност свуда (everywhere). Ове карактеристике могу променити правац технолошког развоја, што може имати значајне последице за технолошке компаније. На пример, прелазак са ранијег жичаног Интернета на мобилни интернет померио је тежиште са Intel-а на Qualcomm, са Dell-а на Apple..

Више технолошких промена омогућило је ширење IoT-а, а оне су следеће:

- јефтини сензори: цена сензора је у просеку пала на 60 центи са 1,30 долара у последњих 10 година,
- јефтина ширина опсега: трошкови ширине опсега су се смањили готово 40 пута у последњих 10 година,
- јефтино процесирање: трошкови процесирања су се смањили готово 60 пута у последњих 10 година, што је омогућило да одређени уређај поред повезивања врши и обраду генерисаних и примљених података,
- паметни телефони: паметни телефони служе као даљински управљачи или хабови у повезаним домовима, повезаним аутомобилима, стакленицима или здравственим и фитнес уређајима,
- бежично покривање: захваљујући широкој Wi-Fi покривености, бежична веза је доступна по врло ниској цени,
- big data: IoT генерише велике количине неструктурираних података чија је анализа од кључног значаја,
- IPv6: најновији стандард Интернет протокола (IP), који подржава 128-битне адресе, за разлику од IPv4 који је могао обрадити само 32-битне адресе и који су повезани уређаји широм света исцрпели. 128-битне адресе, међутим, значе око $3,4 \times 10^{38}$ адреса – чиме је могуће обрадити све замисливе IoT уређаје.

Један од недостатака IoT-а је што је тешко повући границу у питањима заштите података и безбедности. Интелигентни уређаји рукују са пуно личних података и информација о

кориснику, злоупотреба ових података може изазвати велике штете. Други недостатак је што већина уређаја може комуницирати само са другим уређајима од истог произвођача. Истина је да AllJoyn Open Source Project (openconnectivity, 2023) покушава обезбедити повезивање уређаја различитих произвођача, али IoT технологија је још увек далеко од развоја јединственог система.

7. СТАКЛЕНИЦИ И МОБИЛНА КОМУНИКАЦИЈА

Светска популација ће до 2050. године вероватно достићи 9,7 милијарди људи, што ће довести до експоненцијалног раста потражње за храном. Ово може изазвати бројне проблеме, као што су загађење воде и ваздуха, емисија гасова са ефектом стаклене баште или глобално загревање. Ови проблеми истичу потребу за развојем одрживих решења у вези са производњом хране. Изградња стакленика који користе прецизну пољопривреду може бити кључна за решавање ових проблема.

Мобилни контролни системи уграђени у стакленике могу у потпуности обезбедити интегрисану контролу температуре, влажности, наводњавања, ђубрења, CO₂, светлосних и сенковитих нивоа. Прецизно управљање процесом узгоја омогућава пољопривредницима да постигну веће уштеде у потрошњи енергије, воде, хемикалија и пестицида. Мобилна контрола обично доприноси већој оперативној конзистенцији, планираној производњи, вишем квалитету производа и еколошкој чистоћи (Манохар и Игатхинатхане, 2007).

У стакленику један рачунар може контролисати стотине уређаја (вентилационе системе, грејаче, вентилаторе, мешачке вентиле за топлу воду, вентиле за наводњавање, завесе, лампе, итд.). Систем је у стању да обради хиљаде улазних параметара, као што су спољна и унутрашња температура, влажност, правац ветра, брзина ветра, ниво CO₂, итд. Мобилни системи могу примати сигнале са свих постављених сензора и послати команде појединим уређајима у одговарајућим интервалима. Један рачунарски систем такође може прикупити и забележити податке од различитих спољних извора, чијом обрадом пољопривредник може сазнати све факторе који утичу на квалитет и количину производа.



Системи могу креирати визуелизацију података (графиконе, извештаје, резимее) о прошлости и садашњим условима окружења, што пружа транспарентнији приказ оцењених података.

Упркос ширењу компјутерских система, не треба заборавити да успех у биљној производњи првенствено зависи од знања пољопривредника о управљању биљкама. Ови системи могу помоћи у прецизнијем узгоју у стакленицима и само су онолико ефикасни колико је софтвер који их покреће исправан, те колико су дигиталне компетенције пољопривредника на одговарајућем нивоу.

Поред предности компјутерских система, вреди размотрити и недостатке:

- потребна је висока почетна инвестиција,
- потребни су квалификовани оператери система, како у дигиталном, тако и у механичком пољу,
- број одржавања, бриге и превентивних мера може бити већи,
- није увек економски исплативо за мале и сезонске производње.

Што се тиче компјутерских технологија, следеће се могу применити у операцијама стакленика: бежичне сензорске мреже (WSN), интернет ствари (IoT), вештачка интелигенција (AI), свемирске технологије, даљински сензори, рачунарски алгоритми, блокчејн технологија, big data и радио фреквентна идентификација (RFID). Уз помоћ ових технологија могуће је анализирати, генерисати, примати, преносити и обрађивати податке.

Микрочипови, сензори, системи за глобално позиционирање (GPS системи), компјутерски софтвери, комуникациони системи, интернет протоколи, метеоролошки подаци су уређаји који обезбеђују обраду података у вези са узгојем биљака (Мотром, 2022).

Проналазак транзисторских склопки, а касније и техника гравирања силицијума и појава **микрочипова** омогућили су појаву данашњих електронских и дигиталних уређаја, а њихово значајно смањење величине и трошкова производње довело је до широке примене ових

уређаја у различитим пољопривредним секторима, као што је прецизно узгајање у стакленицима.

Различити **сензори** и детектори омогућили су детекцију и праћење података као што су мерење брзине, проток ваздуха, влажност, карактеристике болести биљака и животиња и сл..

Глобални системи за позиционирање (GPS системи) су првобитно развијени од стране америчке војске 1970-их година. Ови и новији глобални навигациони сателитски системи омогућили су одређивање локације са прецизношћу од неколико метара, што је корисно за теренска возила, али и за локализацију биљака на отвореном или затвореном простору.

Компјутерски софтвери су апликације које, на пример, могу анализирати дигиталне слике и мултимедијалне садржаје, успостављати modele и објашњавати односе. Уз њихову помоћ могу се препознати биљке, откривати штеточине, идентификовати физиолошке фазе итд. Током 1950-их година подаци су први пут дигитализовани, а убрзо након тога појавили су се софтвери који су омогућили структурирано и систематизовано обрађивање великих количина података. Данашње базе података чувају огромне количине података који се могу претраживати и анализирати.

Могућности комуникације су се значајно промениле појавом Интернета и мобилних уређаја. Сваки дигитални објекат (текст, видео, слика, звук), е-пошта и веб странице се крећу Интернетом као серије пакета, од којих је сваки прецизно идентификован по стандарду Интернет Протокола, тако да је могуће знати одакле долази и где се шаље. World Wide Web обезбеђује јединствени ресурс за претрагу (Uniform Resource Locator - URL) на било којој тачки Интернета, тако да се ови дигитални објекти лако могу повезати и преносити.

У развијеним земљама модерна **метеорологија** може пружити детаљне временске прогнозе са резолуцијом до 1 км и предвидети временске услове до 7 дана унапред. Ово има значајан утицај на планирање и спровођење операција у стакленицима, знатно смањујући ризике изазване временским условима.

Мрежа контаката пољопривредника који управља стаклеником у великој мјери утиче на пословни успјех стакленика. Директна, брза и редовна комуникација са различитим особама олакшана је могућностима Интернета и мобилне комуникације, али ове технологије није довољно само познавати, већ их треба и користити. Поред одржавања контакта са купцима, у пословну политику треба укључити и услуге рекламирања, управљања клијентима и пружања информација. Уз помоћ GPS технологије, логистика транспорта постаје лакша. У комуникацији са различитим службама, одговарајуће коришћење софтвера обезбеђује двосмерну размену података и приступ прописима. Уз коришћење услуга финансијских институција, мобилна плаћања, уплате такси и интернет банкарство постају једноставни. Од представничких организација брзо се могу добити ажурне информације и затражити стручни савети.

Међу мобилним апликацијама, вреди размотрити оне које омогућавају управљање производњом, праћење производа и апликације за осигурање квалитета.

Фармер који управља стаклеником мора узети у обзир више података приликом доношења одлука у вези са фармом. Ови подаци су обично сирови и долазе са сензора на уређајима и машинама:

- подаци о жетви и GPS подаци: подаци који се корелишу са GIS информацијама добијеним од дронова,

- тржишни и ценовни подаци са облачних сервера трећих страна, који помажу у процени могуће вредности жетве и потражње,
- временске прогнозе са Интернета (температура, брзина ветра, правац ветра, количина падавина, влажност, атмосферски притисак итд.),
- подаци са сензора који мере локалне услове окружења (актуелни временски подаци, подаци о земљишту, подаци о жетви, слике и видео подаци о стању/болести биљака),
- подаци о локалним водним ресурсима са Интернета,
- подаци о ценама пољопривредних производа на домаћем и међународном нивоу.

8. МОВИЛНЕ КОМУНИКАЦИЈЕ У СТАКЛЕНИЦИМА

Тренутно на тржишту постоји много сензора и уређаја који подржавају пољопривреднике у изградњи сопствених паметних стакленика. Уз помоћ актуелне дигиталне технологије могу контролисати квалитет земљишта, а системи нуде решења како би фармери избегли деградацију земљишта (С. Бхарати, ет ал., 2023). IoT технологија омогућава бригу о земљишту, са посебним акцентом на водоодрживост, текстуру и брзину апсорпције. Ове могућности омогућавају избегавање претеране употребе ђубрива, смањење збијања, салинизације, закисељавања, загађења и ерозије. На пример, озбиљна анализа земљишта може се извршити уз помоћ Lab-in-a-Box комплекта за тестирање земљишта који је развио AgroCares (Agrocares, 2023). Свакодневно било који фармер може користити Lab-in-a-Box за анализу до 100 узорака без потребе да носи узорке у лабораторију.

2009. године лансиран је сателит за мерење влажности земљишта и салинитета океана (Soil Moisture and Ocean Salinity, SMOS), који пружа мапе глобалне влажности земљишта сваки дан или два (earth.esa.int, 2023). Уз помоћ даљинских сензора редовно прикупља податке о влажности земљишта, што помаже у анализи суша на различитим подручјима.

2014 године шпански истраживачи су користили систем SMOS L2 за процену индекса недостатка воде у земљишту (SWDI). Користили су Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) сензор за скенирање различитих карактеристика земљишта и квантитативно су проценили ризик од деградације земљишта у подсахарској Африци. Додатни сензори и технологије засноване на визији су коришћени за одређивање оптималне удаљености и дубине за ефикасну сетву.

Са IoT-базираним интелигентним уређајима као што су бежични сензори, дронови и роботи, могуће је тачно идентификовати **биљне штеточине**, чиме пољопривредници могу драстично смањити употребу пестицида. Савремена IoT-базирана заштита биљака нуди праћење у реалном времену, предвиђање болести и моделирање, чиме је ефикаснија од традиционалне заштите од штеточина. Најмодерније технике за детекцију штеточина и болести зависе од система обраде слика. Сирове слике се прикупљају помоћу даљинских сателита или теренских сензора. Прикупљене слике обично покривају велике површине и могу се обрадити са добром ефикасношћу уз ниске трошкове. Постоје и теренски сензори који могу прикупљати узорке о стању биљака и присуству штеточина у свакој фази жетвеног циклуса. IoT-базирани системи могу прикупљати, бројати и описивати врсте штеточина, а затим их детаљно анализирати помоћу услуге у облаку. Овакав IoT-базиран систем за мониторинг штеточина може минимизирати укупне трошкове док помаже у обнови природне климе.

IoT-базиране **технологije за ђубрење** тачно процењују потребе за ђубривом уз минималне потребе за радном снагом. На пример, нормализовани диференцијални индекс вегетације

(NDVI), који се у потпуности заснива на рефлексији видљиве и блиско инфрацрвене светлости од вегетације, користи сателитске снимке за испитивање стања биљака, мерење здравог усева и вегетације. Такође помаже у процени нивоа хранљивих материја у земљишту. Ове мере значајно повећавају ефикасност употребе ђубрива док избегавају негативне еколошке ефекте. Географско мапирање, GPS прецизност, аутономна возила и технологија променљиве брзине (VRT) доприносе IoT-базираној интелигентној оплодњи.

IoT-базиране технологије се такође ефикасно користе **за праћење приноса**. Одговарајући сензори се могу инсталирати на било који комбајн, а подаци се могу обрађивати, на пример, помоћу FarmTRX мобилне апликације (farmtrx, 2023). Апликација омогућава креирање висококвалитетних мапа приноса које пољопривредник може извозити у друге алате за управљање фармом за даљу анализу. Сателитски снимци се такође користе за праћење приноса у великим операцијама. На пример, у Мјанмару су коришћени Sentinel-1 интерферометријски снимци за одређивање приноса пиринча; за праћење фаза плодовања манга коришћене су RGB дубинске фотографије; оптички сензори су мерили скупљање папаве током сушења.

Индекс стреса биљака због недостатка воде (CWSI) је још једна могућност примене IoT-базираних стратегија за управљање **наводњавањем**. Наводњавање се врши на основу прогноза, што може значајно побољшати принос усева. За израчунавање CWSI-а потребно је посматрати принос и температуру ваздуха у различитим временима. У систему надзора заснованом на бежичним сензорима, сви теренски сензори су повезани, а измерени подаци се шаљу у систем за обраду, где се анализирају помоћу одговарајућих софтвера. Сателитски снимци и метеоролошки подаци се такође укључују у CWSI моделе ради одређивања потребе за водом. За сваку локацију се креира ексклузивна вредност индекса наводњавања. Метода променљивог наводњавања (VRI) коју спроводи CropMetrics утврђује потребну количину воде узимајући у обзир земљиште и топографске услове (cropx, 2023)

9. ЛИТЕРАТУРА

- Banafsa, A., 2023. Introduction to Internet of Things (IoT). hely nélk.: River Publishers.
- Boudriga, N., 2009. Security Of Mobile Communications. hely nélk.: CRR Press.
- Brookshear, J. G. & Brylow, D., 2017. Computer Science An Overview. 12 szerk. hely nélk.: Pearson India.
- S. Bharati, U. K. V. P., Mondal., M. & Podder., P., 2023. Artificial Intelligence and Smart Agriculture Applications. hely nélk.: CRC Press.
- Manohar, K. R. & Igathinathane, C., 2007. Greenhouse Technology and Management. Second szerk. hely nélk.: BS Publications.
- Mottram, T., 2022. Digital Agritechology, Robotics and Systems for Agriculture and Livestock Production. hely nélk.: Nikki Levy.
- S. Bharati, U. K. V. P., Mondal., M. & Podder., P., 2023. Artificial Intelligence and Smart Agriculture Applications. s.l.: CRC Press.

Линкови

agrocares, 2023. agrocares. [Online]
Available at: (<https://www.agrocares.com/lab-in-a-box/>)
[Пристапљено 2023].

amqp, 2023. amqp. [Online]
Available at: <https://www.amqp.org/>
[Пристапљено 2023]

cropx, 2023. cropx. [Online]
Available at: <https://cropx.com/>
[Пристапљено 2023]

datatracker.ietf, 2023. datatracker.ietf. [Online]
Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>
[Пристапљено 2023]

docs.oasis-open, 2023. docs.oasis-open. [Online]
Available at: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf>
[Пристапљено 2023]

earth.esa.int, 2023. earth.esa.int. [Online]
Available at: (<https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>)

farmtrx, 2023. farmtrx. [Online]
Available at: <https://farmtrx.com/>
[Пристапљено 2023]

httpwg.org, 2023. httpwg.org. [Online]
Available at: <https://httpwg.org/specs/rfc9110.html>
[Пристапљено 2023]

openconnectivity, 2023. openconnectivity. [Online]
Available at: <https://openconnectivity.org/>

www.tell.hu, 2023. www.tell.hu. [Online]
Available at: <https://www.tell.hu/minden-amit-a-2G-3G-4G-5G-halozatokrol-tudni-akartal>)

agrocares, 2023. agrocares. [Online]
Available at: (<https://www.agrocares.com/lab-in-a-box/>)
[Accessed 2023].

amqp, 2023. amqp. [Online]
Available at: <https://www.amqp.org/>
[Accessed 2023].

cropx, 2023. cropx. [Online]
Available at: <https://cropx.com/>
[Accessed 2023].

datatracker.ietf, 2023. datatracker.ietf. [Online]
Available at: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7252>
[Accessed 2023].

docs.oasis-open, 2023. docs.oasis-open. [Online]
Available at: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.pdf>
[Accessed 2023].

earth.esa.int, 2023. earth.esa.int. [Online]
Available at: (<https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>)

farmtrx, 2023. farmtrx. [Online]
Available at: <https://farmtrx.com/>
[Accessed 2023].

httpwg.org, 2023. httpwg.org. [Online]
Available at: <https://httpwg.org/specs/rfc9110.html>
[Accessed 2023].

openconnectivity, 2023. openconnectivity. [Online]
Available at: <https://openconnectivity.org/>

www.tell.hu, 2023. www.tell.hu. [Online]
Available at: <https://www.tell.hu/minden-amit-a-2G-3G-4G-5G-halozatokrol-tudni-akartal>)

2. АУТОМАТИЗАЦИЈА ЗА СТАКЛЕНИКЕ, СЕНЗОРИ, РОБОТИКА

Аутори:

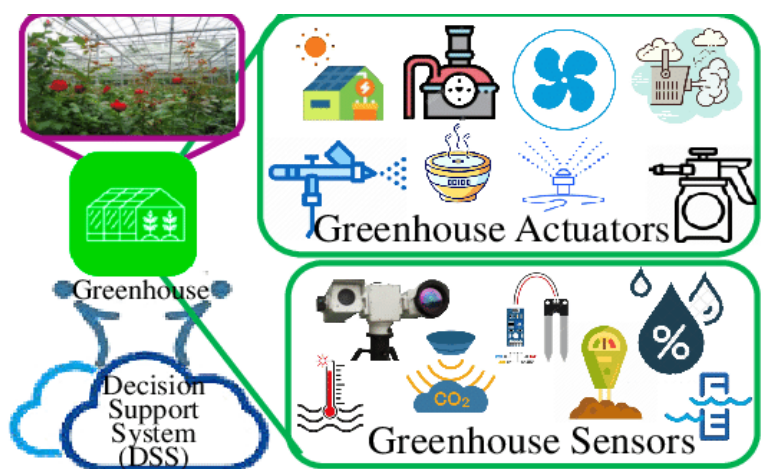
- Пап Шандор - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)
- Турош Ласло Жолт - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)
- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

1. Увод

Аутоматизовани сензори, роботика и вештачка интелигенција заједно примењени револуционишу гајење биљака. Правилно дизајнирани и интегрисани системи омогућавају ефикасније праћење биљака, рано препознавање болести и штеточина, као и постизање оптималног раста и узгоја. Кораци ка одрживој пољопривреди, које подржавају аутоматизација и роботика, доприносе очувању безбедности хране и заштити животне средине.

2. АУТОМАТИЗОВАНО ПРАЋЕЊЕ И НЕГА БИЉАКА

У области пољопривредне производње, аутоматизација, сензори и роботика играју све значајнију улогу у повећању ефикасности и постизању одрживог узгоја. Аутоматизовано праћење и нега омогућавају континуирано праћење стања биљака и обезбеђивање оптималних услова за раст. У овом поглављу представљамо примену аутоматизованих сензора за праћење здравља биљака и дијагнозу, рано препознавање биљних болести и штеточина, као и улогу роботских система за негу и вештачке интелигенције у постизању оптималног раста и узгоја биљака.



Слика: илуструје јединице које се користе у аутоматизованим стакленицима:
извор: https://www.researchgate.net/figure/loT-Enabled-Greenhouse_fig1_348989431

2.1. Примена аутоматизованих сензора за праћење и дијагностику здравља биљака

Аутоматизовани сензори су кључни алати модерне пољопривреде који помажу пољопривредницима у прецизнијем праћењу и нези биљака. У наставку следи представљање најважнијих сензора:

- **сензори за влажност земљишта** могу континуирано мерити влажност земљишта, чиме се обезбеђује оптимизација распореда наводњавања, спречавање прекомерног или недовољног наводњавања, подстицање одрживе пољопривреде и на крају повећање пољопривредне продуктивности минимизирањем расипања воде. Међу старијим, једноставнијим технологијама могу се навести *тензиометријски, резистивни и капацитивни мерни уређаји за влажност земљишта*. Њихова предност је релативно једноставна конструкција и ниска цена, али због брзине мерења, ограничених могућности примене и ниске прецизности мерења данас су замењени модерним, паметним мерним системима. Најпрецизније и најпоузданије мерење влажности земљишта данас се заснива на **принципу рефлектометрије у временском домену** (time-domain reflectometry, TDR), која се користи за индиректно мерење влажности на основу електричних и диелектричних својстава земљишта. Суштина овог мерног принципа је убризгавање електричног импулса са врло брзим временом успона (око 200 ps) у сонду смештену у земљиште. Брзина ширења импулса тесно зависи од влажности земљишта. Пример мерног уређаја заснованог на рефлектометрији у временском домену је TDR 350 компаније John Morris.
- **сензори за температуру и влажност** мере услове околине и помажу у стварању идеалне микроклиме за биљке. Ови подаци су важни, посебно у стакленичким условима, где је контрола температуре и влажности кључна за успех узгоја. Класичне сензоре за температуру ваздуха и релативну влажност заменили су интегрисани, паметни сензори који на лицу места претварају и обрађују аналогне сигнале осетљиве на сметње и комуницирају са централним мерним системима у дигиталном облику. Одличан пример паметних сензора је SHT4X компаније Sensirion из Швајцарске. Једна од предности овог уређаја је да се на I2C комуникациони систем и протокол може повезати 128 сензора на један пар жица, омогућавајући вишепунктни мерни принцип на једноставној и исплативој мрежи.
- **сензори за фотосинтетичко активно зрачење** (PAR) омогућавају мерење интензитета светлости, што је критично за фотосинтезу и производњу хранљивих материја у биљкама.

Прецизно мерење фотосинтетичког активног зрачења помаже у постизању оптималног раста и приноса биљака. Сензор омогућава мерење густине фотосинтетичког фотонског флукса (Photosynthetic Photon Flux Density, PPFD) изнад биљних крошњи у спољашњем окружењу, стакленицима, коморама за раст, као и у рефлектованом окружењу или испод крошње (филтрираном). Мерни уређаји компаније Apogee Instruments из Сједињених Америчких Држава сматрају се индустријским стандардом, укључујући и сензорску породицу PPFD Quantum SQ-500.

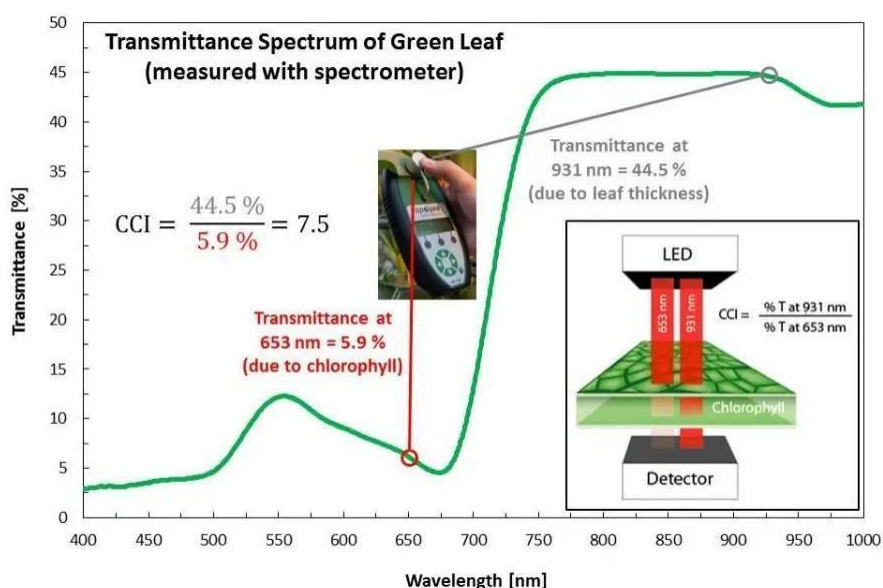


извор: <https://www.amazon.ca/Apogee-Instruments-MQ-500-Full-Spectrum-Quantum/dp/B09KWQJ8XP?th=1>

сензор за концентрацију хлорофила у апсолутним јединицама – $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ – даје концентрацију у листу. Може се користити за процену стања хранљивих материја, процену стресних фактора које биљка доживљава и оптимизацију жетве. Упркос томе што обезбеђује веома важне информације о физиологији биљака, због релативно високе цене још увек није у широкој употреби. Мерни инструмент за концентрацију хлорофила модела MC-100 компаније Apogee и метод мерења, -принцип приказани су на следећим илустрацијама:



извор: <https://www.apogeeinstruments.com/mc-100-chlorophyll-concentration-meter/>



извор: <https://manuals.plus/apogee/mc-100-chlorophyll-concentration-meter-manual#axzz8QgVt1E8l>

2.2. Рано препознавање биљних болести и штеточина уз помоћ аутоматизованих система заснованих на рачунарској визији

Због смањивања природних ресурса, један од највећих изазова у пољопривреди је то што принос тешко може да прати раст светске популације. Главни изазов је повећање продуктивности, без обзира на неповољне еколошке факторе. Модерна прецизна пољопривреда користи најмодерније технолошке иновације за побољшање продуктивности. Аутоматизовани систем за детекцију болести обезбеђује тренутну и тачну дијагнозу пољопривредницима о болестима биљака, убрзавајући дијагностички процес. Аутоматизација система за препознавање болести је од кључне важности за убрзање дијагнозе усева и интервенције.

Данас је у пољопривреди обрада слика постала основна примена и једна од најбрже растућих истраживачких тема у овој области. Широки спектар индустрија, укључујући пољопривреду, открио је да обрада слика може бити користан алат за анализу података. Подаци се прикупљају фотоапаратима, авионима или сателитима, а затим се користе рачунарски алгоритми за обраду и анализу слика. Аутоматски систем за детекцију болести листова у прецизном узгоју користи снимање слика, обраду слика, сегментацију слика, екстракцију карактеристика и технике машинског учења. Решавање бројних проблема у пољопривреди знатно је поједностављено захваљујући најновијим развојима у технологијама снимања и обраде података. Сlike се могу користити за детекцију оболелих листова, стабљика и плодова, чиме се квантитативно одређује захваћена површина у складу са болешћу.

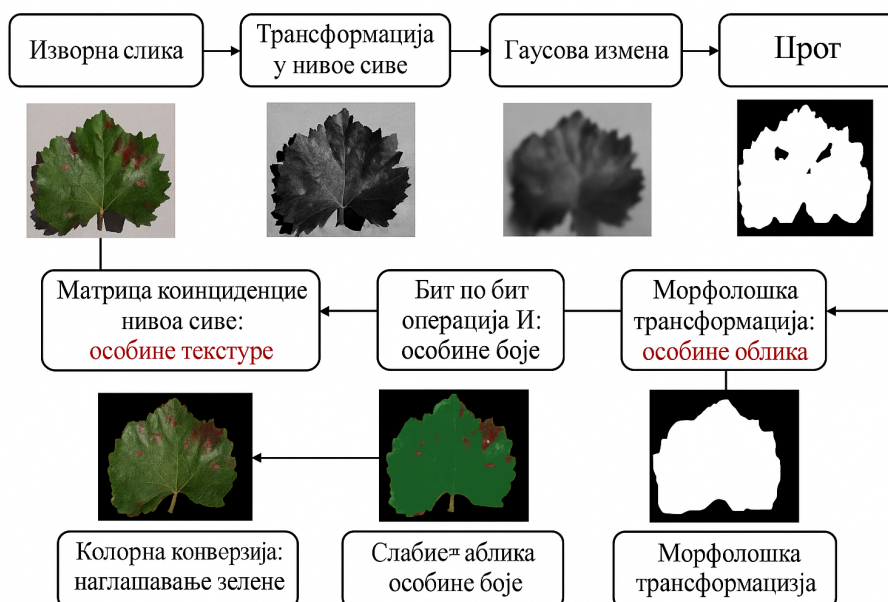
Следећа илустрација приказује комплексни систем снимања у паметној биљној кући:



<https://phenospex.com/products/plant-phenotyping/planteye-f500-multispectral-3d-laser-scanner/>

Експериментални систем Универзитета у Минесоти можете погледати ОВДЕ: [LINK](#)

Предобрада података је важан део сваког система заснованог на рачунарској визији, а следећа илустрација приказује кораке у обради слика. Да би се постигли тачни резултати, пре екстракције карактеристика мора се уклонити могућа позадинска бука. У ту сврху, прво се слика у боји претвара у сиву нијансу, а затим се примењује Гауссов филтер за изглађивање слике. Након тога, Otsu-ов алгоритам за одређивање прагова се примењује на бинарну верзију слике. Затим се на бинаризовану слику примењује морфолошка трансформација како би се затвориле мале рупе у првом плану.



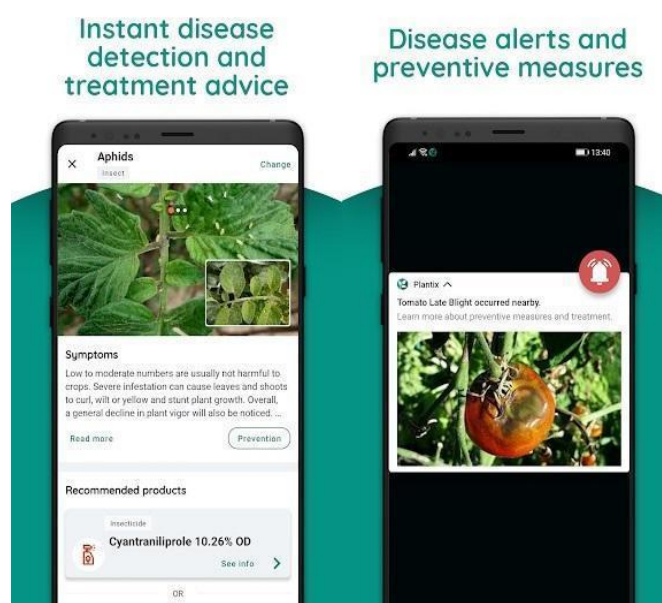
Након детекције предњег плана, битна операција И се извршава на бинарној слици и оригиналној слици у боји како би се добила RGB слика сегментираног листа. Након сегментације слике, систем екстрахује облик, текстуру и боју са слике. Уз помоћ контура израчунавамо површину и обим листа. Контуре су линије које повезују све тачке дуж ивица

објекта исте боје или интензитета. На RGB слици такође процењујемо просек и стандардну девијацију сваког канала. За израчунавање количине зелене боје на слици, слика се претвара у HSV простор боја, а затим из сиве ниве коокурентне матрице (GLCM) извлачимо карактеристике текстуре и боје.

Карактеристике се бирају на основу корелације између променљивих и циљних променљивих. На пример, у случају предвиђања болести јабука, корелација између карактеристичне зелене боје листа и зеленог дела листа је веома висока, што значи да су те две променљиве међусобно зависне. Након одабира најзначајнијих карактеристика, подаци се сада анализирају у машинским класификаторима да би се пронашли обрасци у подацима. Међу многим класификационим алгоритмима, можемо користити класификатор случајних шума у комбинацији са одлуком стабла за постизање веће тачности. Након покретања целог скупа операција, могуће је добити високопрецизну дијагностику која се стално проширује на нове биљне врсте. Према тренутно објављеним резултатима, системи засновани на рачунарској визији могу препознати и сигнализирати болести јабука са тачношћу од 93%, док за кромпир та тачност износи 98%.

Једна могућа практична имплементација може се видети на [филму](#).

Вреди поменути апликацију за паметне телефоне засновану на оперативном систему Android, Plantix, која препознаје биљне болести и патогене на основу фотографије снимљене и отпремљене сопственом камером и пружа предлоге за интервенцију. Треба напоменути да због ограничења коришћене базе података и недостатка стручног знања развојног тима, ова апликација се сматра аматерским нивоом. Филм о апликацији можете погледати [овде](#).



Истовремено, познате светске компаније у овој струци такође развијају сличне апликације намењене стручњацима, оријентисане на профит.

2.3. Примена роботских система за негу и вештачке интелигенције за оптималан раст и узгој биљака



извор: <https://mezogazdasaq.ma/mesterseges-intelligencia-a-mezogazdasagban/>

Роботски системи за негу и вештачка интелигенција (ВИ) револуционишу узгој биљака. Паметни роботски системи за негу могу аутономно извршавати различите задатке у вези са биљкама.

На пример, роботи су у стању да прецизно орезају биљке, прилагођавајући се њиховој фази раста и потребама. Ово омогућава оптималан раст и плодност биљака. Примена вештачке интелигенције помаже роботима у учењу, тако да временом постају све прецизнији у извршавању задатака.

Концепт прецизне пољопривреде заснован је на комбиновању технологије и података како би се оптимизовала пољопривредна производња и минимизирали утицаји на животну средину. У овом контексту, вештачка интелигенција омогућава дубљу анализу података и подршку доношењу пољопривредних одлука.

Помоћу вештачке интелигенције, пољопривредници могу добијати информације у реалном времену о стању земљишта и здрављу биљака:

- Сензори и IoT (Интернет ствари): паметни сензори мере влажност земљишта, pH вредност и друге кључне параметре. IoT уређаји омогућавају пренос ових података до централних система.
- Дронови и сателитске слике: ови уређаји снимају слике поља, омогућавајући рано откривање биљних болести, недостатка хранљивих материја или штеточина.
- ВИ модели за анализу података: прикупљене податке анализирају ВИ алгоритми како би препознали обрасце, направили прогнозе и оптимизовали пољопривреду.

Прецизна пољопривреда се радикално трансформише захваљујући вештачкој интелигенцији. ВИ омогућава пољопривредницима да обрађују своја поља на одрживији, ефикаснији и еколошки прихватљивији начин. Овај развој не само да смањује трошкове производње, већ и минимизира утицаје на животну средину и побољшава глобалну безбедност хране.

У последњих неколико година, вештачка интелигенција (ВИ) је експлозивно распрострањена у пољопривреди, омогућавајући сектору да достигне нове висине. Међутим, као и свака

технологија, ВИ има своје изазове са којима се суочава пољопривредни сектор. Могући изазови и додата вредност ВИ у пољопривреди су следећи:

- Додата вредност: повећање продуктивности, смањење улазних трошкова, минимизација утицаја на животну средину итд.
- Изазови ВИ система: високи почетни трошкови, прецизно прикупљање и обрада података, безбедност и заштита података, недостатак обучених стручњака и на крају, али не и најмање важно, етичка и безбедносна питања.

Иако вештачка интелигенција пружа огромне могућности за пољопривреду, важно је да пољопривредници, доносиоци одлука и индустријски стручњаци буду свесни ових изазова. Са проактивним приступом и одговарајућом обуком, сектор може искористити предности ВИ, док истовремено управља потенцијалним ризицима и забринутостима.

На једном од предавања у оквиру серије догађаја у организацији Мађарске Академије Наука, обележавања Мађарске науке 2023. године, [можете пратити бројна и занимљива предавања](#).

3. РОБОТИ У СТАКЛЕНИЦИМА И САМОВОЗЕЋА ВОЗИЛА

3.1. Примена роботских система у стакленицима за смањење недостатка радне снаге и трошкова радне снаге

У области гајења биљака, аутоматизација и роботика играју све већу улогу, посебно у пластеницима или стакленицима. Роботи у стакленицима и самовозећа возила пружају решење за недостатак радне снаге и смањење трошкова радне снаге, а такође значајно повећавају ефикасност и продуктивност у гајењу биљака. У овом поглављу ћемо детаљно описати примену роботских система у стакленицима, употребу самовозећих возила и дронова за наводњавање, прскање и негу биљака, као и предности роботике у узгоју биљака.

У гајењу биљака критичан проблем може представљати недостатак радне снаге, посебно за задатке који захтевају ручни рад, као што су бербa, прскање или ђубрење. Роботски системи нуде ефикасно решење за овај проблем. Роботске машине су у стању да самостално извршавају ове задатке, значајно смањујући зависност од људске радне снаге.

Роботи у стакленицима својом прецизношћу и поузданошћу обезбеђују квалитетно обављање послова. На пример, аутоматизовани роботи за бербu омогућавају тачну и правовремену жетву биљака, оптимизујући принос. На тај начин, произвођачи не само да смањују трошкове радне снаге, већ и побољшавају квалитет и количину усева. Није занемарљиво то што спајање роботике и регенеративне пољопривреде омогућава унапређење еколошке пољопривреде. Уз помоћ робота може се минимизирати употреба хемикалија и утицај на животну средину, док се истовремено повећава принос и квалитет земљишта.

3.2. Коришћење самовозећих возила и дронова за негу биљака

Самовозећа возила и дронови су изузетно свестрани у гајењу биљака. Самовозећи трактори и роботи прате задате путање дуж биљних леја, док дронови из ваздуха могу надгледати и неговати биљке.

Коришћење самовозећих возила и дронова за наводњавање и прскање биљака омогућава прецизан и ефикасан рад. Захваљујући прецизној GPS контроли, аутоматизовани системи

минимизирају употребу хемикалија или воде, смањујући утицај на животну средину и трошкове.

Надзор дрона из ваздуха омогућава брзу и ефикасну инспекцију биљака на великим површинама, које је тешко ручно доступити. Дронови могу камером надгледати целокупне биљке или поједине делове (листе, плодове), чиме помажу у раном откривању болести или штеточина, пре него што се оне широко прошире.

Роботизована опрашивања биљака

Недостатак природних опрашивача угрожава глобалну производњу хране. Према подацима Шумарске службе Америчког Министарства Пољопривреде, око 80% цветајућих биљака опрашују животиње, што значи да многе биљке не могу репродуковати, давати плодове и семе без опрашивача. Истраживачи са Универзитета Западне Вирџиније раде на развоју роботских опрашивача како би пронашли решење за овај горући проблем.



извор: https://www.biokontroll.hu/wp-content/uploads/2022/08/Biokultura_2022-2-3_oldalparban.pdf?x18764

Тим под вођством доцента Ју Гуа са Катедре за машинство и ваздухопловство Универзитета Западне Вирџиније створио је робота званог StickBug, који личи на штапног инсекта и способан је за опрашивање различитих биљака. Развој је подржало Америчко Министарство Пољопривреде са 750 хиљада долара. StickBug прво процењује околину и ствара слику о њој, а затим детаљно мапира биљке. Тачно зна где су цветови и које треба опрашити, на основу чега прави план рада. Затим појединачно прилази биљкама и уз помоћ покретних кракова врши опрашивање.

Стварна ефикасност опрашивања StickBug-а биће процењена у стакленицима Универзитета Западне Вирџиније, где се узгајају купине и парадајз. Ове врсте су одабране јер су веома популарне у Сједињеним Америчким Државама и имају значајну економску вредност. Према речима Ју Гуа, парадајз је вероватно једна од најзначајнијих култура, али данас је потребна помоћ и за његово опрашивање. Поред тога, парадајз се може узгајати током целе године, тако да се робот може стално тестирати. Крајњи циљ је да се развој примени у пракси и да се развије платформа за роботе која ће се широко користити у пољопривреди. Детаљније о функционисању робота можете видети овде.

3.3. Роботизована инспекција и прскање биљака

Прскање хемикалијама је честа операција у заштити биљака у стакленицима. Ова операција је неопходна, али прекомерна употреба пестицида може проузроковати штету за животну

средину. Стручњаци су се и у овој области окренули прецизним технологијама. Уз помоћ сензора прате се листови и плодови биљака и прскају се само по потреби. На тај начин, дозирање хемикалија може се строго контролисати.

Данас се спровode напредни експерименти са аутоматским роботима за прскање који користе системе за обраду слике засноване на вештачкој интелигенцији. Ови роботи су у стању да са минималним надзором људи открију коров на тлу или знаке инфекције на биљкама и прскају их хербицидима или пестицидима. Као резултат роботизације ових операција, могуће је смањити трошкове и, што је најважније, смањити штету за животну средину.

Међу многим произвођачима, вредни помена су аутоматски роботи за прскање кинеске компаније XAG, која ради на изазовима Пољопривреде 4.0. Њихови роботи за прскање укључују копнене и летеће modele. Возило R150 без возача (UGV) дизајнирано је за пољопривреду наредне генерације без пилота. Машину карактерише снажна скалабилност и више могућности избора режима – ово је прва серијска платформа за пољопривредне роботе. Возило нуди аутономна решења за прецизну заштиту биљака, извиђање на терену и транспорт пољопривредних материјала. [Примену овог робота у Мађарској за прскање купуса у затвореном простору можете видети.](#)



Веб страница произвођача је доступна [овде](#).

4. ИНТЕРАКЦИЈА И САРАДЊА ИНТЕЛИГЕНТНИХ СИСТЕМА

У области пољопривредне производње, интеракција и сарадња интелигентних система је кључни фактор за постизање ефикасног, одрживог и успешног гајења биљака. Повезивање аутоматизованих система, сензора и робота омогућава заједничко прикупљање и анализу података, што пружа важне информације о стању биљака и узгојном окружењу. У овом поглављу представљамо предности сарадње интелигентних система у области гајења биљака.

Повезивање сензора, робота и аутоматизованих система за заједничко прикупљање и анализу података

Повезивање аутоматизованих система, сензора и робота омогућава интеграцију информација из различитих извора података. Сензори континуирано прикупљају податке о параметрима биљака и узгојног окружења, као што су влажност земљишта, температура, влажност ваздуха, интензитет светлости итд. Аутоматизовани системи и роботи извршавају различите задатке, као што су наводњавање, прскање или бербa. Интегрисано прикупљање и анализа података омогућавају пољопривредницима или агрономским стручњацима да добију свеобухватан увид у здравствено стање биљака и узгојно окружење. Анализа података омогућава паметним

системима да одмах препознају проблеме или одступања и пошаљу аларм, како би се одговарајуће мере могле предузети на време.

Интелигентно доношење одлука и адаптивна контрола у сложенем окружењу за гајење биљака

Интеграција и анализа података помажу интелигентном доношењу одлука и адаптивној контроли у окружењу за гајење биљака. Аутоматизовани системи могу учити из података и прилагођавати се променљивим условима, чиме омогућавају оптимизовано функционисање. На пример, аутоматизовани системи за наводњавање врше интелигентно доношење одлука анализом података сензора за влажност земљишта.

Ако влажност земљишта падне на критичан ниво, интелигентни систем аутоматски активира систем за наводњавање како би обезбедио оптимално снабдевање биљака водом. На тај начин се минимизира расипање воде услед прекомерног наводњавања и штетни утицаји сувог земљишта.

Кооперација аутоматизованих система и роботике за ефикасне радне процесе и коришћење ресурса

Аутоматизовани системи и роботика, ефикасно сарађујући, помажу у оптимизацији радних процеса и расположивих ресурса. Роботи који комуницирају и сарађују међусобно могу расподелити задатке и ефикасно сарађивати током процеса узгоја.

На пример, самовозећи систем за наводњавање и самоходни робот за прскање могу сарађивати како би оптимизовали наводњавање и прскање у складу са потребама биљака. Сензори континуирано прате влажност земљишта и стање биљака, а затим на основу података работи доносе одлуке о оптималним операцијама. На тај начин се минимизира расипање ресурса и повећава ефикасност узгоја.

5. Стакленички дроновии технологије засноване на дроновима

Дронови и технологије засноване на дроновима постају све распрострањенији и кориснији у области пољопривреде, посебно у гајењу биљака. Стакленички дророви нуде посебне предности у подршци процесима гајења, праћењу стања биљака и квалитета усева, као и у подстицању прецизне пољопривреде. У овом поглављу детаљно ћемо описати како дророви и технологије засноване на дроровима помажу у ефикасном и напредном узгоју биљака.

Примена дророва у стакленицима за подршку процесима гајења биљака

Дронови у стакленицима су изузетни алати за подршку процесима гајења биљака. Самовозећи дророви могу прецизно пратити одређене путање између биљних леја и аутоматски обављати различите задатке. На пример, дророви за прскање могу ефикасно прскати биљке, минимизирајући употребу хемикалија и потребу за људском радном снагом. Дронови омогућавају виши ниво надзора и праћења стања биљака. Дронови опремљени камерама омогућавају пољопривредницима и агрономским стручњацима да лако надгледају раст и развој биљака, као и потенцијалне проблеме као што су болести или присуство штеточина.

Коришћење дророва за мониторинг стања биљака и квалитета усева

Дронови опремљени мултиспектралним камерама могу снимати биљке у различитим светлосним спектрима. На тај начин се могу проценити ниво стреса биљака, снабдевање храњивим материјама, потребе за водом и присуство болести. Уз помоћ дророва,

пољопривредници могу благовремено уочити потенцијалне проблеме и одмах предузети мере за њихово решавање. Такође, уз помоћ дрона лаке је утврдити оптимално време за жетву.

Прикупљање података и обрада слика помоћу дрона за подстицање прецизног гајења биљака

Податке које прикупљају дрона анализирају алгоритми за обраду слика и пружају детаљне информације пољопривредницима.

Прецизни подаци о влажности земљишта, снабдевању хранљивим материјама и стању биљака помажу пољопривредницима да донесу исправне одлуке. Прецизним гајењем минимизира се употреба хемикалија и воде, чиме се смањују утицаји на животну средину и трошкови. Прецизније снабдевање хранљивим материјама и водом повећава продуктивност и квалитет усева.

5.1. Интеракција човека и робота и етичка питања

Раст аутоматизације и роботизације у пољопривреди отвара могућност сарадње између људске радне снаге и робота у гајењу биљака. Међутим, технолошки напредак и примена вештачке интелигенције покрећу и нека етичка питања. У овом поглављу представљамо предности и изазове интеракције човека и робота у пољопривреди, као и етичке аспекте коришћења роботике и вештачке интелигенције

Сарадња људске радне снаге и робота у стакленицима

Сарадња човека и робота у стакленицима нуди многе предности. Роботи и аутоматизовани системи могу обављати тешке и монотоне задатке, смањујући оптерећење људске радне снаге.

Етичка разматрања у примени роботике и вештачке интелигенције у пољопривреди

Примена аутоматизације и робота у пољопривредној производњи такође покреће етичка питања. Једно од важних питања је тржиште рада и положај радника. Замена људске радне снаге роботима и аутоматизованим системима може довести до незапослености међу пољопривредним радницима, што може резултирати друштвеном неједнакошћу.

Поред тога, етичка питања укључују заштиту података и приватност у примени вештачке интелигенције. Сензори и системи за прикупљање података континуирано прате стање биљака и узгојног окружења, али ти подаци могу садржати личне и осетљиве информације. Важно је размотрити мере заштите података како би подаци узгајивача и пољопривредних предузећа били заштићени.

Улога људског рада и стручности у аутоматизацији и роботизацији гајења биљака

Људски рад и стручност и даље играју критичну улогу у аутоматизацији и роботизацији гајења биљака. Људска стручност је неопходна за оптимално функционисање аутоматизованих система и робота. Захваљујући стручности, роботи и системи се могу ефикасно подесити и надгледати, као и интервенисати у решавању проблема када је то потребно. Људски рад и стручност су такође критични за решавање етичких питања.

Људи треба да буду спремни да са одговарајућим етичким приступом користе роботiku и вештачку интелигенцију у пољопривреди. Важно је да пољопривредници, агрономски

стручњаци и пољопривредни радници буду свесни предности и изазова аутоматизације и роботизације и да их одговорно користе.

6. ЕКОСИСТЕМСКЕ УСЛУГЕ И ОДРЖИВОСТ

Ширење аутоматизације и роботизације у гајењу биљака утиче на екосистем и биодиверзитет. Важно је препознати изазове и могућности одрживости са којима се пољопривреда суочава.

Утицај аутоматизације гајења биљака на екосистем и биодиверзитет

Прецизно функционисање аутоматизованих система и робота омогућава прецизније и мање ресурса захтевајуће гајење, као што су оптимални задаци наводњавања и прскања. Ово може смањити ерозију земљишта и утицај на животну средину, што позитивно утиче на микроокружење.

Међутим, аутоматизација понекад може довести до смањења еколошке разноврсности. Једностране методе гајења и праксе велике производње могу смањити разноврсност екосистема ако се не примењују одговарајуће мере одрживости.

Изазови и могућности одрживости у аутоматизованом гајењу биљака

Аутоматизовано гајење биљака поставља бројне изазове у одрживости. Ефикаснија употреба ресурса (вода, енергија, хемикалије) омогућава смањење утицаја на животну средину.

Међутим, примена роботике и аутоматизације може бити скупа, што може отежати мањим пољопривредним предузећима приступ овим технологијама.

Могућности одрживости укључују примену интелигентног доношења одлука и адаптивне контроле, које оптимизују операције на основу услова околине и потреба биљака. Да би се подстакла одрживост, аутоматизовано гајење биљака мора да постигне равнотежу између економске ефикасности и еколошке одрживости.

Равнотежа између економске ефикасности и еколошке одрживости у стакленицима

Аутоматизација и роботизација у стакленицима могу допринети како економској ефикасности, тако и еколошкој одрживости. Аутоматизовани системи могу смањити трошкове радне снаге и повећати продуктивност, што побољшава економске резултате. Прецизно функционисање омогућава ефикаснију употребу ресурса, чиме се смањује утицај на животну средину. Међутим, проналажење равнотеже представља изазов.

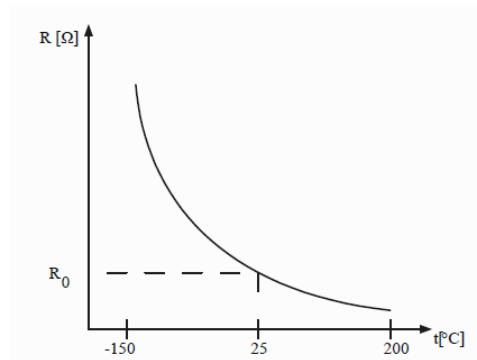
Максимализација економске ефикасности не увек подразумева и еколошку одрживост. На пример, прекомерна употреба хемикалија може, поред економских предности, оштетити квалитет земљишта и екосистем. Зато је важно применити паметно и одговорно прецизно гајење, које узима у обзир како економске, тако и еколошке аспекте.

7. СЕНЗОРИ КОЈИ СЕ КОРИСТЕ У СТАКЛЕНИЦИМА И ПОЉОПРИВРЕДИ

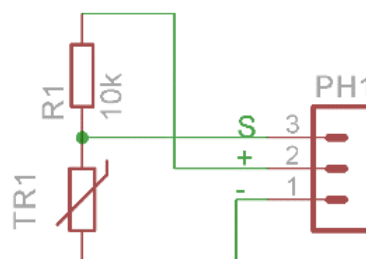
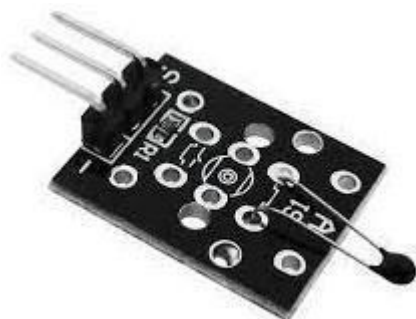
Имајући у виду да сензори који се користе у пољопривреди могу бити веома различити у погледу њихове израде, пружићемо кратак увид у рад ових сензора ради бољег разумевања, истовремено дајући неколико примера који се могу користити у професионалном или чак хоби баштованству. Примери нису свеобухватни, већ служе као илустрација.

7.1. Аналогни сензор за температуру

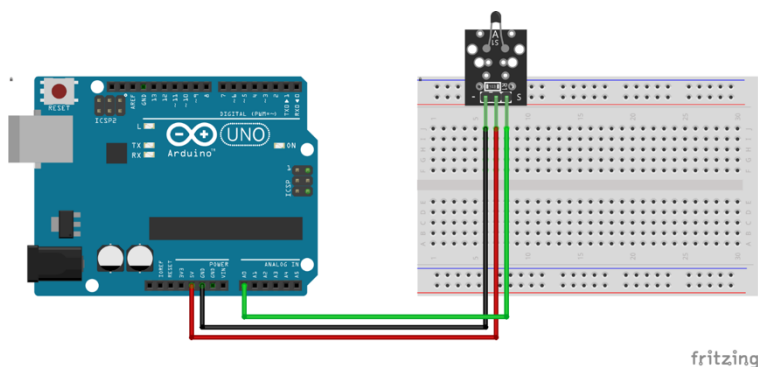
Размотримо конкретан, једноставнији пример мерења температуре, који ћемо пратити од детекције до обраде сигнала и на крају до приказа информација. У нашем примеру, сензорски елемент је NTC тип термистора. Најбољи приступ зависности термистора од температуре даје Стейнхарт–Хартова једначина. Улаз сензора је температура, а излаз је вредност електричног отпора.



Овај сензорски елемент (термистор) је повезан у делитељ напона са другим отпорником.



Делитељ напона је напајан са +5V, а аналогни напонски излаз је повезан на један од аналогних улаза Arduino UNO.



fritzing

Аналого-дигитална конверзија се изводи у систему Arduino UNO, на коме ради програм. Задатак програма је да циклично извршава аналого-дигиталну конверзију. Резултат конверзије је нумеричка вредност која пролази кроз процес дигиталне обраде сигнала. Током обраде сигнала, на основу математичких прорачуна, узимајући у обзир вредност отпорника коришћеног у делитељу напона и статичку карактеристику сензора, тачно се израчунава вредност температуре у Целзијусима или Келвинима. Резултат се путем USB конектора преноси на рачунар, где се приказује као информација.

У наставку ћемо представити још неколико сензора, чији процес обраде може бити нешто другачији, и нећемо их детаљно разматрати.

Фотоотпорник

Користи се за детекцију осветљености, при чему се с повећањем осветљености смањује вредност отпора, а такође је осетљив на таласну дужину светлости. На доњој слици приказан је сензор заснован на фотоотпорнику и његова шема повезивања.

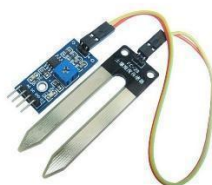


Слично томе, за детекцију светлости користе се фотодиоде и фототранзистори, као и сензори засновани на овим сензорским елементима.

7.2. Сензор за мерење влажности земљишта

Сензори за мерење влажности се користе у пољопривреди, за гајење биљака и цвећа, где мере влажност земљишта и у зависности од мерених вредности регулишу количину воде која се доводи аутоматским системима за наводњавање. Код резистивних сензора за мерење влажности, вредност отпора опада под утицајем влаге, а проводљивост се повећава.

Код капацитивних сензора за мерење влажности, диелектрик између две плоче се мења под утицајем влаге; на пример, приликом мерења влажности земљишта, диелектрик може бити влажна земља.



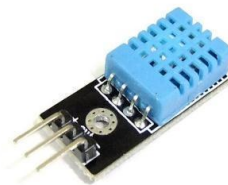
извор: <https://ardushop.ro/ro/home/44-modul-senzor-umiditate-sol-higrometru.html>



извор: <https://www.metergroup.com/en/meter-environment/products/ech20-ec-5-soil-moisture-sensor>

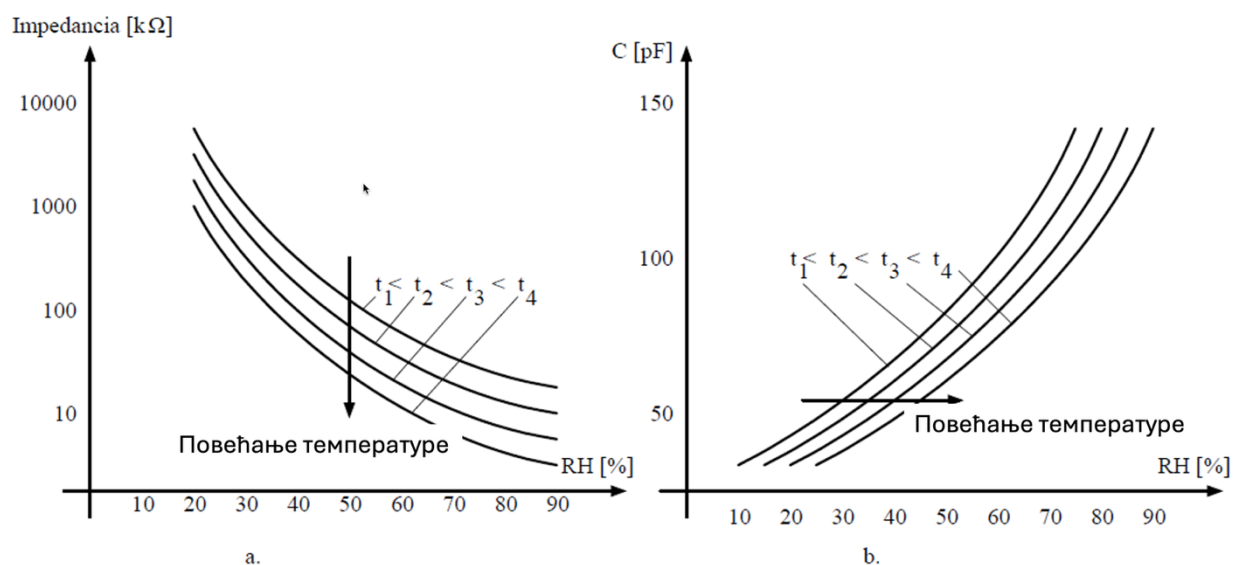
7.3. Сензор за мерење температуре и влажности ваздуха

Вода је готово свуда присутна и у бројним облицима: капљице, пара, иње, снег, магла. Пару која се налази у ваздуху или било којем другом гасу обично називамо влагом. Апсолутни садржај влаге (Absolute Humidity)– даје масу воде у јединици запремине гаса.



извор: <https://ardushop.ro/ro/electronica/619-modul-senzor-temperatura-i-umiditate-digital-dht11.html>

На слици су приказане типичне статичке карактеристике сензора за мерење влажности који се базирају на промени отпора (импеданције) и капацитивности.



Обе карактеристике зависе од температуре, није случајно што већина сензора за влажност у интегрисаним колима такође садржи сензоре за температуру.

7.4. Сензор за детекцију кишних капи

Сензори за детекцију кишних капи углавном детектују присуство кише, али пружају мало информација о количини падавина. Један такав сензор за детекцију кишних капи приказан је на доњој слици.

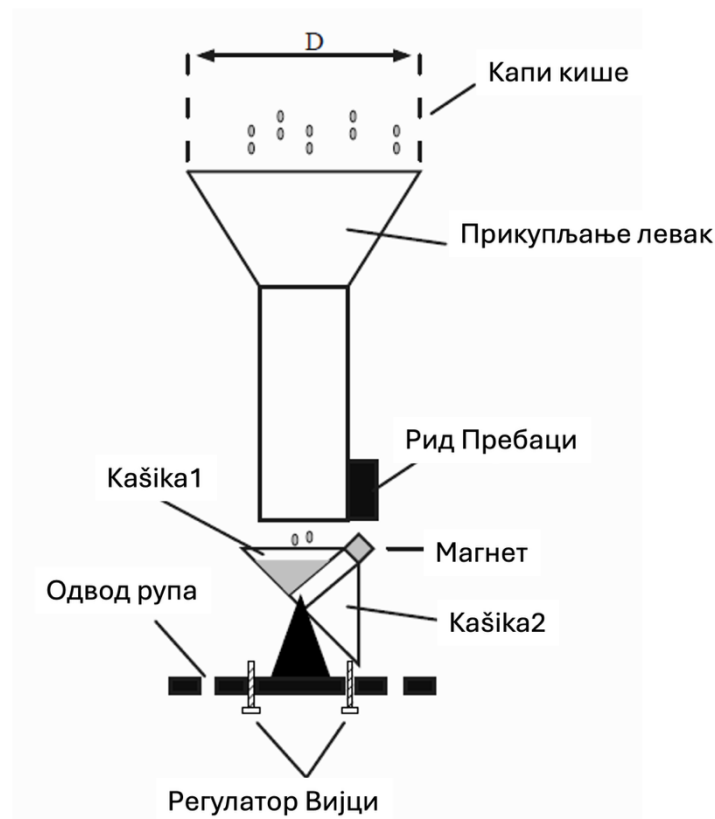


извор: <https://ardushop.ro/ro/home/130-senzor-picaturi-de-ploaie.html>
Упутство за коришћење: <https://www.youtube.com/watch?v=uDdiMMdVb90>

7.5. Сензор за падавине

Мерење падавина је веома важно у метеоролошком и пољопривредном контексту, а време у одређеном географском подручју игра кључну улогу у њиховом формирању. Према стању, падавине могу бити течне (киша), чврсте (снег, лед, град), или мешовите (град). Количина падавине се мери у мм, што показује колико литара падавина је пало на 1 м² (1 м² површине која је покривена 1 л = 1 дм³ падавина = 1 мм висине падавина). Интензитет падавина показује количину падавина која пада у јединици времена.

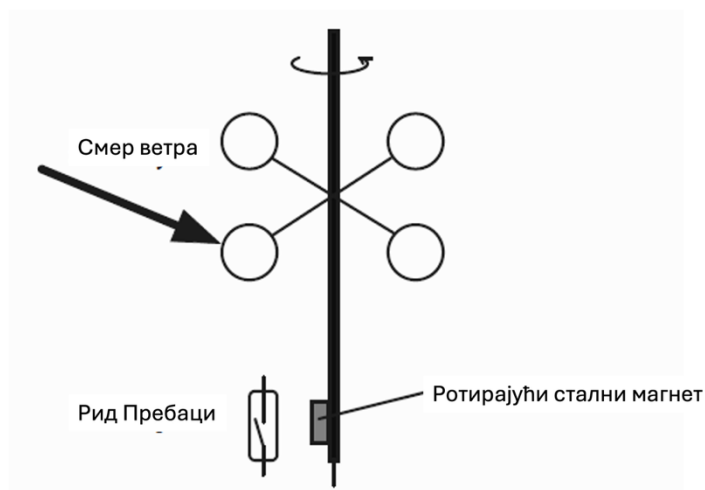
Метод "коса канта" је веома распрострањен и његов рад је приказан на следећој слици. Структура косе канте се састоји од сунђера са пречником Д, који омогућава прикупљање капљица кише на великој површини. Што је пречник већи, то је ефикасније прикупљање капљица кише. Количина падавине је прецизније детектован, док се прикупљена количина падавина повећава, тако да се канте на дну сунђера брже пуне, што повећава резолуцију детекције, што зависи и од величине канти. Канте 1 и 2 (лево и десно) се напуне и испразне једна за другом, док киша пуни канте као последицу гравитационог ефекта. Док се једна пуни, друга се испразни (и обрнуто). Помоћу регулаторних завртња можемо подесити количину испражњења и угао наклона како бисмо осигурали да се канте потпуно испразне. На врху конструкције је стални магнет, док се на доњем делу сунђера налази фиксни Reed прекидач. Када се стални магнет приближи Reed прекидачу, његови контакти се затварају (канта 1 се пуни), док се када се канта 2 напуни, Reed прекидач излази из непосредне близине магнета и контакти се отварају. Ово прелазно стање може се лако пребројити помоћу једноставног електронског кола за прилагођавање сигнала, а затим програм на уграђеном систему може израчунати интензитет падавина на основу запремине канти и времена које је прошло док броји испражњене канте.



7.6. Мерење правца ветра

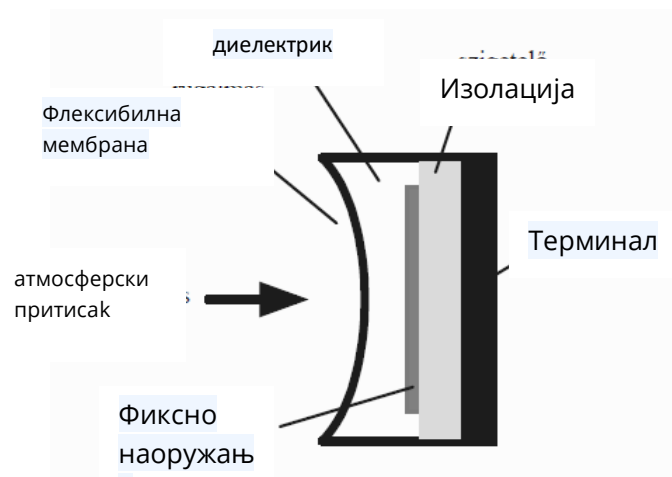
Мерење правца ветра обично се врши помоћу ветарног показивача. Званично се поставља на висини од 10 м. Ветарни показивач је уређај који се поставља перпендикуларно на шипку на земљи. Захваљујући овој конфигурацији, ветарни показивач ће увек показивати правцу ветра у смеру који одређује оса шипке. На тај начин, у две димензије, показује тренутни правац ветра.

У једноставној реализацији користи се ротациони потенциометар, где се курсор креће паралелно са осом ветарног показивача. Као резултат мерења окружења, односно промене правца ветра, позиција потенциометарског курсора се такође мења. Дакле, вредност мерења отпорности се мења између једне крајње тачке и позиције коју одређује курсор. Промена вредности отпорности доводи до промене напона/тока у електронским колима, што након аналого-дигиталне претворбе омогућава тачно одређивање правца ветра у дигиталном систему током обраде сигнала.



7.7. Мерење ваздушног притиска

Ваздушни притисак је тежина молекула ваздуха који делују на јединицу површине. Уређаје за мерење ваздушног притиска називамо барометрима. Ваздушни притисак се мења у зависности од висине. Једна од најраспрострањенијих метода мерења је капацитивна, где под утицајем ваздушног притиска долази до промене капацитивности кондензатора, коју затим меримо. Обично је једна плоча кондензатора фиксна, док је друга плоча флексибилна мембрана. Између њих се налази диелектрик, који формира капацитет. Под утицајем ваздушног притиска, флексибилна мембрана се помера ближе или даље од фиксне плоче, чиме се мења капацитивност кондензатора.



Још један често коришћен сензор за мерење ваздушног притиска је пиезоотпорник.

Постоје такозване метеоролошке станице које интегришу већину наведених параметара животне средине у један систем и способне су за мерење више параметара.



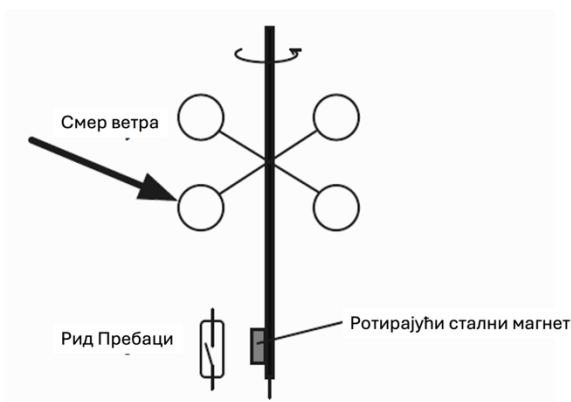
7.8. Мерење брзине ветра

Брзина протока ветра настаје услед кретања ваздуха са високог на ниског притиска, обично због промене температуре. Што је већа ова разлика у притиску између две тачке у атмосфери (градјент притиска), то ће брзина ветра бити већа (од тачке са већим притиском ка тачки са мањим притиском) како би се ова разлика изједначила.

Јачина ветра се мери према Бофоровој скали:

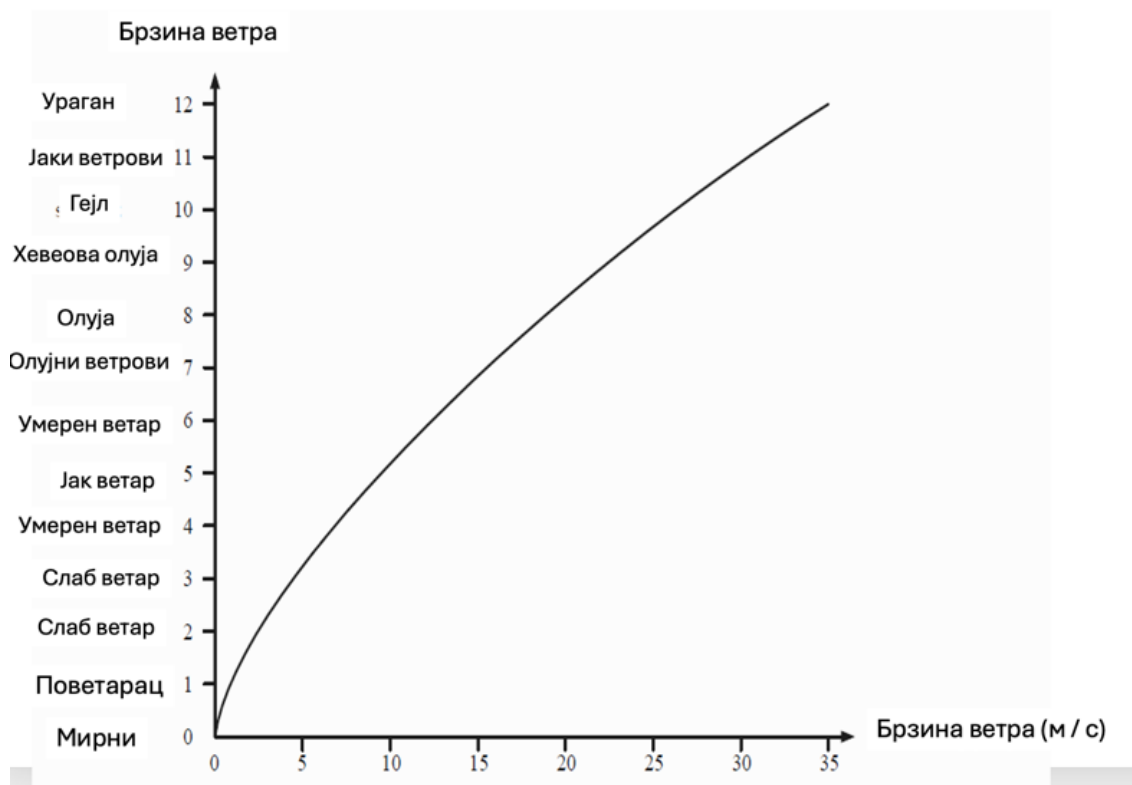
За мерење брзине ветра користе се различити системи за мерење ветра. Један приступ је решење са пропелером, у коме се на нос ветроказа поставља пропелер, а брзина његовог окретања расте са брзином ветра. Ову брзину окретања меримо различитим методама.

Други, можда најраспрострањенији метод је коришћење анемометра са чашицама. У том случају, на осу ветроказа поставља се структура са 3 или 4 чашице. Чашице почињу да се окрећу у зависности од брзине ветра и ову брзину окретања меримо.



У оба случаја брзина ветра је у корелацији са брзином ротације, која се мери неком оптичком или магнетном методом.

Постоје и решења која не садрже ротирајуће делове и на тај начин нису изложена механичком хабању. Такви су топли жичани анемометри (hot wire anemometer) или методе које користе брзину ширења звучних таласа. У последњем случају, ултразвук се генерише у опсегу који људско уво не може чути, чиме се може одредити не само брзина ветра већ и његов правац. Три ултразвучна предајника и пријемника се постављају на 120 степени један од другог на виртуелном кругу и наизменично шаљу сигнале један другом. С обзиром на то да се брзина ултразвука и брзина ветра векторски сабирају, мерењем времена ширења звучних таласа и знајући прецизну удаљеност између предајника и пријемника, правац и брзина ветра могу се израчунати математичким прорачунима.



8. ЛИТЕРАТУРА

Túró L.Zs., Székely Gy.: Érzékelők és mérőhálózatok (2022) /Cluj-Napoca : Scientia, 2022 ,ISBN 978-606-975-060-5

Линкови

https://www.researchgate.net/figure/IoT-Enabled-Greenhouse_fig1_348989431

<https://www.amazon.ca/Apogee-Instruments-MQ-500-Full-Spectrum-Quantum/dp/B09KWQJ8XP?th=1>

<https://www.apogeeinstruments.com/mc-100-chlorophyll-concentration-meter/>

<https://manuals.plus/apogee/mc-100-chlorophyll-concentration-meter-manual#axzz8QqVt1E8l>

<https://phenospex.com/products/plant-phenotyping/planteye-f500-multispectral-3d-laser-scanner/>

<https://cafebazaar.ir/app/com.peat.GartenBank.preview?l=en>

https://www.biokontroll.hu/wp-content/uploads/2022/08/Biokultura_2022-2-3_oldalparban.pdf?x18764

3. МИКРОРАЗМНОЖАВАЊЕ ТЕХНИКЕ У ЛАБОРАТОРИЈИ

Аутори:

- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб“ у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
- Борка Роланд - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб“ у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

1. БЕЗБОЛЕСТНО ГАЈЕЊЕ БИЉАКА И МИКРОРАЗМНОЖАВАЊЕ

1.1. Значај микроразмножавања у безболестном гајењу биљака

Безболестно гајење биљака један је од најважнијих изазова у аграрној економији, јер патогени који нападају биљке, као што су гљиве, вируси и бактерије, могу проузроковати озбиљну штету по здравље и производњу биљака. Током традиционалних метода размножавања, патогени се често преносе заједно са биљним материјалом, што доводи до излагања биљака болестима. Поред тога, биљке размножаване у неприкладним условима такође су склоније ширењу патогена и болести.

Микроразмножавање је иновативна техника која омогућава размножавање биљака без патогена. Овај метод се заснива на даљем размножавању микроскопских делова биљних ткива, односно на тотипотентности ћелија у лабораторијским условима. Током поступка, узимају се здрави делови матичне биљке, углавном из врхова изданака, као што су пупољци. Ови делови ткива се гаје у стерилним условима на хранљивим подлогама, где формирају нове биљке.

Предност микроразмножавања лежи у томе што размножаване биљке могу бити потпуно без патогена који могу бити присутни у матичним биљкама. Тако безболестне биљке постају здраве, јаке и у одговарајућим условима могу имати бољи принос. Осим тога, микроразмножавање омогућава изузетно брзо и ефикасно умножавање биљака, независно од временских услова, чиме се остварује економично и одрживо гајење биљака



Извор: ChatGPT 4.0 DALL-E

1.2. Лабораторијски услови и хигијенски прописи за размножавање без патогена

Успех микроразмножавања у великој мери зависи од лабораторијских услова и пажљивог поштовања хигијенских протокола. Лабораторија функционише у стерилном окружењу које минимизира присуство патогена и других загађивача. Лаборанти носе специјалну одећу, укључујући рукавице и маске, како би спречили даље загађење патогенима и контаминацију.

Подлоге на којима се размножавају биљна ткива су строго стерилисане и обогаћене хранљивим материјама и синтетичким хормонима како би се осигурао правилан развој биљака. Алатке као што су маказе, скалпели и стаклени инструменти су потпуно дезинфиковани како би се спречило ширење патогена међу размножаваним биљкама.

Континуирана контрола и одржавање лабораторијског окружења је неопходна током размножавања без патогена. Клима уређаји и системи за вентилацију обезбеђују одржавање одговарајуће температуре и влажности. Редовна дезинфекција и чишћење осигуравају чист и стерилан статус лабораторије.

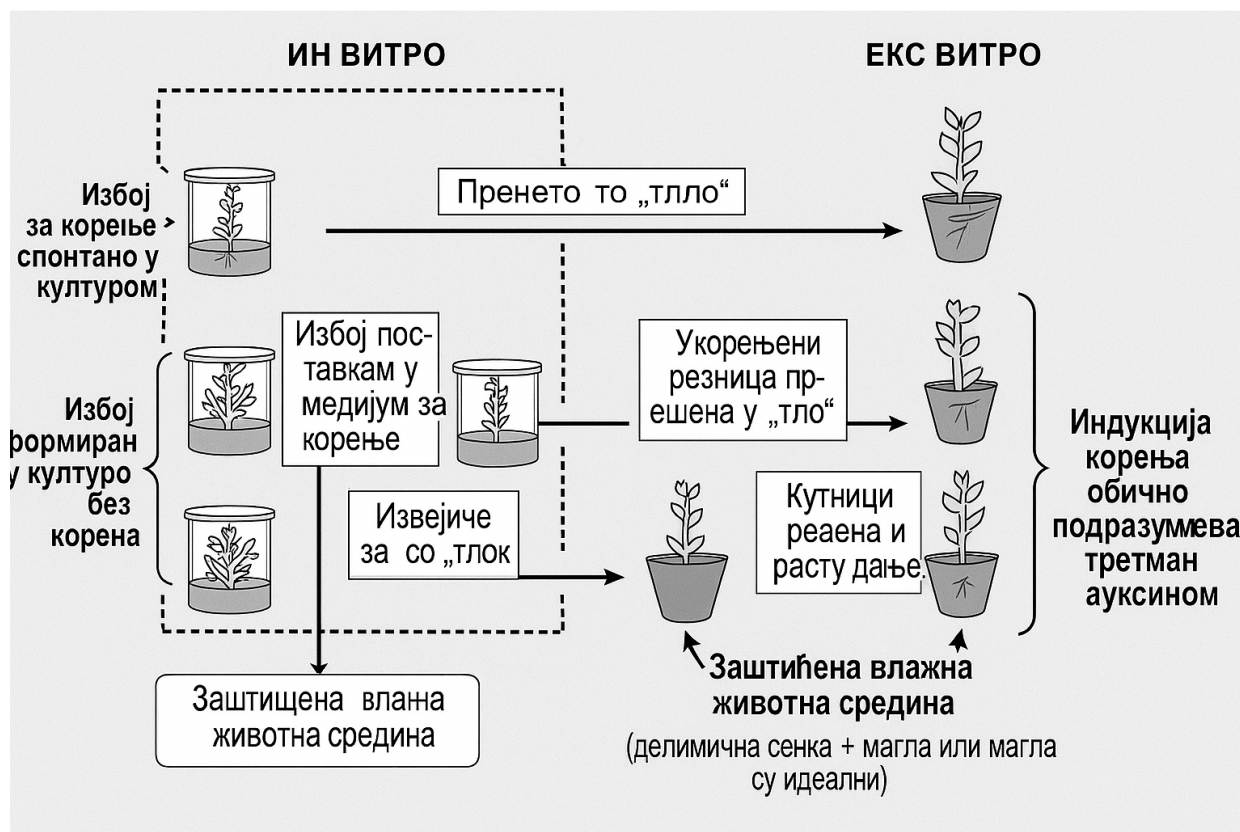
1.3. Идентификација патогена и превентивни третмани током микроразмножавања

Иако се микроразмножавање одвија у лабораторијском окружењу, важно је да се биљни делови узимају од матичних биљака које су без патогена и болести. Претходни фитосанитарни преглед и скрининг биљака на патогене су кључни кораци за осигурање успешног микроразмножавања. Ако се на биљкама појаве симптоми патогена, потребно је предузети одговарајуће превентивне мере, као што је уклањање заражених делова или стављање биљака у карантин.

Током микроразмножавања, биљке се редовно проверавају са фитосанитарног аспекта. У случају откривања инфекција, погођене биљке се одмах изолују и третирају како би се спречило ширење инфекције.

Укупно гледано, микроразмножавање је један од најважнијих алата за размножавање биљака без патогена, омогућавајући брзо, продуктивно и здраво умножавање биљака без патогена и штеточина.

2. ИН ВИТРО МЕТОДЕ РАЗМНОЖАВАЊА И ЊИХОВА ПРИМЕНА



Извор: George et al. 2007

2.1. Припрема ткива и других експлантата за ин витро размножавање

Ин витро методе размножавања донеле су значајан напредак у аграрној економији и биљној биотехнологији, омогућавајући ефикасно и брзо размножавање биљака у лабораторијским условима. Основа ин витро размножавања су процедуре културе ткива, где се мали делови биљака, експлантати, постављају на хранљиву подлогу богату храњивим материјама и обезбеђују им се оптимални услови за развој. Експлантати могу бити, на пример, пупољци, делови листа или други делови ткива.

Током испитивања биљних делова и ткива, избор и припрема одговарајућих експлантата за ин витро размножавање је кључни корак. Експлантати се бирају и припремају у стерилним условима како би се минимализовало присуство патогена и загађивача, чиме се спречава могућност контаминације. Након тога, експлантати се стерилишу, обично у раствору натријум-хипохлорита и/или етанола, како би били потпуно ослобођени од патогена.

Експлантати се пажљиво контролишу и бирају најпогоднији за процес размножавања. Ово омогућава да се само најздравији и најјачи експлантати користе за ин витро размножавање, чиме се гарантује успешна формација здравих биљака у каснијим фазама.



Извор: <https://liqet.ro/eletmod/egy-hely-ahol-mindig-nyar-van#&qid=1&pid=5>

2.2. Поређење различитих ин витро техника размножавања

Различите ин витро технике размножавања нуде бројне могућности које могу бити погодне за различите биљне врсте и њихове сорте.

Неке методе спорације ин витро укључују:

Размножавање изданака:	Ова метода је погодна за размножавање здравих изданака. Експлантати се стерилишу, а затим се гаје на стерилној хранљивој подлози. Ова техника је нарочито ефикасна за биљке које стварају јаке изданке.
Размножавање из стабљика:	У овом поступку се користи стабљика биљке као експлантат. Експлантат се поставља на хранљиву подлогу где развија корење и изданке. Ова метода је посебно корисна за размножавање дрвећа и жбунова који се тешко размножавају традиционалним методама.
Размножавање дељењем корена:	Ова метода је обично примењивана у отвореним условима, али је веома корисна и у лабораторијским условима за биљке које се тешко или ретко природно размножавају. У овом случају, матична биљка се дели на више делова и тако настали мањи делови се појединачно постављају на хранљиву подлогу. Ова метода је ефикасна за брзо умножавање биљака.

3. МИКРОРАЗМНОЖАВАЊЕ И ОЧУВАЊЕ ВРСТА

3.1. Размножавање ретких и угрожених биљних врста ин витро методама



Извор: <https://kert.tv/novenyek-szaporitasa-gyokereztes/>

Ин витро методе размножавања посебно су корисне за размножавање ретких и угрожених биљних врста које су ограничено доступне због заштите њихових природних станишта, или чије размножавање традиционалним методама представља тешкоћу или би угрозило популацију.

Традиционалне методе размножавања често захтевају значајну количину биљног материјала, што може представљати проблем код угрожених врста. Међутим, ин витро размножавање може почети чак и са само једном биљком, омогућавајући брзу и ефикасну умножавање на хранљивој подлози без оштећења популације или природних станишта.

Додатна истраживања и развој пружају могућност за унапређење и оптимизацију ин витро метода размножавања, чиме се подстиче одржив и ефикасан развој аграрне економије.

Однос микроразмножавања и очувања врста може се посматрати са информатичког аспекта на следећи начин:

3.2. Микроразмножавање и очување генетске разноврсности врста

Током микроразмножавања, експлантати се узгајају у стерилним условима, чиме се минимализује ризик од контаминације из околине и осигурава генетска чистоћа врста. Због тога је микроразмножавање идеалан метод за очување угрожених врста које се могу узгајати само у посебним условима.

- **Генетске базе података и биоинформатика:** Праћење и анализа генетске разноврсности врста је од критичне важности. Информатика омогућава креирање и одржавање генетских база података које помажу у очувању и праћењу генетске разноврсности.
- **Технологије секвенционисања:** Уз помоћ савремених технологија секвенционисања ДНК, могуће је креирати детаљне генетске профиле који помажу у очувању генетске разноврсности и оптимизацији процеса микроразмножавања.

3.3. Фенотипска разноврсност и адаптација у микроразмножавању

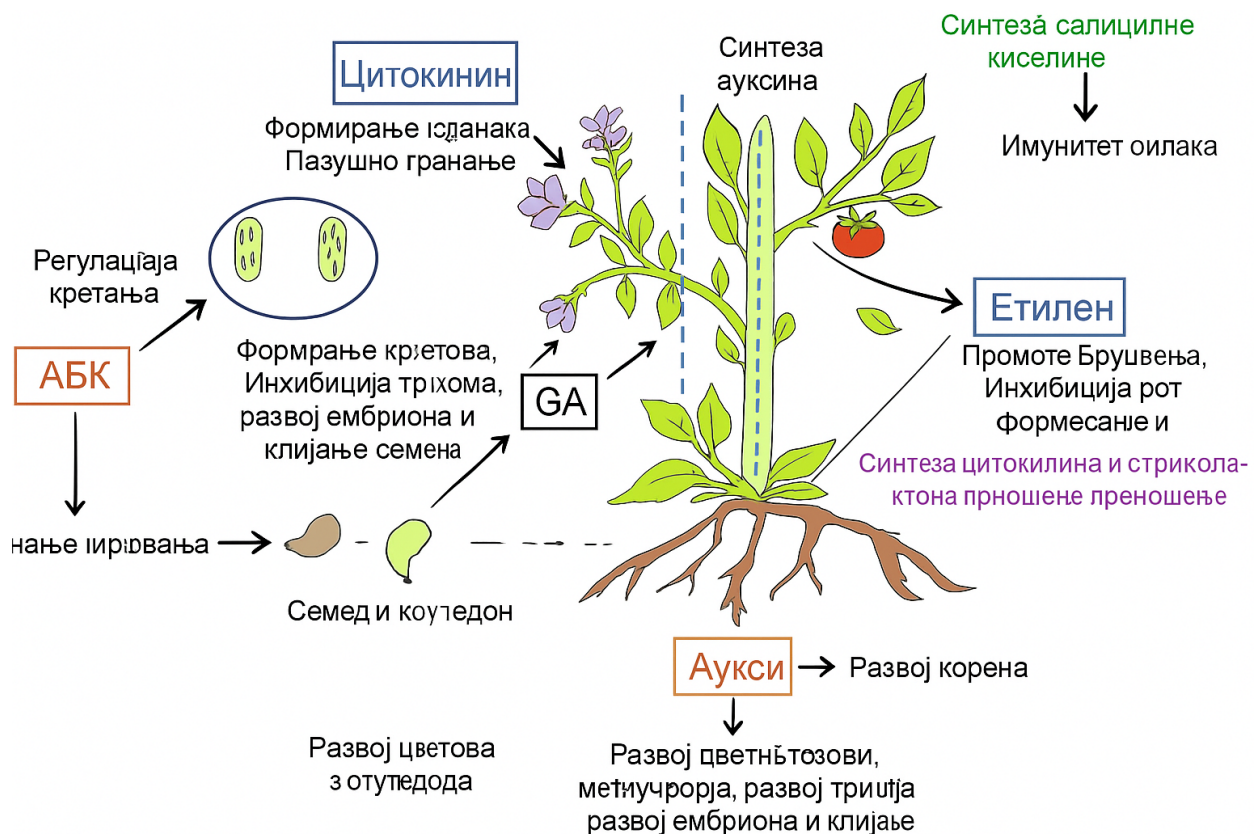
Одабиром и обрадом различитих експлантата током микроразмножавања могу се створити нове биљке са различитим карактеристикама, као што су различите величине, облици или боје листова.

Ова фенотипска разноврсност може бити важна за адаптабилност и повећање шанси за преживљавање одређене врсте или сорте. Биљке са различитим фенотиповима могу се прилагодити различитим условима околине и стресним факторима, чиме биљна популација произведена микроразмножавањем може постати отпорнија на променљиве услове.

Прикупљање и анализа података: Прикупљање и анализа фенотипских података помаже у разумевању утицаја различитих фактора околине на развој биљака. Ове информације су важне за развој и очување адаптивних карактеристика.

Предиктивно моделирање: Уз помоћ информатичких алата могуће је креирати предиктивне моделе који предвиђају утицај различитих промена у околини на фенотип биљака. Ово може помоћи у развоју стратегија размножавања како би биљке боље прилагођавале променљивим условима.

4. Повећање ефикасности и тачности микроразмножавања



Извор: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323907958000023>

У наставку ћемо представити прецизне ИТ процедуре које се могу користити за повећање ефикасности и тачности микрорепродукције.

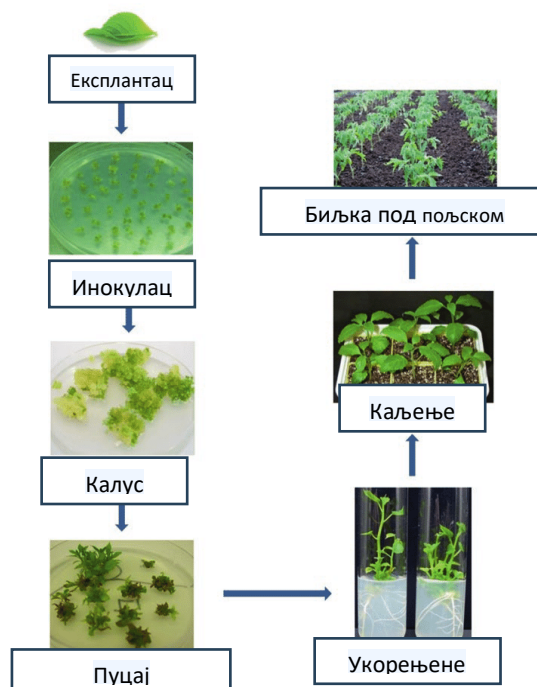
4.1. Хормонска равнотежа и регулација у процесу размножавања

Повећање ефикасности микроразмножавања захтева одржавање хормонске равнотеже и регулације као кључних фактора. Биљни хормони, као што су ауксини и цитокинини, играју важну улогу у размножавању и расту биљака. Оптимално подешавање хормонске равнотеже омогућава ефикасан раст и диференцијацију експлантата, подстичући формирање здравих изданка и корена на биљкама.

У хормонској регулацији неопходно је применити одговарајуће концентрације и односе у ин витро условима како би се максимализовао раст и размножавање биљака. Хормонска регулација омогућава диференцијацију ткива и формирање одговарајућих биљних органа који су неопходни за успешну репродукцију.

Прикупљање података:	Уз помоћ технологија за прикупљање података можемо добити детаљне информације о хормонским реакцијама биљака током процеса размножавања.
Моделовање:	На основу прикупљених података могу се креирати модели који помажу у разумевању улоге хормона у развоју биљака.
Регулаторни алгоритми:	Развој алгоритама који помажу у одржавању оптималне хормонске равнотеже, подржавајући тако здрав развој биљних ткива.

4.2. Оптимизација хранљивих подлога и хранљивих материја ради постизања ефикасности



Извор: <https://www.vedantu.com/question-answer/what-is-micropropagation-class-12-biology-cbse-5f9066d6d519b61dfd600b05>

Обезбеђивање одговарајућих хранљивих материја за биљке омогућава здрав раст и развој.

Хранљиве подлоге обogaћене одговарајућим хранљивим материјама подстичу брз и ефикасан раст експлантата, као и формирање корена и изданака.

Управљање хранљивим материјама: Прецизно праћење и регулисање састава хранљивих материја и подлога је од суштинског значаја за оптималан раст биљних ткива.

Примена вештачке интелигенције: Системи засновани на вештачкој интелигенцији могу помоћи у оптимизацији састава подлога, рН нивоа, температуре и других фактора средине.

4.3. Изазови и решења генетске стабилности и клоналног размножавања

Током клоналног размножавања, експлантати су генетски идентични матичним биљкама, што обезбеђује одличну генетску стабилност. Међутим, изазови клоналног размножавања укључују недостатак генетске варијабилности, што дугорочно може довести до осетљивости популација и тешкоћа у адаптацији на нове услове средине.

Да би се побољшала генетска стабилност и адаптабилност, потребно је увести генетску разноврсност у размножене биљне популације. Ово се може постићи укључивањем нових биљних материјала у процес размножавања, који потичу од различитих матичних биљака. Поред тога, применом мутационих техника и контролисањем фазе сазревања може се генерисати генетска варијабилност у размноженим биљним популацијама.

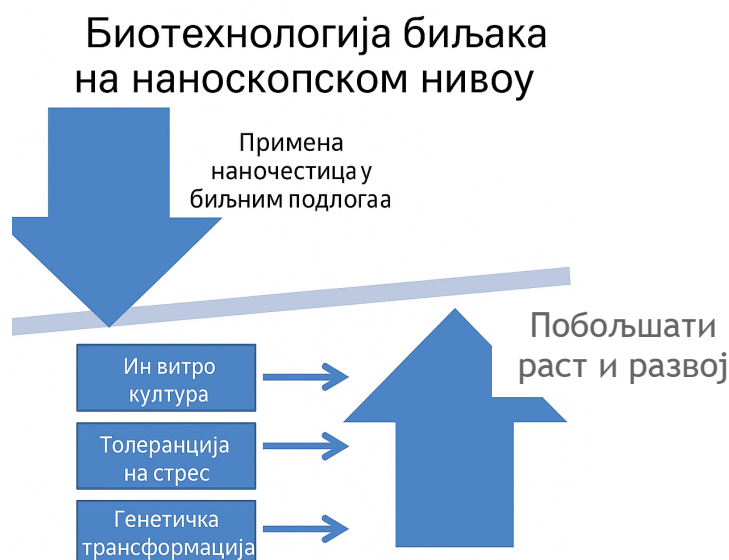
Генетска анализа: Помоћу технологија генетског секвенционисања могуће је пратити генетску стабилност биљних ткива.

Базе података и биоинформатички алати: Складиштење и анализа генетских података уз помоћ биоинформатичких алата могу помоћи у препознавању раних знакова генетске нестабилности.

Предиктивно моделирање: Анализа веза између генетских података и развоја биљака може помоћи у предвиђању и решавању изазова који се јављају током процеса клонализације.

Укупно гледано, за повећање ефикасности и тачности микроразмножавања потребно је узети у обзир више аспеката, укључујући регулацију хормонске равнотеже, оптимизацију хранљивих подлога и материја, као и решавање изазова генетске стабилности и клоналног размножавања. Даља истраживања и развој пружају могућност за додатно унапређење ин витро метода размножавања и промовисање одрживих пољопривредних пракси у аграрној економији.

5. НАНОТЕХНОЛОГИЈА И МИКРОРАЗМНОЖАВАЊЕ



Извор: <https://www.eurekaselect.com/article/118920>

Нанотехнологија се користи у различитим аспектима биљне биотехнологије за подстицање безбедности и производњу генетски модификованих биљака које су отпорне на животну средину и стрес.

Примена нанотехнологије у микроразмножавању може представљати значајан напредак. Информатички аспекти се могу интегрисати у развој ове области на следећи начин:

5.1. Примена наночестица у микроразмножавању:

Због своје мале величине и велике површине, наночестице врло ефикасно интерагују са другим материјалима, попут биљних ћелија. У микроразмножавању, употреба наночестица омогућава ефикаснији раст и размножавање биљних експлантата. На пример, наночестице могу продрети у биљне ћелије и циљано испоручити хранљиве материје, hormone и друге неопходне супстанце директно у ћелије. Ово може убрзати процесе раста и побољшати стопе размножавања.

Прикупљање података и анализа: Уз помоћ технологија за прикупљање података могуће је пратити утицај наночестица на биљне ћелије. Ови подаци помажу у разумевању интеракција наночестица са ћелијама, као и њиховог утицаја на биљке.

Моделовање: На основу прикупљених података могу се развијати модели који помажу у предвиђању понашања наночестица у различитим условима, омогућавајући оптимизацију процеса размножавања.

5.2. Предности нанотанкова и хранљивих материја у узгоју биљних ћелија:

Нанотанкови, упркос својој нанометарској величини, обезбеђују велику површину за ћелије, што подстиче ефикаснију апсорпцију хранљивих материја и оптимизацију процеса раста. Поред тога, нанометарски танкови циљано достављају хранљиве материје ћелијама, чиме се повећава раст и диференцијација ћелија.

Прецизно дозирање: Уз помоћ нанотехнологије, прецизно се може контролисати дозирање хранљивих материја и хормона, што побољшава услове за раст биљних ћелија.

Симулације и аналитика: Информатички алати омогућавају моделирање и анализу утицаја нанотанкова и хранљивих материја, што омогућава развој ефикаснијих формула и протокола третмана.

5.3. Утицај нанотехнологије на ефикасност размножавања и фенотип:

Интеграција нанотехнологије у процес микроразмножавања може пружити значајне предности кроз прецизно дозирање, ефикасније процесе размножавања и постизање бољих фенотипова. Информатички алати као што су анализа података, моделирање, симулације и предиктивна аналитика су кључни за искоришћавање ових предности.

Нанотехнологија је напредна научна област која се бави манипулацијом нанометарских материјала и структура. У последњих неколико година, нанотехнологија се примењује у пољопривреди, посебно у биљној биотехнологији, и нашла је своју примену у области микроразмножавања. Предности и иновативна решења нанотехнологије могу довести до ефикаснијих и одрживијих процедура микроразмножавања.

Међутим, важно је напоменути да је примена нанотехнологије још увек релативно нова и предмет истраживања. Потребна су даља истраживања како би се утврдило у којој мери нанотехнологија утиче на процес микроразмножавања и на фенотип добијених биљака.

Рударење података и машинско учење: Технике машинског учења и рударења података помажу у извлачењу релевантних информација из великих скупова података, идентификујући најважније утицаје нанотехнологије на ефикасност размножавања и биљни фенотип.

Предиктивна аналитика: Предвиђање утицаја нанотехнолошких интервенција може помоћи у фином подешавању стратегија размножавања и постизању жељених фенотипова.

6. АУТОМАТИЗОВАНИ СИСТЕМИ ЗА МИКРОРАЗМНОЖАВАЊЕ

Аутоматизовани системи за микроразмножавање су иновативна решења која омогућавају ефикасну и прецизну репродукцију биљака у великим количинама, минимализујући потребу за људским ресурсима и утрошеним временом. Ови системи представљају значајан напредак у области микроразмножавања и нуде бројне предности у односу на традиционалне ручне методе размножавања. У процесу микроразмножавања најчешће се користе следећи аутоматизовани системи:

6.1. Светлосне коморе



Извор: <https://www.darjeelinggardens.com/tissue-culture.html>

У процесу микроразмножавања, светлосне коморе могу се схватити као специјални стакленик у којем се налази сва потребна технологија о којој ћемо детаљније учити у теми 6. модула 2. Ево неколико основних информација о светлосним коморама које се користе током микроразмножавања:

Функција и сврха: Циљ светлосних комора је обезбеђивање оптималних услова за раст биљних култура. Ово укључује одговарајући интензитет светлости, састав светлости, температуру, влажност и друге факторе околине који подстичу здрав раст и развој биљака.

Контрола и надзор: У светлосним коморама са вештачким осветљењем аутоматизовани системи обезбеђују регулисање интензитета светлости, таласне дужине и спектра, што је од суштинског значаја за здрав развој биљака. .

Извори светлости: У светлосним коморама се користе различити типови извора светлости, као што су флуоресцентне лампе, ЛЕД лампе или специјалне лампе за подстицање раста биљака. Ови извори светлости обезбеђују различите таласне дужине које утичу на фотосинтезу и раст биљних ћелија.

Контрола температуре: Контрола температуре у светлосним коморама је важна јер раст и развој биљака у великој мери зависе од температуре околине. Помоћу уређаја за регулацију температуре у коморама, истраживачи могу прецизно подесити и одржавати жељену температуру.

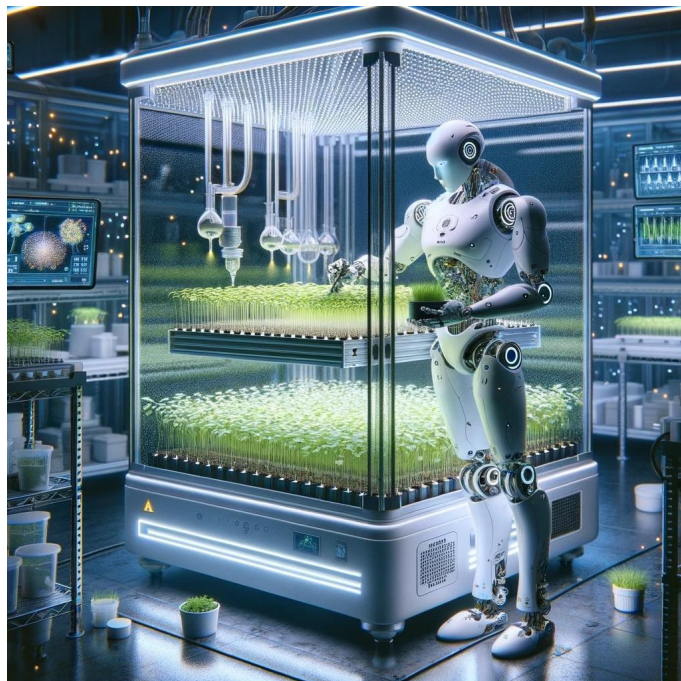
Влажност и вентилација: Одржавање одговарајућег нивоа влажности и обезбеђивање адекватне вентилације такође су од суштинске важности за здрав раст биљних култура. Регулатори влажности и системи за вентилацију у светлосним коморама помажу у оптимизацији ових фактора.

Контрола и надзор: Приликом пројектовања светлосних комора посебна пажња се посвећује томе да се фактори околине, као што су светлост, температура и влажност, могу прецизно и лако контролисати. Ово омогућава радницима да строго надзиру и регулишу услове за раст биљних култура. Сензори за континуирано мерење температуре, влажности, нивоа угљен-диоксида и интензитета светлости могу се користити за пружање података у реалном времену о условима околине у којој се налазе биљке

Током микроразмножавања, светлосне коморе су неопходне за обезбеђивање здравог и контролисаног раста биљака. Ове коморе омогућавају истраживачима да прецизно

контролишу услове околине неопходне за биљне културе, чиме се подстиче ефикасна и успешна репродукција

6.2. Комбинација роботизованих система и микроразмножавања



Извор: ChatGPT 4.0 DALL-E

Примена робота у аутоматизованим системима за микроразмножавање омогућава брзо и прецизно руковање експлантатама, њихово пресађивање и аутоматизацију целог процеса. Роботизовани системи могу радити великом брзином и тачношћу, обрађујући истовремено више експлантата, чиме се омогућава већи обим микроразмножавања. Прецизност и конзистентност роботизованих система значајно доприносе поузданости и успешности процеса размножавања. Роботизовани системи су у стању да експлантате посаде на једнаку удаљеност и дубину у хранљиву подлогу, минимализујући ризик од оштећења и контаминације.

6.3. Улога вештачке интелигенције у аутоматизованом микроразмножавању

Вештачка интелигенција (ВИ) се све више уводи у аутоматизоване системе за микроразмножавање, што додатно побољшава ефикасност и прецизност. ВИ омогућава системима да самостално уче и прилагођавају се различитим условима и променљивим околностима.

ВИ алгоритми могу препознати и правилно реаговати на стање биљака, као и правовремено интервенисати уколико се појави било какав проблем или одступање током процеса размножавања. Овај проактивни приступ повећава успешност и минимизира ризике.

Алгоритми за оптимизацију: ВИ и алгоритми машинског учења могу помоћи у одређивању оптималних услова за раст биљака и аутоматском подешавању параметара у светлосним коморама.

Предиктивно одржавање: ВИ алати за анализу могу помоћи у предвиђању потреба за одржавањем система светлосних комора, смањујући застој и повећавајући ефикасност система.

6.4. Могућности скалабилности и масовног размножавања

Аутоматизовани системи за микроразмножавање изузетно су погодни за скалабилност и масовно размножавање. Захваљујући роботизованим системима који брже и ефикасније могу да обрађују радне процесе везане за размножавање биљака, могуће је успоставити веће плантаже и омогућити масовно размножавање.

Могућности скалабилности и масовног размножавања омогућавају аутоматизованим системима да допринесу повећању пољопривредне производње и производњи великих количина биљака потребних за одржавање сорти. На тај начин, аутоматизовани системи за микроразмножавање доприносе одрживој и ефикасној пољопривредној производњи. Укратко, аутоматизовани системи за микроразмножавање револуционишу биљну биотехнологију и пољопривреду, омогућавајући брже, ефикасније и поузданије размножавање биљака. Комбинација аутоматизованих система, роботике и вештачке интелигенције омогућава значајно повећање ефикасности и продуктивности биљне производње, доприносећи одрживој и високо продуктивној пољопривреди.

7. ЛИТЕРАТУРА

George EF, Hall MA, Klerk G-JD. 2007. Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1. The Background. Springer Science & Business Media

<https://tropicalhome.hu/blogs/news/tc-101-a-mikroszaporitas-alapjai>

<https://docplayer.hu/93231435-Disznovenyek-mikroszaporitasa-dr-mosonyi-istvan-daniel.html>

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=3jtDqraUS40>

<https://kert.tv/novenyek-szaporitasa-gyokereztetes/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323907958000023>

<https://www.vedantu.com/question-answer/what-is-micropropagation-class-12-biology-cbse-5f9066d6d519b61dfd600b05>

<https://www.eurekaselect.com/article/118920>

<https://www.darjeelinggardens.com/tissue-culture.html>

4. ГАЈЕЊЕ У СТАКЛЕНИКУ

Аутор:

Пек Золтан - Мађарски универзитет за пољопривредне и животне науке (ориг. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)

1. ГАЈЕЊЕ У СТАКЛЕНИКУ, ПРОИЗВОДЊА ПОВРЋА У СТАКЛЕНИКУ

Узгој поврћа у стакленику, или специјалистичким термином, производња поврћа у стакленику, у комерцијалним размерама почела је да се шири у Мађарској педесетих година. То је у почетку значило искључиво узгој у земљишту, који је од деведесетих година постепено замењен узгојем без земљишта (хидропонија) у високотехнолошким постројењима. Са технолошког аспекта, узгојно постројење се сматра модернијим колико више фактора околине може прецизно да контролише, постижући све веће просечне приносе и све бољи квалитет. Ови циљеви у узгоју поврћа данас се највише могу остварити у стакленицима са великим простором, климатском контролом и биолошком заштитом биљака, уз узгој без земљишта (1). Процене указују да је мање од 0,3% укупне пољопривредне површине у свету покривено неком врстом узгојног постројења.

Висока потреба за ручним радом је карактеристична не само за узгој поврћа већ и за готово све гране хортикултуре, што данас представља готово нерешив проблем за практичаре. Развој робота који се могу применити у прецизној пољопривреди за агро- и фитотехничке радове нуди решење за овај проблем.

Ниски технолошки ниво (уређаји са малим запреминама)

Мање су аутоматизовани и значајно зависе од своје околине, обично користе једноструку, углавном пластичну прекривку, са пасивном вентилацијом (горња и бочна вентилација), без грејања и готово искључиво узгојем у земљишту. Код оваквих структура веома је важно знати разлике између дневних и ноћних температура због недостатка грејања и нискоефикасне вентилације. Не обезбеђују микроклиму потребну за целогодишњи узгој биљака које захтевају топлоту, па се користе за привремено прекривање (фолијски тунел) или за узгој током периода без мраза. У ову категорију спадају: фолијски тунел, фолијски кревет, фолијски тунел типа Soroksár '70 без бочне вентилације, и покретна фолија (слика 1).

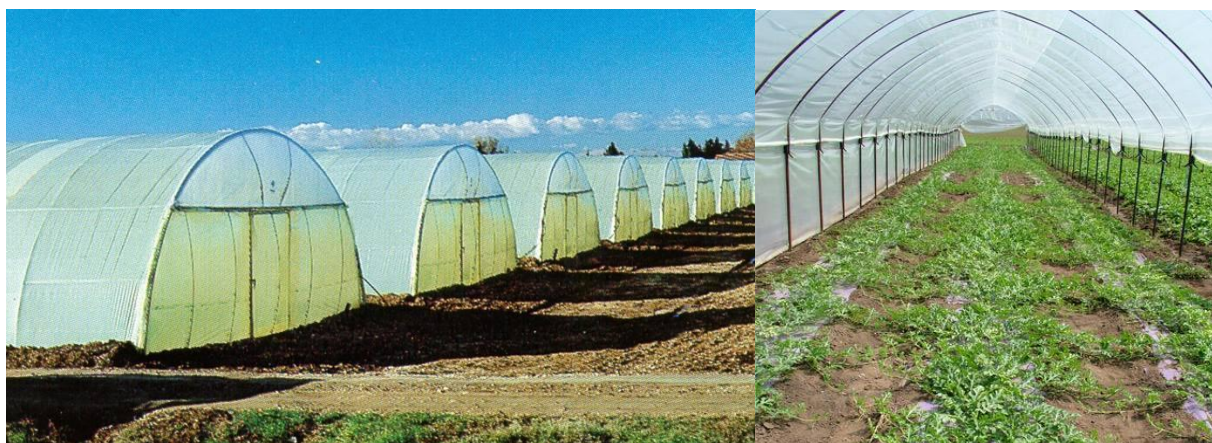


1. слика Фолијски тунел, фолијски кревет, фолијски тунел типа Soroksár '70, покретна фолија

Средњи технолошки ниво (загревани и незагревани уређаји)

Обично уређаји са пластичним покривачем, који већ имају климатску контролу (резервно грејање, грејање, бочна и/или кровна вентилација), програмабилно наводњавање и узгој на земљишту или без земљишта (хидропонија). Продуктивност и квалитет су обично већи него код претходног технолошког нивоа, а контрола температуре је генерално врло једноставна. Још увек не могу да изједначе екстремне спољне температуре, па нису погодни за целогодишњи континуирани узгој. Бочне вентилационе системе могуће је накнадно уградити, чиме се постојећи уређаји нижег нивоа могу модернизовати.

У ову категорију спадају: фолијски тунел са бочном вентилацијом, блоковске фолијске куће (слика 2).



2. слика Фолијски тунел са бочном вентилацијом и блоковске фолијске куће

Висок технолошки ниво (загревани уређаји са великом запремином)

Типично су уређаји са великом запремином (просечна унутрашња висина $>3\text{m}$), чији је покривач једнослојно стакло (дебљине 4-6 мм), вишеслојна пластика (дебљине 0,04-0,3 мм), или поликарбонатне плоче. У циљу оптималнијег искоришћења простора, често се користе покретни столови у производњи украсних биљака и репродуктивног материјала. Ови специјални столови обично имају систем за наводњавање типа плима-осека (види 4.5.).



Покретни сто и узгој *Phalaenopsis*-а у саксијама са наводњавањем типа плима-осека

Постројења са потпуно аутоматизованом контролом климе (велика независност од спољних временских услова), компјутерски управљаним наводњавањем, ђубрењем са CO_2 и готово искључиво микродизањем. За ову сврху, системи за наводњавање и вентилацију раде уз

контролу сензора, опрењени су мрежама за сенчење ради регулисања светлости (и климе), и обично користе узгој без земљишта (осим за органски узгој). Стакленик моментално реагује на промене у спољашњем окружењу захваљујући спољним сензорима климе. Са овим системима, произвођач може оптимизовати раст биљака, максимализовати принос и квалитет усева.



Стакленик са великом запремином и пластичним покривачем и стакленик

Вертикална фарма

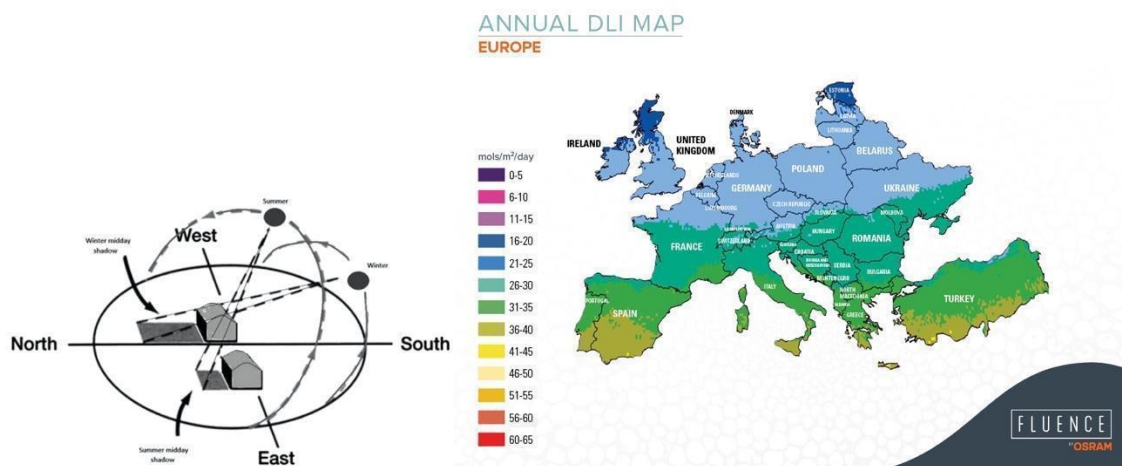
Узгој поврћа у стакленицима је од великог значаја и један је од најбрже развијајућих начина узгоја и најинтензивније истраживаних тема данас. Посебно се истичу потпуно затворени и аутоматизовани узгојни уређаји, такозване вертикалне фарме (Vertical Farm, Plant Factory). Ово не би било могуће без развоја ЛЕД осветљења, чија енергетска ефикасност омогућава економичну примену у производњи и производњу хране на местима где то раније није било могуће због недостатка светлости (неплодне области, поларни крајеви, свемирски бродови).



Вертикалне фарме AeroFarms (Њујорк, САД) и VegetaFarm (Ханеда, Јапан)

2. ОСНОВЕ КОНТРОЛЕ КЛИМЕ У УЗГОЈНИМ УРЕЂАЈИМА

Контрола климе у узгојном уређају може се планирати у односу на географску локацију (географска ширина) и микро-климу места где ће се уређај налазити. Прва одређује максимални/минимални угао пада сунчевих зрака и на тај начин максималну и минималну дужину дана (летња/зимска дугодневница), као и теоретски очекивану количину енергије сунчеве светлости која дневно стиже на површину (Daily Light Integral, DLI).



Угао пада сунчевих зрака на летњи и зимски солстицијум, као и карта DLI за Европу

Ово последње је такође снажно под утицајем микро-климе подручја, која је, поред основне климатске класификације, под утицајем локалног терена и других површинских карактеристика. Узгојни уређаји изграђени у умереном појасу обично су дизајнирани тако да су редови биљака постављени у правцу исток-запад.

Високотехнолошки уређаји, који се граде по највишим трошковима, треба да буду опремљени спољашњим метеоролошким сензорима како би заштитили биљке и сам уређај од екстремних климатских догађаја (ветар, падавине).

Контрола климе, која је снажно зависна од технолошког нивоа уређаја, заснована је на подацима измереним и пренетим од стране сензора. На основу тих података, контролни софтвер обично одређује оптималне климатске и едафске услове за одређени технолошки тип узгоја поврћа. (Детаљније види у поглављу 2).

3. КОНТРОЛА УЗГОЈНИХ УРЕЂАЈА У ПРАКСИ: PRIVA OPERATOR

За успостављање оптималних услова за узгој неопходно је да сви системи беспрекорно сарађују, што је координисано од стране интелигентног контролера. Овај оперативни центар је основа за регулацију, којој је прикључено више система. Што је интелигентнији контролер, то боље процеси достижу оптималну равнотежу.

Оптимизација температуре, влажности, концентрације CO₂, снабдевања хранљивим материјама и водом врши се у зависности од количине светлости, прилагођене потребама узгојених биљака. Контролни систем континуирано, 24 сата дневно, прати услове узгоја у стакленику помоћу података са сензора, као што су вентилација, грејање, сенчење, ниво CO₂, вентилатори, влажност, осветљење, котлови, наводњавање, храњење раствором и поновна употреба дренажне воде. Сви доступни контролни системи на тржишту поседују ове опције за регулацију и имају графички интерфејс који омогућава интервенције преко мобилних уређаја.



Графички кориснички интерфејс система за контролу стакленика Priva Operator

4. КОНТРОЛА УЗГОЈНИХ УРЕЂАЈА У ПРАКСИ: GREMON SYSTEMS

Сви значајнији системи за контролу стакленика доступни у Мађарској имају контролу климе на основу сензора и модуле неопходне за оптимално снабдевање биљака водом и хранљивим материјама.

За разлику од претходног, мађарско решење Gremon Systems-a, Trutina, може се користити чак и за узгој на земљишту. Поред основних услуга, врши и праћење биомасе биљака у реалном времену (са прецизношћу од 1 грама), што се заснива на примени специјално развијених вага за биљке. Ваге се могу накнадно уградити у биљне популације, а број сензора се може проширити. Континуирано прати развој биомасе и аутоматски упозорава на смањење тежине тацне. Континуираним мониторингом воде за наводњавање/храњивог раствора, оптимизује стратегију наводњавања, штедећи воду и ђубриво. Захваљујући клијентском софтверу, процеси се могу пратити и на паметним телефонима. Његов систем упозорења аутоматски шаље поруке ако осветљење, температура, ЕС хранљивог раствора, дренажна вода, тежина тацне или параметри коренског медија достигну нежељене вредности.



Графички кориснички интерфејс софтвера за контролу стакленика Gremon Systems Trutina и сензори за мерење биљака

Систем Tungsram Agritech-a, Power Grow, може се користити искључиво за контролу вертикалне фарме развијене од стране саме компаније, чија је посебност у томе што је потпуно затворен систем. Основа је потпуно вештачко осветљење са сопствено развијеним ЛЕД лампама, помоћу којих се могу подесити специјални светлосни рецепти. Лампе не само да зраче у фотосинтетички активном (PAR) спектралном опсегу, већ и у ултраљубичастом опсегу, чиме се могу постићи слични ефекти као на отвореном пољу, у природним светлосним условима. Све

могућности које произилазе из промене односа различитих таласних дужина још нису научно испитане, тако да није изненађујуће што више универзитета и истраживачких института користе њихов систем за проучавање утицаја светлости на биљке.

5. СИСТЕМИ ЗА УЗГОЈ БЕЗ ЗЕМЉИШТА

Узгој једне биљне врсте на истом земљишту током више година назива се монокултуром. Узгој поврћа у монокултури резултира континуираним смањењем приноса из године у годину, чак и у случају промене сорти. Главни разлог за то је штетно деловање штеточина, патогена и корова који се акумулирају у земљишту. Да би се избегли ови проблеми, у стакленицима се примењују системи узгоја без земљишта (soilless) (9). Ови системи треба да замене абиотичке функције земљишта, како би корени биљака имали одговарајуће снабдевање водом, кисеоником и хранљивим материјама (макро-, мезо- и микроелементи). У претходним производним системима постојао је сукоб у испуњавању ових захтева, јер је претерана или недовољна количина једног елемента изазивала неравнотежу другог или оба елемента.

У узгоју без земљишта, хранљиви елементи неопходни за раст биљака додају се у облику хранљивог раствора, што је аналогно способности земљишта да обезбеди хранљиве материје, јер су минерални елементи у земљишту такође присутни у воденој фази као растворени јони. Пошто чврсти супстрат за корене биљака обично садржи мало или нимало хранљивих материја, обавезно је додавање хранљивог раствора за раст биљака.

Развијено је много система за узгој без земљишта, а најважнији су:

- Капљично наводњавање (Drip irrigation)
- Техника хранљивог филма (Nutrient film technique, NFT)
- Техника дубоког тока (Deep flow technique, DFT)
- Аеропоника (Aeroponics)
- Систем плима-осека (Ebb/Flow)

Системи који директно достављају хранљиви раствор до корена биљака називају се хидропонима, док се системи који достављају раствор до коренске средине називају агрегатпоника (10)

Системи са супстратом, такозвани агрегатпонијски системи, нису погодни за узгој биљака са великом густином садње (нпр. лиснато поврће), па се више користе за узгој поврћа које се гаји због плода (парадајз, паприка, краставац). За узгој лиснатог поврћа без земљишта углавном се користе NFT и DFT хидропонични системи, али се понекад користи и аеропоника. У потпуно затвореним узгојним уређајима са потпуно вештачким осветљењем, као што су вертикалне фарме, углавном се користе хидропонични системи (11).

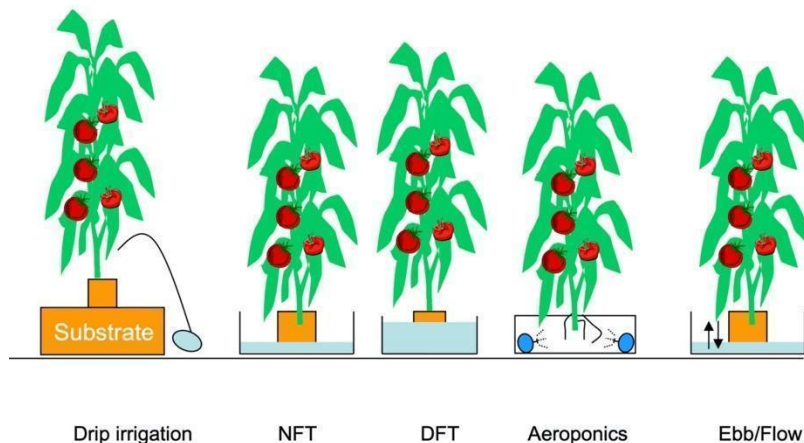
Основа NFT (Nutrient Film Technique) система је канал са нагибом од 1-2%, на чијем дну непрекидно тече танак слој хранљивог раствора. Корени биљака апсорбују потребну количину воде и хранљивих материја из овог слоја. Предност је што је у систему присутна знатно мања количина хранљивог раствора, што је предност у вертикалним узгојним уређајима због мање тежине. Такође, снабдевање корена кисеоником је повољније, што се може побољшати повећањем нагиба канала и брзине протока, чиме се побољшава ниво кисеоника у хранљивом раствору (12). Недостатак је што је температура мање количине хранљивог раствора

променљивија, али то не представља проблем у системима са строгом контролом температуре ваздуха (13).

Историјски, DFT (Deep Flow Technique) био је први хидропонични систем без земљишта. Током 1920-их година створена је култура резервоара у бетонским базенима са слојем хранљивог раствора од 15 цм. Биљке су засађене у такозваном лежишту за саднице постављеном на металну мрежу, која је истовремено обезбеђивала и изолацију хранљивог раствора од светлости. Недостатак је био слаба аерација, али је и поред тога постала основа за многе касније системе са плићим слојем хранљивог раствора.

Аеропоника (Aeroponics) је систем без земљишта са високим трошковима улагања и одржавања, који захтева веома прецизну техничку подршку. Развијена је 1970-их година за комерцијални узгој. Основни принцип је да корени биљака висе у потпуно затвореном простору, у који се веома фино распршује хранљиви раствор у интервалима од 2-3 минута, неколико секунди по дозирању. Корени који висе у ваздуху апсорбују хранљиве материје из ове магле уз одличну аерацију. Недостатак је што и краткотрајан прекид струје може довести до исушивања корена и угинућа биљака (14).

Код система плама-осека (Ebb/Flow) површина за узгој се на одређено време поплављује хранљивим раствором како би биљке и супстрат могли да апсорбују одговарајућу количину раствора, након чега се преостали раствор испушта. Овај систем се користи и у домаћим баштама, првенствено за саднице, зачинско и украсно биље у саксијама, на узгојним столовима.



Важнији системи без земљишта који се користе у стакленицима

6. СНАБДЕВАЊЕ ВОДОМ И ХРАНЉИВИМ МАТЕРИЈАМА У СИСТЕМИМА УЗГОЈА БЕЗ ЗЕМЉИШТА (ЗАТВОРЕН СИСТЕМ)

У узгоју без земљишта могу се користити затворени системи како би се минимизирало загађење животне средине настало од одлива хранљивог раствора (дренаже) (15). Поред значајних уштеда у наводњавању и исхрани биљака, високи приноси и боља ефикасност

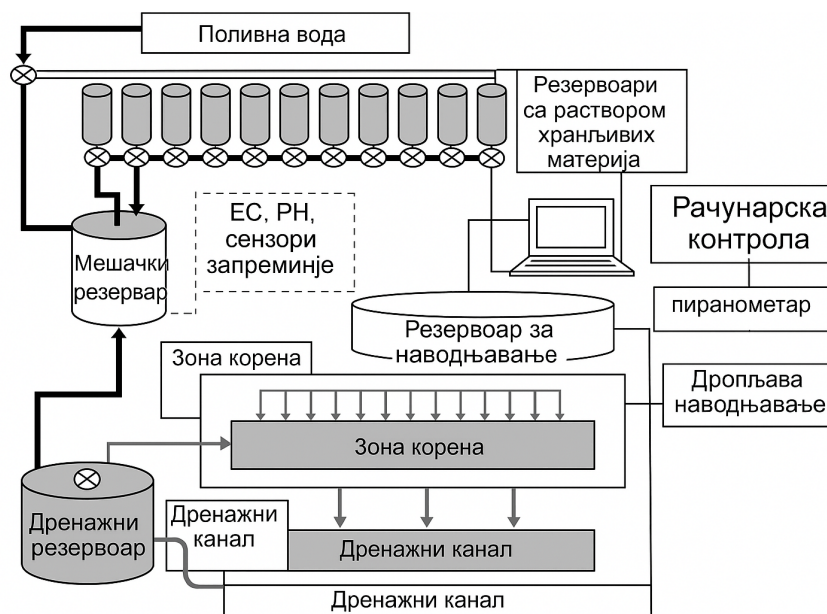
употребе воде у целини омогућавају економичнији узгој (16). Ипак, акумулација јона које биљке ретко апсорбују може изазвати делимично испуштање отпадних вода ради регулисања салинитета коренских зона, чиме се смањује ефикасност затворених система у спречавању загађења подземних вода. Да би се минимизирала потреба за рециклажом отпадних вода и смањило загађење подземних вода, могу се применити интелигентни аутоматизациони системи засновани на моделима масеног биланса (17).

Највећи фактор ризика у узгоју без земљишта у затвореном систему је несумњиво дезинфекција дренаже, јер чак и једна болесна биљка може заразити цео засад. Трошкови дезинфекције су оно што највише поскупљује рад затворених система. Постоји више различитих метода дезинфекције, које могу укључивати пастеризацију, УВ зрачење, хемијску обраду, песковиту филтрацију и стерилизујућу филтрацију са уређајима за обрнуту осмозу (13).

Сензори за воду

Одговарајући ниво влажности земљишта (ЕС) и рН вредност су кључни фактори за здрав раст усева. Уз помоћ Priva контролних рачунара и двоструких ЕС и рН сензора, можете аутоматски контролисати и регулисати ниво ЕС и рН. Укључивањем сензора протока воде могуће је одредити одговарајуће ЕС и рН вредности – овај прелиминарни прорачун нуди искључиво Priva. Затим контролни рачунар коригује одступања од жељених вредности на основу мерења двоструких ЕС и рН сензора. Притисни сензори омогућавају оптимално управљање водом у резервоарима за складиштење воде и хранљивих раствора.

При узгоју у супстрату, количина дренаже и њена ЕС вредност могу се тачно измерити помоћу дренаже сензора. Коришћењем Priva Growscale ваге, наводњавање се аутоматски прилагођава условима раста и стању биљке и супстрата, у складу са потребама биљке.

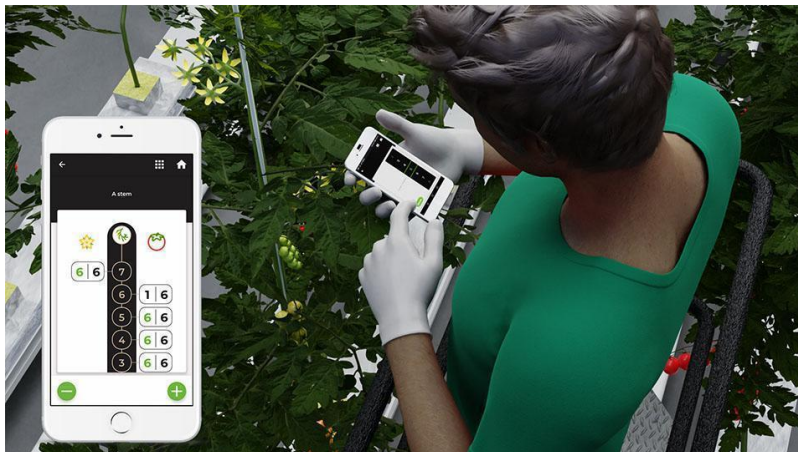


Структура система за наводњавање у узгоју без земљишта

7. ФИТОМОНИТОРИНГ

За континуирано праћење стања биљака сада су доступни сензори за неразорна мерења који могу пратити у реалном времену параметре видљиве голим оком (пречник стабла, број листова, број гроздова) или невидљиве голим оком (температура површине листа,

фотосинтетичка активност). Домаће решење компаније Gremon Systems, Crop Monitor, ради у сарадњи са већ поменутиим системом Trutina. Vitalnost биљака се бележи на основу пречника стабла, раста главног изданка и удаљености цветних гроздова (дужина интернодија). Одређује индекс површине листа (leaf area index, LAI) на основу дужине, ширине и броја листова, као и вегетативни/генеративни баланс биљака на основу броја гроздова, цветова и заметака, као и вегетативних параметара.



Графички кориснички интерфејс фитомониторинг система Gremon Systems

8. ФИТОТЕХНИЧКИ РАДОВИ И ЖЕТВА

Фитотехника, односно директне интервенције на биљкама, код континуирано растућих врста поврћа могу бити следеће: причвршћивање биљака (клиповање), промена положаја изданка, уклањање бочних изданка, листова, цветова и плодова. За ове радове многи произвођачи нуде алате. За уклањање доњих листова парадајза развијен је аутоматски робот који ефикасно ради и ноћу.



Priva Deleafing (робот за уклањање листова)

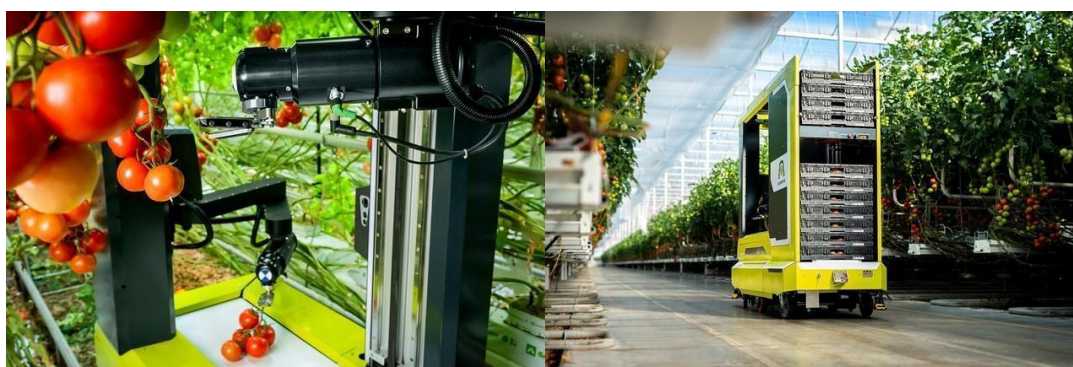
Код континуирано растућих врста поврћа, најважнији алат за извођење фитотехнике је радни вагон који се креће између редова. То је подесива структура са постољем, коју покреће електромотор на батерије. Радници који обављају фитотехнику управљају његовим кретањем и могу подесити висину постоља на коме стоје да би извршили своје задатке.



Самоходни, подесиви, електрични бербени вагон

Иако не спада у фитотехничке радове, берба се не може обавити без додиривања биљака, што је један од највећих послова, посебно код континуирано растућих врста поврћа. Код врста поврћа које се бере у једном пролазу и углавном се гаје због вегетативних делова (лиснато поврће, коренасто поврће, купус, шпаргла), већ постоје бројна аутоматска, чак и беспилотна решења.

Берба код биљака које се гаје због генеративних делова обавља се више пута, чак и неколико пута недељно, па је при томе потребно тежити да биљка претрпи што мање оштећења. Такве врсте поврћа су на пример парадајз, паприка и краставац, код којих ручна берба може чинити чак 30% укупних производних трошкова. На пример, код дуготрајне, високозапреминске производње парадајза у стакленицима, период бербе обично траје од почетка марта до краја децембра, односно око 10 месеци. У решавању овог проблема, развој робота са вештачком интелигенцијом који се могу користити за бербу (Metomotion, Panasonic роботи за бербу парадајза) нуди потенцијално решење.



Самоходни робот за бербу парадајза MetoMotion

9. АДМИНИСТРАЦИЈА ФИТОТЕХНИКЕ (GREMON SYSTEMS INSIGHT MANAGER)

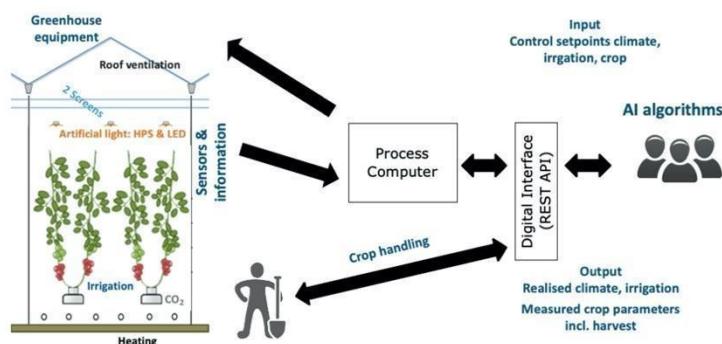
Изузетно скупи и радно интензивни фитотехнички и жетвени радови морају се прецизно пратити по раднику како би се омогућило плаћање по учинку. За ову сврху је развијено софтверско решење Gremon Systems Insight Manager, које идентификује раднике помоћу јединствених магнетних картица. Уз помоћ читача картица постављених у стакленику може се пратити индивидуални учинак, који се затим може проследити платном списку.



Читач картица и графички кориснички интерфејс администрацијског система Gremon Systems Insight Manager

10. Аутономни (САМОСТАЛНИ) СТАКЛЕНИК

Вештачка интелигенција (AI) је већ постигла значајне пробоје у многим областима, али у хортикултури то још није случај. Управо зато је циљ стварања „Аутономног стакленика“ (Autonomous Greenhouse) да се комбинују хортикултурне науке и вештачка интелигенција како би се постигли пробоји у производњи свежих намирница уз ефикаснију употребу ресурса. Тимови састављени од научника, стручњака и студената са различитим знањем у хортикултури и вештачкој интелигенцији развијају решења за производњу поврћа на даљину (сензорски контролисано). Узгојни уређај мора имати компјутерску контролу за грејање, вентилацију, сенчење, осветљење, овлаживање, снабдевање CO₂, водом и хранљивим материјама. Контролу стакленика може вршити индустријски рачунар са даљинским приступом, ако различити сензори континуирано прикупљају податке преко дигиталног интерфејса. У поређењу са резултатима ручно управљаног референтног стакленика, резултати постигнути у стакленицима контролисаним AI показали су да AI обично добро управља стаклеником и може премашити традиционалну технологију у погледу приноса, ефикасности употребе ресурса и оствареног нето профита (18).



Рад аутономног стакленика (18)

11. ВЕРТИКАЛНА ФАРМА (PLANT FACTORY)

Ради решавања троструког проблема хране, ресурса и животне средине, потребно је развити трансдисциплинарне методологије засноване на новим концептима, кроз које ће се значајно побољшати принос и квалитет прехранбених биљака уз мању потрошњу ресурса и мање деградације животне средине у односу на постојеће системе гајења биљака (31). Вештачки осветљене вертикалне фарме (Plant Factory with Artificial Light, PFAL) очекују се као део ових

система гајења биљака како би се испунила ова мисија (32). У европским земљама „Вертикална фарма“ је пожељнији израз, док се у Азији користи израз „Plant Factory“ када се односи на интензивне системе гајења биљака са вертикално постављеним или нагнутим полицама (Den Besten, 2019). Популарност израза „Вертикална фарма“ (VF) повезана је са чињеницом да европски потрошачи више воле термин „фарма“ уместо „фабрика“ када је у питању свеже поврће.

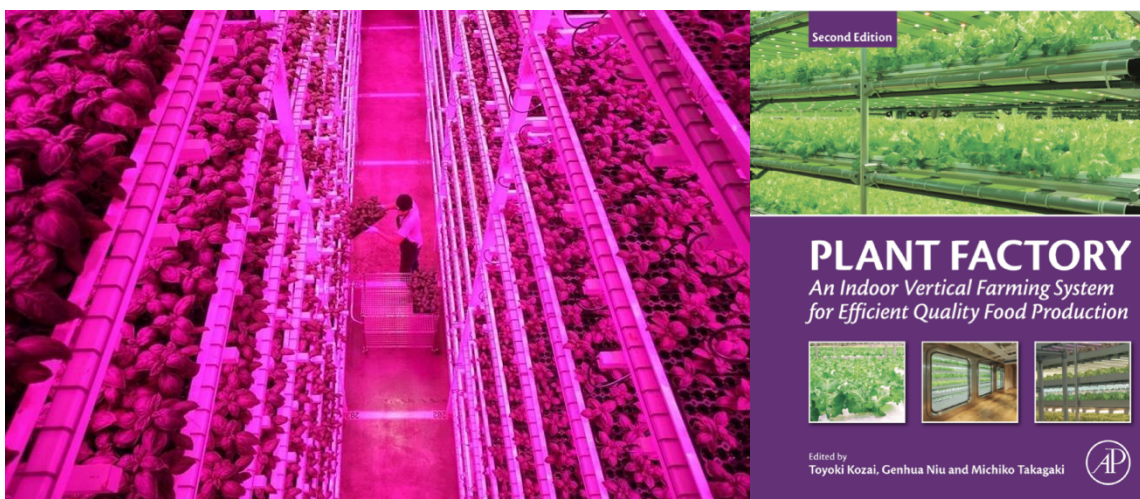
Предности VF укључују бољу ефикасност коришћења ресурса (resource use efficiency, RUE), високу продуктивност и производњу квалитетнијих биљака без употребе пестицида (33). Употреба ЛЕД осветљења у хортикултури је еколошки прихватљивије и економски повољније решење у поређењу са HPS осветљењем (Paucsek et al, 2020). Све веће интересовање за свежу и функционалну храну потиче од растуће потражње потрошача за дијетама које подржавају здравље и дуговечност. Узгој микрозеленила нуди огромне могућности за микроадаптацију узгоја лиснатог поврћа и побољшање квалитета људске исхране (34).

Са одговарајућим планирањем и употребом, VF има следеће потенцијалне предности у односу на традиционални узгој:

- a. Може се изградити било где јер није потребно сунчево светло нити земљиште;
- b. Услови узгоја нису под утицајем спољне климе и плодности земљишта;
- c. Производња је континуирана током целе године и продуктивност је већа него код отворених пољопривредних технологија;
- d. Квалитет производа, као што је концентрација фитонутријената, може се побољшати манипулацијом параметрима животне средине;
- e. Квалитет светлости може бити бољи него на отвореном пољу;
- f. Производ је без пестицида и не мора се прати пре конзумације;
- g. Производ има дужи рок трајања јер је бактеријско оптерећење обично мање од 300 јединица које формирају колоније (CFU)/1, што је 1/100-1/1000 од производње на отвореном пољу;
- h. Трошкови транспорта могу се смањити изградњом VF у близини урбаних подручја;
- i. Висока ефикасност коришћења ресурса (вода, CO₂, ђубриво итд.) може се постићи минималним испуштањем загађујућих материја у спољашњу средину.

У VF узгоју без земљишта, хранљиви елементи неопходни за раст биљака додају се у облику хранљивог раствора јер супстрати који служе за подупирање корена биљака не садрже или садрже минималну количину хранљивих материја. Истраживачи су утврдили следеће основне захтеве за хранљиве растворе који се користе у VF системима (35):

- Сви есенцијални хранљиви елементи (осим угљеника) морају бити присутни у јонском облику, укључујући макроелементе (кисеоник, водоник, азот, фосфор, калијум, калцијум, магнезијум, сумпор) и микроелементе (гвожђе, бор, манган, бакар, цинк, молибден, хлор, никл, кобалт);
- Концентрација јона мора бити на оптималном нивоу за раст биљака и једнолична;
- Не сме садржати штетне супстанце и патогене микроорганизме;
- рН вредност мора бити стабилна између 5,5 и 6,5;
- Мора садржати довољну количину раствореног кисеоника за дисање корена



Узгој биљака у затвореном простору на Greensense Farm и насловна страна књиге *Plant Factory*

12. ЛИТЕРАТУРА

1. Baudoin W, Nersisyan A, Shamilov A, Hodder A, Gutierrez D, De Pascale S, et al. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2017. 428 p.
2. Ponce P, Molina A, Cepeda P, Lugo E, MacCeery B. Greenhouse Design and Control. 2015. 354 p.
3. Marcelis LFM, Broekhuijsen AGM, Meinen E, Nijs EMFM, Raaphorst MGM. Quantification of the growth response to light quantity of greenhouse grown crops. *Acta Hortic.* 2006;711:97-103.
4. Dueck T, Janse J, Li T, Kempkes F, Eveleens B. Influence of diffuse glass on the growth and production of tomato. *Acta Hortic.* 2012;956:75-82.
5. Victoria NG, Kempkes FLK, Van Weel P, Stanghellini C, Dueck TA, Bruins M. Effect of a diffuse glass greenhouse cover on rose production and quality. *Acta Hortic.* 2012;952:241-8.
6. Tuba Z, Szente K, Koch J. Response of Photosynthesis, Stomatal Conductance, Water Use Efficiency and Production to Long-Term Elevated CO₂ in Winter Wheat. *J Plant Physiol.* 1994;144(6):661-8.
7. Helyes L, Tuba Z, Balogh Ján, Réti K. Production Ecophysiology of Hungarian Green Pepper Under Elevated Air CO₂ Concentration. *J Crop Improv* [Internet]. 2005 Jun 6 [cited 2015 Nov 21];13(1-2):333-44. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-23044445642&partnerID=tZ0tx3y1>
8. Tazawa S. Effects of various radiant sources on plant growth (Part 1). *Japan Agric Res Q.* 1999;33(3):163-76.
9. Jones BJ. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. *J Plant Nutr* [Internet]. 1982;5(8):1003-30. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904168209363035>
10. Van Os EA, Gieling TH, Heinrich Lieth J. Technical equipment in soilless production systems. In: *Soilless Culture: Theory and Practice* [Internet]. Elsevier B.V.; 2019. p. 587-635. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63696-6.00013-X>
11. Son JE, Kim HJ, Ahn TI. Hydroponic systems. In: *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production: Second Edition* [Internet]. Elsevier Inc.; 2019. p. 273-83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-816691-8.00020-0>
12. López-Pozos R, Martínez-Gutiérrez GA, Pérez-Pacheco R, Urrestarazu M. The effects of slope and channel nutrient solution gap number on the yield of tomato crops by a nutrient film technique system under a warm climate. *HortScience.* 2011;46(5):727-9.
13. Savvas D, Gruda N. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - A review. *Eur J Hortic Sci.* 2018;83(5):280-93.
14. Jensen MH, Collins WL. Hydroponic Vegetable Production. *Hortic Rev (Am Soc Hortic Sci).* 1985;7:483-558.

15. Savvas D. Current knowledge and recent technological developments in nutrition and irrigation of greenhouse crops. *Acta Hortic.* 2020;1268:1-11.
16. Roupheal Y, Colla G, Cardarelli M, Fanasca S, Salerno A, Rivera CM, et al. Water use efficiency of greenhouse summer squash in relation to the method of culture: Soil vs. Soilless. *Acta Hortic.* 2005;697:81-6.
17. Savvas D, Meletioui G, Margariti S, Tsirogiannis I, Kotsiras A. Modeling the relationship between water uptake by cucumber and NaCl accumulation in a closed hydroponic system. *HortScience.* 2005;40(3):802-7.
18. Hemming S, De Zwart F, Elings A, Righini I, Petropoulou A. Remote control of greenhouse vegetable production with artificial intelligence—greenhouse climate, irrigation, and crop production. *Sensors (Switzerland).* 2019;19(8).
19. Zabel P, Bamsey M, Schubert D, Tajmar M. Review and analysis of over 40 years of space plant growth systems. *Life Sci Sp Res.* 2016;10:1-16.
20. Ivanova TN, Kostov PT, Sapunova SM, Dandolov IW, Salisbury FB, Bingham GE, et al. Six-month space greenhouse experiments - A step to creation of future biological life support systems. *Acta Astronaut.* 1998;42(1-8):11-23.
21. Kozai T. Why LED lighting for Urban agriculture? LED Lighting for Urban Agriculture. 2016. p. 3-18.
22. Dieleman JA, de Visser PHB, Vermeulen PCM. Reducing the carbon footprint of greenhouse grown crops: Redesigning LED-based production systems. In: *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science; 2016. p. 395-402.
23. Gómez C, Izzo LG. Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agric Food.* 2018;3(2):135-53.
24. Kowalczyk K, Gajc-Wolska J, Metera A, Mazur K, Radzanowska J, Szatkowski M. Effect of Supplementary Lighting on the Quality of Tomato Fruit (*Solanum lycopersicum* L.) in Autumn-Winter Cultivation. *Acta Hortic.* 2012;956:395-402.
25. Dzakovich MP, Ferruzzi MG, Mitchell CA. Manipulating Sensory and Phytochemical Profiles of Greenhouse Tomatoes Using Environmentally Relevant Doses of Ultraviolet Radiation. *J Agric Food Chem.* 2016;64(36):6801-8.
26. De Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. *J Hortic Sci Biotechnol.* 2012;87(3):193-202.
27. Foyo-Moreno I, Alados I, Alados-Arboledas L. A new empirical model to estimate hourly diffuse photosynthetic photon flux density. *Atmos Res.* 2018;203(November 2017):189-96.
28. Baxevanou C, Fidaros D, Bartzanas T, Kittas C. Yearly numerical evaluation of greenhouse cover materials. *Comput Electron Agric* [Internet]. 2018;149(December 2017):54-70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.006>
29. Yorio NC, Goins GD, Kagie HR, Wheeler RM, Sager JC. Improving Spinach, Radish, and peak height), which closely matches a peak absorbance of chlorophyll (McCree, 1972). Lettuce Growth under Red Light- Although red LEDs have great potential for use as a light source to drive photosynthe- emitting Diodes (LED. *HortScience* [Internet]. 2001;36(2):380-3. Available from: <http://hortsci.ashspublications.org/content/36/2/380.short>
30. Utasi L, Monostori I, Végh B, Pék Z, Darkó É. Effects of light intensity and spectral composition on the growth and metabolism of spinach (*SPINACIA OLERACEA* L.). *Acta Biol Plant Agriensis.* 2019;7:3-18.
31. Kozai T, Niu G. Introduction. *Plant Fact An Indoor Vert Farming Syst Effic Qual Food Prod.* 2015;3-5.
32. Orsini F, Pennisi G. Sustainable use of resources in plant factories with artificial lighting (PFALs). *Eur J Hortic Sci.* 2020;85(5):297-309.
33. Kozai T, Zhang G. Some Aspects of the Light Environment. In: Kozai T, Fujiwara K, Runkle ES, editors. *LED Lighting for Urban Agriculture*. Springer Science and Business Media Singapore; 2016. p. 49-55.
34. Hooks T, Masabni J, Sun L, Niu G. Effect of pre-harvest supplemental uv-a/blue and red/blue led lighting on lettuce growth and nutritional quality. *Horticulturae.* 2021;7(4):1-14.
35. Tsukagoshi S, Shinohara Y. Nutrition and Nutrient Uptake in Soilless Culture Systems. In: *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production* [Internet]. Elsevier Inc.; 2016. p. 165-72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00011-1>

5. ДИГИТАЛИЗАЦИЈА МИКРОКЛИМЕ У СТАКЛЕНИЦИМА

Аутори:

- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб“ у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
- Ситаш Шандор - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб“ у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

1. КОНТРОЛА КЛИМЕ У УЗГОЈНИМ УРЕЂАЈИМА

Опрема за производњу усјева има две главне сврхе. Првенствено, заштита гајених биљака од спољних климатских фактора (екстремне температуре, ветар, град, обилне кише итд.), а друго, стварање микроклиме која обезбеђује оптималне услове за постизање жељеног узгојног циља. Узгојни циљ је најчешће максимизација приноса сирових плодова који се беру за свежу потрошњу.

Да бисмо постигли ове циљеве, трудимо се да контролишемо климу у узгојним уређајима оптимизацијом светлости (осветљења), температуре, влажности и концентрације CO₂. (Осветљењем ћемо се бавити у 6. теми.)

Növények termesztőberendezései Опрема за узгој биљака

1.1. Температура

Температура која се може постићи у узгојном уређају у великој мери одређује да ли се одређена биљка може гајити у одређеном периоду или не. Једна од најважнијих карактеристика узгојних уређаја је такозвана ΔT вредност, која показује колику разлику можемо постићи између унутрашње и спољашње температуре применом одређеног уређаја. Узгојне уређаје за континуирани рад током целе године, који су намењени за дуготрајни узгој, треба пројектовати за ΔT од 30-35°C, како би се обезбедила минимална температура од +10°C потребна за раст топлољубивих биљака, чак и током екстремно хладних зимских услова од -20°C или ниже.

Температура се може додатно повећати применом грејања, чији су најважнији типови: грејање тла, дување топлог ваздуха, грејање ваздушног простора и вегетацијско грејање. У уређајима са великим запремином, најчешће се користе последња два типа. Вегетацијско грејање је најефикасније, а његове цеви се обично постављају на под, близу коренске зоне, тако да топао ваздух тече према горе кроз листове биљака. Цеви могу бити од пластике (полипропилен), које су обично црне боје, пречника 3-4 цм, са ребрастом површином за ефикасније ослобађање топлоте и постављају се поред коренске зоне биљака. Цеви од метала (обично гвожђе) постављају се на ниске сталке, ширине прилагођене металним вагонима који се користе за бербу и фитотехничке радове. Њихова површина је глатка и првобитно су обојене у бело, али се боја временом троши. Кроз цеви тече вода температуре 20-25°C, за чије загревање се често користи термална вода, али и природни гас и обновљиви извори енергије (дрво, чипс итд.). Техничко решење грејања ваздушног простора је веома слично, са глатком и обично белом

површином цеви, али се оне постављају на висину биљака, што је мање ефикасно јер не загрева коренску зону. Код топлољубивих биљака важна је и температура коренске зоне.



извор: <https://royalbrinkman.com/climate-control/greenhouse-heating/hot-air-blowers/gas-fired-heater-hhb-120kw-w90001729>

За смањење ноћних губитака енергије због недостатка сунчеве светлости користе се енергетски екрани, који као рефлективна површина смањују дуготаласно зрачење топлоте и могу произвести температурну разлику и до 15°C. Њихов основни материјал је обично ткан полиетилен са додатком алуминијумских влакана. Погодни су и за сенчење, али, нажалост, не могу смањити високе температуре током летњих дана.



У летњој климатској контроли узгојних уређаја важну улогу има смањење температуре, за шта постоји неколико метода. Најјефтинија је вентилација, којом се могу регулисати не само температура, већ и влажност и садржај CO₂. Због тога је важан аспект у дизајну узгојних уређаја однос и положај вентилационих отвора. Уређаји са великом запремином обично користе кровне вентилационе системе, чију површину утичу димензије уређаја (дужина, ширина, висина), доминантан правац ветра и природна или изграђена заветрина. Генерално, повећањем површине прозора погодних за вентилацију повећава се ефикасност вентилације, али истовремено расте и вероватноћа уласка штеточина. Поред вентилације, познате су и методе за смањење температуре као што су сенчење екранима, сенчење бојама, хладни зидови, топлотне пумпе и стварање магле. За заштиту уређаја од прекомерног летњег загревања обично се користи комбинација горе наведених решења, нпр. вентилација, сенчење бојом и овлаживање.

1.2. Кретање ваздуха, уједначена клима



У стакленицима је веома важно обезбедити правилну циркулацију ваздуха како би се осигурала равномерна температура у целокупном узгојном простору. На тај начин се може спречити неравномерни развој културе због превише топлих или превише хладних делова у угловима стакленика. Кретање ваздуха у стакленику обезбеђују вентилатори или, другим речима, вентилациони торњеви, који побољшавају вентилацију стакленика и хомогену климу. Вентилациони торањ пружа важну подршку и за третмане заштите биљака који се изводе помоћу распршивача магле. Вентилатор је такође неопходан део за регулисање влажности.

Први корак у стварању равномерне климе је процена тренутног стања, односно колико је клима у стакленику неравномерна. Уз помоћ климатских сензора могуће је мапирати температуру и влажност на различитим тачкама у стакленику како би се утврдило где се налазе топли/суви или хладни/влажни делови. Након процене, потребно је утврдити узроке неравномерности и предузети кораке за решавање проблема. Најчешћи узроци неравномерне климе у стакленику су оштећена изолација (поломљени прозор или непропусност), други отвори у стакленику, оштећен енергетски екран или недовољно загревање ваздуха дуж бочних зидова.



Употреба енергетског екрана током узгоја кенција палме

извор: <https://www.gardencenteradvice.com/en/suppliers/mdk-flowers-greens/>

Опште техничко решење је употреба вентилатора који обезбеђују унутрашњу циркулацију ваздуха у стакленику, чиме се постиже равномернија температура, влажност и концентрација CO₂. Стварањем кретања ваздуха повећава се транспирација биљака. Континуирано кретање ваздуха резултира равномернијом, али вишом влажношћу, што у неким културама може изазвати проблеме (на пример, симптоме недостатка калцијума и гљивичне болести).

У таквим случајевима може помоћи друга техника, систем за одvlaживање ваздуха, који слично вентилаторима обезбеђује циркулацију ваздуха, али истовремено осигурава и одvlaживање ваздуха у стакленику, без смањења унутрашње температуре. На тај начин нема губитка енергије, јер се потрошена енергија враћа у стакленик у облику топлог ваздуха, док се извучена вода може користити као индустријска вода.



извор: <https://royalbrinkman.hu/legfrissebb-hireink/muszaki-projektek/a-noevenyhaszak-klimajanak-joevedelmezo-optimalizalasa>

За мерење наведених климатских елемената доступни су преносиви и фиксни мерни уређаји, сензори, који мере температуру, влажност и концентрацију CO₂ у околини и унутрашњем простору стакленика и затим шаљу податке климатском контролеру који израчунава оптималне вредности потребне за најбоље перформансе узгајаних биљака.

1.3. Влажност

Биљке стално испаравају воду (транспирација) кроз стоме (гасне размене), чиме повећавају релативну влажност ваздуха (РВ%). Овај процес се заснива на дифузији, што значи да се ваздух са 100% релативном влажношћу унутар стома замењује ваздухом са нижом релативном влажношћу из околине. Што је већа разлика између унутрашње и спољашње стране стома, бржи је овај процес, који такође подстиче апсорпцију воде кроз корење. Стога се у пракси уместо релативне влажности често користи дефицит засићености воденом паром (VPD%), који представља разлику у релативној влажности између унутрашње и спољашње стране стома. Ниска влажност повећава затварање стома, чиме се смањује асимилација и транспирација. Висока влажност може повећати вероватноћу појаве гљивичних и бактеријских инфекција и смањити ефикасност испаравања, чиме се смањује асимилација. Важно је напоменути да код биљака које захтевају опрашивање за производњу плодова (парадајз, паприка, патлиџан), ниска влажност може довести до исушивања поленове цевчице, чиме се спречава оплодња и узрокује губитак приноса. Са друге стране, превисока влажност може узроковати лепљење поленових зрна, што такође негативно утиче на ефикасност оплодње.

Контрола влажности је најјефтинија применом вентилације. Влажност се може повећати помоћу наводњавања са специјалним прскалицама и смањити активним уређајима за одvlaживање ваздуха.



извор: <https://www.indiamart.com/proddetail/greenhouse-misting-system-23036596297.html?pos=7&pla=n>

1.4. CO₂

Биљке користе велике количине CO₂ за асимилацију, а најјефтинији начин његовог допуњавања је такође вентилација. Најсавременији узгојни уређаји већ имају уграђене системе за ђубрење CO₂. Првенствено захваљујући људским активностима, концентрација CO₂ у спољашњем ваздуху порасла је на просечно 400 ppm (0,04%) (6), док се у узгојним уређајима повећава на 700-1000 ppm (7), а у неким случајевима чак и на 1200 ppm, чиме се максимизује асимилација (8). За ову сврху обично се користи комерцијално доступан CO₂ у боцама. Помоћу вентилатора за мешање важно је одржати хомоген квалитет ваздуха у стакленику како би се обезбедила равномерна концентрација у целом стакленику.



извор: <https://royalbrinkman.com/mechanical-equipment/measuring-equipment/co2-meters/co2-concentration-meter-0-3000-ppm-0-20-ma-081300018>

1.5. Метеоролошка станица, сензори за мерење временских услова (спољашњи)

Мерење сунчеве светлости, температуре, влажности ваздуха, брзине и правца ветра и количине падавина веома је важно за стварање стабилне климе у стакленику. Сензор за мерење зрачења мери и спољашње топлотно зрачење стакленика, тако да се енергетски екран

може раније затворити како би се спречио губитак топлоте ако је небо ведро. Овим се првенствено штеди енергија. Сензор за мерење падавина омогућава аутоматско регулисање вентилационих отвора како би се одржала оптимална унутрашња клима. Спољашњи сензор за влагу мери релативну влажност ваздуха изван стакленика, што је важно јер се може знатно разликовати од унутрашње влажности. Метеоролошка станица шаље све измерене податке контролном рачунару који на основу тих података аутоматски регулише процесе.



извор: <https://royalbrinkman.com/climate-control/climate-computer/electronic-outdoor-rh-sensor-hx-922-h-01-set-4-20m-085979216>

Унутрашњи климатски сензори

Традиционални климатски мерни сензори мере температуру и релативну влажност, али се могу допунити опционим CO₂ модулом. CO₂ монитор је дигитални мерни инструмент који мери и прати концентрацију угљен-диоксида унутар стакленика. CO₂ монитор увлачи ваздух за мерење, што се може обавити на више места уз помоћ CO₂ вентила.



извор: <https://richel-group.fr/produits/ordinateur-climatique/>

PAR сензор

Сензор за фотосинтетички активну радијацију (PAR) мери светлост у таласном опсегу од 400-700 nm. Потребно га је поставити изнад биљака, а податке преноси бежичном везом у интервалима од неколико минута, који се могу подесити. На основу количине светлости коју мери PAR сензор, контролни рачунар израчунава како треба подесити сенке, ниво угљен-диоксида и лампе за узгој биљака како би се постигли максимални резултати.



извор: <https://royalbrinkman.com/mechanical-equipment/measuring-equipment/light-sensors/par-sensor-with-holder-868mhz-085901218>

Инфрацрвена камера (камера за мерење температуре биљака) омогућава мерење површинске температуре листова без обзира на удаљеност, што омогућава закључивање о степену транспирације биљке и њеном снабдевању водом.



У савременој пољопривреди, опште ширење технолошких иновација трансформисало је методе и могућности узгоја биљака. Стакленици играју кључну улогу у контролисаном узгоју биљака и одрживости производње хране. Међутим, да би се додатно побољшала ефикасност и успешност узгоја у стакленицима, индустрија континуирано развија и дигитализује контролу и надзор микроклиме у стакленицима.

Циљ поглавља „Дигитализација микроклиме у стакленицима“ је да пружи преглед значаја и предности дигитализације микроклиме у стакленицима. Увођење дигиталних технологија и аутоматизованих система омогућава ефикаснију и прецизнију контролу процеса узгоја биљака, чиме се повећава успешност узгоја и принос.

2. СЕНЗОРИ И ПРИКУПЉАЊЕ ПОДАТАКА У СТАКЛЕНИЦИМА

Модеран узгој биљака у стакленицима све више се ослања на аутоматизоване технологије и прикупљање података. Сензори и системи за прикупљање података донели су револуционарне промене у области пољопривредне производње, посебно у узгоју биљака. Уз помоћ ових

технологија, узгајивачи могу прецизније да прате климу у стакленицима и стање биљака, оптимизују процесе узгоја и повећају принос.

Поглавље пружа преглед различитих врста сензора, као што су оптички, електрични, механички и сензори за мерење температуре. Поред тога, детаљно се разматрају процедуре инсталације и оптимално постављање сензора како би се обезбедило поуздано и репрезентативно прикупљање података.

2.1. Откривање и праћење параметара околине (нпр. температура, влажност, интензитет светлости итд.)

Кључни елемент ефикасног узгоја биљака у стакленицима је одржавање оптималне микроклиме. У ту сврху је неопходно пратити и контролисати различите параметре околине, као што су температура, влажност, интензитет светлости, јачина ветра и други климатски фактори. Уз помоћ сензора и детектора, ови параметри се могу континуирано и прецизно мерити, омогућавајући регулисање окружења у стакленику на основу прикупљених података.

Сензори за температуру прате температуру ваздуха, што је од критичног значаја за развој биљака. Сензори за влажност омогућавају праћење влажности ваздуха, што утиче на процесе транспирације и апсорпцију воде код биљака. Сензори за интензитет светлости прате количину сунчеве светлости која улази у стакленик, што је такође од суштинског значаја за фотосинтезу и метаболизам биљака. Ови подаци се прикупљају и бележе, омогућавајући узгајивачима да анализирају податке и по потреби регулишу климу како би биљке могле да расту у најбољим могућим условима.

2.2. Откривање параметара биљака (нпр. влажност земљишта, стрес биљака, ниво хранљивих материја итд.)

За успешну производњу биљака није довољно само праћење параметара околине; неопходно је и мониторингање стања и развоја биљака. У овом случају, важни су сензори за мерење влажности земљишта, нивоа хранљивих материја, биљног стреса и других параметара биљака.

Сензори за влажност земљишта омогућавају мерење садржаја влаге у земљишту, што је од суштинског значаја за постављање одговарајућих система за наводњавање и управљање водним ресурсима. Сензори за хранљиве материје прате ниво хранљивих материја у земљишту, што помаже у оптимизацији додатка хранљивих материја, тако да биљке добијају одговарајућу количину и врсту хранљивих материја. Сензори за биљни стрес прате ниво стреса код биљака, што може бити рани сигнал за болести или утицаје околине.

Подаци генерисани сензорима интегришу се у дигиталне платформе, омогућавајући узгајивачима да у реалном времену прате стање и потребе биљака. Ово омогућава благовремене интервенције и оптималну негу биљака, повећавајући принос и смањујући ризике.

Технологија сензора и избор сензора су од суштинског значаја за ефикасно функционисање дигитализованих стакленика. У овом поглављу истражујемо доступне технологије и сензоре, као и њихове предности и ограничења.

При избору одговарајућих сензора морају се узети у обзир циљеви производње, врсте биљака, величина стакленика и очекивани подаци.

3. АУТОМАТСКА КОНТРОЛА И РЕГУЛАЦИЈА КЛИМЕ

Током традиционалне производње биљака, контрола климе и регулисање параметара околине често захтевају ручну интервенцију, што је временски захтевно и повећава ризик од људских грешака. Технологије за аутоматску контролу и регулацију климе омогућавају континуирано праћење климе у стакленику и аутоматску регулацију помоћу интелигентних алгоритама.

3.1. Интелигентна контрола климе и адаптивна регулација у стакленицима

Аутоматска контрола климе и адаптивна регулација револуционишу производњу биљака у савременим стакленицима. Интелигентна контрола климе омогућава аутоматску и континуирану регулацију параметара околине (температура, влажност, интензитет светлости итд.) на основу унапред подешених оптималних вредности. Адаптивна регулација подразумева сталну анализу података и флексибилно прилагођавање променљивим условима, тако да биљке увек расту у најпогоднијим условима.

За аутоматску контролу климе потребно је стално прикупљање података помоћу сензора и детектора. На основу информација прикупљених сензорима описаним у претходном поглављу, интелигентни контролни систем је у могућности да оптимизује климу. На пример, ако температура порасте, систем аутоматски покреће систем хлађења или вентилације како би спречио да биљке трпе од топлотног стреса. Ова врста аутоматизоване контроле климе значајно побољшава здравље биљака и успешност производње.

Аутоматизовани системи за грејање, хлађење и вентилацију

Аутоматизовани системи за грејање, хлађење и вентилацију кључни су за ефикасну и стабилну регулацију климе у стакленицима. Сензори стално прате параметре околине, а контролни систем аутоматски интервенише када параметри одступе од унапред дефинисаних вредности.

Аутоматски системи за грејање се укључују у случају хладног времена како би одржали оптималну температуру за биљке. Слично томе, аутоматски системи за хлађење се активирају да спрече прегревање, на пример током лета када температура може бити виша. Вентилациони системи обезбеђују проток свежег ваздуха, што је посебно важно за биљке, јер подстиче апсорпцију CO₂ и фотосинтезу. Аутоматизована контрола и регулација климе није само повољна за биљке, већ је и економична. Због уштеде енергије смањују се оперативни трошкови, а произвођачима се омогућава флексибилнија контрола и оптимизација производње.

3.2. Аутоматски одговор на промене у окружењу и оптимизација параметара

Аутоматска контрола климе не значи само повратак на унапред постављене вредности, већ омогућава и аутоматско реаговање на промене у окружењу. Сензори континуирано прате промене у окружењу, као што су временски услови или стање биљака. Ако су промене такве да могу утицати на развој биљака или оптималну микроклиму, контролни систем аутоматски реагује и регулише параметре околине.

Оптимизација параметара постаје могућа захваљујући дугорочном прикупљању података и анализи. Аутоматска контрола климе стално учи из података и прилагођава се променљивим условима узгоја. На тај начин систем може фино подесити параметре за оптималан раст и развој биљака.

Аутоматски одговор на промене у окружењу и оптимизација параметара помажу узгајивачима да боље разумеју потребе биљака и оптимизују процесе узгоја. Ефикасна контрола и регулација климе у стакленицима доприноси стабилнијој производњи и вишем приносу, уз минимизирање утицаја на животну средину и потрошње енергије.

4. ПРИМЕНА КЛИМАТСКИХ МОДЕЛА У ПРОГНОЗАМА

Да би се изборили са утицајем климатских промена и унапредили одрживи узгој биљака, савремена производња у стакленицима све више се ослања на примену климатских модела у прогнозама и симулацијама. Циљ поглавља „Примена климатских модела у прогнозама“ је да представи улогу и значај климатских модела у оптимизацији процеса узгоја у стакленицима и доношењу одлука.

Климатски модели су математички модели и симулациони системи који омогућавају моделовање функционисања и промена климатских система. Ови алати омогућавају предвиђање будућих климатских услова и промена у окружењу које у великој мери утичу на узгој биљака и микроклиму у стакленицима.

4.1. Климатски модели за стакленике и виртуелне симулације

Климатски модели и виртуелне симулације представљају револуционарне методе у предвиђању и оптимизацији микроклиме у стакленицима. Ови алати омогућавају узгајивачима да предвиде промене у окружењу и кроз симулације разумеју реакције биљака на различите климатске сценарије.

Климатски модели за стакленике су компјутерски модели који симулирају параметре окружења у стакленицима и биљне процесе. Напајани подацима са сензора, ови модели могу предвидети раст, развој и принос биљака у различитим климатским условима. Ово омогућава узгајивачима да креирају оптималне климатске услове и предвиде процесе узгоја.

Кроз виртуелне симулације, узгајивачи могу симулирати различите климатске сценарије, као што су екстремни топлотни таласи или хладни периоди, и посматрати како биљке реагују на њих. Ово омогућава узгајивачима да развију најбоље стратегије за контролу климе и припреме се за променљиве временске услове.

4.2. Интеграција података о временској прогнози и климатских модела

Интеграција података о временској прогнози и климатских модела представља значајан напредак у области производње биљака. Комбинација временских прогноза и климатских модела омогућава краткорочна и дугорочна предвиђања за климу у стакленицима.

Подаци о временској прогнози односе се на актуелне и очекиване временске услове у блиској будућности, док климатски модели дају одговоре на дугорочне климатске промене. Интеграцијом ових података, узгајивачи могу добити прецизније прогнозе о клими у стакленицима и будућим временским условима.

Захваљујући интегрисаним прогнозама, узгајивачи могу на одговарајући начин припремити стакленике за предстојеће временске промене и оптимизовати развој биљака правовременом контролом климе. Ово повећава ефикасност производње биљака и минимизира производне ризике.

4.3. Помоћ климатских модела у оптимизацији процеса узгоја и доношењу одлука

Климатски модели пружају значајну помоћ узгајивачима у оптимизацији процеса узгоја и доношењу одлука. Кроз прогнозе и симулације, узгајивачи добијају информације о реакцији биљака на различите климатске услове, што омогућава креирање најбољих стратегија за контролу климе.

Помоћу климатских модела, узгајивачи могу тестирати различите климатске сценарије у виртуелном окружењу, без ризиковања стварних биљака. Ово омогућава ефикасно планирање процеса узгоја и оптимизацију система за контролу климе.

На основу прогноза, узгајивачи могу правовремено интервенисати и спречити критичне ситуације као што су топлотни стрес или недостатак воде. Климатски модели такође доприносе еколошки прихватљивој производњи биљака, јер омогућавају креирање енергетски ефикасних система за контролу климе и оптимизацију управљања водом.

5. ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА И МАШИНСКО УЧЕЊЕ У СТАКЛЕНИЦИМА

На пољу узгоја биљака, аутоматизовани процеси и дигиталне технологије постају све заступљенији. Решења вештачке интелигенције (ВИ) и машинског учења (МУ) отварају нове димензије у узгоју у стакленицима. ВИ и МУ омогућавају узгајивачима да анализирају податке, спроводе интелигентну контролу климе и доносе адаптивне одлуке, што резултира ефикаснијим, успешнијим и одрживијим узгојем биљака.

5.1. Примена алгоритама машинског учења у анализи и тумачењу података

У савременим стакленицима накопља се велика количина података из сензора који непрекидно прате климу и стање биљака. Међутим, ови подаци сами по себи немају много вредности. У овом случају на сцену ступају алгоритми машинског учења.

Машинско учење је грана вештачке интелигенције која омогућава системима да уче из података без потребе за експлицитним програмирањем. Алгоритми машинског учења који се користе у анализи и тумачењу података могу препознати обрасце, идентификовати повезаности и правити предвиђања. На пример, уз помоћ алгоритама машинског учења, анализом података о узгоју из претходних година, можемо предвидети очекиване резултате приноса за наредну годину.

5.2. Примена вештачке интелигенције у контроли климе и оптимизацији

Примена вештачке интелигенције омогућава развој и оптимизацију система за контролу климе у стакленицима. ВИ системи континуирано прате и анализирају податке добијене из сензора и на основу тих података доносе одлуке у вези са контролом климе.

Алгоритми ВИ су способни да идентификују оптималне климатске потребе биљака у различитим фазама њиховог раста. На пример, биљке у млађем добу могу захтевати вишу температуру и влажност, док у каснијим фазама раста други параметри постају важнији. ВИ системи прикупљају ове информације и прилагођавају се актуелним потребама биљака, оптимизујући контролу климе за дате биљке.

5.3. Интелигентно доношење одлука и адаптивна контрола климе у стакленицима

Примена ВИ и ГТ омогућава интелигентно доношење одлука и адаптивну контролу климе у стакленицима. ВИ алгоритми континуирано анализирају податке о биљкама и параметрима животне средине, и на основу добијених информација подешавају системе за контролу климе.

Интелигентно доношење одлука омогућава системима за контролу климе да брзо и ефикасно реагују на променљиве услове околине. На пример, када спољна температура нагло порасте, ВИ систем је у стању да аутоматски укључи систем за хлађење и оптимизује вентилацију како би заштитио биљке од топлотног стреса.

Адаптивна контрола климе омогућава систему да учи и прилагођава се променљивим условима околине и стању биљака. ВИ и ГТ алгоритми континуирано ажурирају моделе и механизме доношења одлука, што резултира оптимизованом и ефикасном контролом климе и максимизирањем резултата производње.

Улога ВИ и ГТ у стакленицима расте, што је од кључног значаја за подстицање одрживе, ефикасне и успешне производње биљака. Захваљујући интелигентном доношењу одлука и адаптивној контроли климе, произвођачи су у могућности да прецизније задовоље потребе биљака и минимизирају утицај на животну средину, што доводи до дугорочног успеха у биљној производњи.

6. МИКРОКЛИМА У СТАКЛЕНИЦИМА И ПРОДУКТИВНОСТ

Микроклима у стакленицима је један од најважнијих фактора за успешну и ефикасну производњу биљака. Одговарајуће формирање и оптимизација микроклиме кључни су за ефикасан раст биљака, већи принос и производњу висококвалитетних производа. У овом поглављу ћемо детаљно испитати утицаје микроклиме у стакленицима на раст и продуктивност биљака, као и начине оптимизације микроклиме за различите биљне врсте и стратегије избора сорти. Поред тога, истражићемо утицај микроклиме на квалитет и нутритивну вредност усева, наглашавајући значај производње здравијих и хранљивијих производа.

6.1. Утицај микроклиме на раст и производњу биљака

Микроклима у стакленицима игра кључну улогу у расту и развоју биљака. Температура, влажност, светлосна интензитет и концентрација CO₂ су фактори од критичног значаја за фотосинтезу и прераду хранљивих материја код биљака.

Оптимална температура и влажност обезбеђују адекватне услове за фотосинтезу. Правилна светлосна интензитет је такође од виталног значаја за фотосинтезу, јер биљке користе светлост од сунчеве енергије да би воду и угљен-диоксид претвориле у глукозу и кисеоник. Одговарајућа концентрација CO₂ је такође неопходна за оптимално функционисање фотосинтезе.

Стварање оптималне микроклиме омогућава биљкама да ефикасно користе енергију и хранљиве материје за раст и развој. Као резултат, произвођачи могу очекивати веће приносе и здравије биљке.

Оптимизација микроклиме за различите биљне врсте и стратегије избора сорти

Различите биљне врсте имају различите захтеве у вези са микроклимом. Неким биљкама је потребна виша температура и нижа влажност, док друге преферирају хладније окружење и вишу влажност. Захтеви за светлом и толеранција на CO₂ такође могу да се разликују међу различитим биљним врстама.

Произвођачи треба пажљиво да проуче захтеве биљних врста у вези са микроклимом и да их узму у обзир приликом избора сорти. Обезбеђивање оптималне микроклиме у складу са потребама одређених биљака значајно повећава ефикасност производње и принос.

Захваљујући напредним сензорским технологијама и прикупљању података, произвођачи могу да прате бројне параметре, као што су влажност тла, температура и интензитет светлости. Анализа и интерпретација података омогућавају прецизније формирање микроклиме у складу са потребама биљака.

6.2. Утицај микроклиме на квалитет и хранљиву вредност усева

Микроклима не само да утиче на раст и продукцију биљака, већ и на квалитет и хранљиву вредност усева. Температура, интензитет светлости и влажност могу утицати на боју, укус, садржај хранљивих материја и текстуру производа.

Обезбеђивање оптималне микроклиме омогућава производњу висококвалитетних производа, што чини производе привлачнијим за потрошаче. Производи са одговарајућом хранљивом вредношћу повећавају конкурентност произвођача на тржишту и доприносе доступности здравије хране.

Важно је нагласити колико је битно оптимално успостављање и управљање микроклимом у пластеницима за успешну производњу биљака. Обезбеђивање оптималне микроклиме омогућава ефикасан раст биљака, веће приносе и производњу висококвалитетних и хранљиво богатих производа, што доприноси одрживој производњи и доступности здравије хране.

О односу микроклиме и заштите биљака можете прочитати више у теми 8.

7. Одрживо коришћење енергије и климатске промене

Питања одрживог коришћења енергије и климатских промена изузетно су важна за одрживост производње биљака и стакленика. У овом поглављу ћемо размотрити енергетски ефикасна решења и одрживе изворе енергије који помажу у смањењу потрошње енергије и еколошког отиска стакленика. Такође, испитаћемо утицаје климатских промена на микроклиму у стакленицима и стратегије прилагођавања овим променама. На крају, представимо улогу микроклиме у стакленицима у суочавању са изазовима климатских промена.

7.1. Енергетски ефикасна решења и одрживи извори енергије у стакленицима

Традиционални стакленици троше значајну количину енергије, посебно за грејање и осветљење. Међутим, смањење потрошње енергије и коришћење одрживих извора енергије омогућавају побољшање одрживости стакленика.

Енергетски ефикасна решења укључују ефикасну топлотну изолацију, технологије које користе соларну енергију, примену ЛЕД осветљења и изградњу енергетски ефикасних система за

грејање и хлађење. Ова решења смањују потрошњу енергије и помажу у минимизирању утицаја на животну средину.

Одрживи извори енергије укључују соларну енергију, енергију произведену ветропарковима, као и геотермалну енергију. Коришћење обновљивих извора енергије доприноси одрживости стакленика и смањењу емисије гасова са ефектом стаклене баште.

Утицај климатских промена на микроклиму стакленика и адаптационе стратегије

Климатске промене већ сада имају приметан утицај на микроклиму стакленика. Глобално загревање, екстремни временски догађаји и промене у количини падавина све више утичу на услове за раст биљака и микроклиму у стакленицима.

Развијање адаптивних стратегија је од суштинског значаја за суочавање са ефектима климатских промена. Уз помоћ сензора и технологија за прикупљање података, узгајивачи могу континуирано надгледати микроклиму и климатске промене. Ово омогућава узимање у обзир временских прогноза и адаптивну контролу климе како би се прилагодили променљивим условима околине.

Улога микроклиме у стакленицима у суочавању са изазовима климатских промена

Микроклима у стакленицима је од кључног значаја за суочавање са изазовима климатских промена. Обезбеђивање оптималне микроклиме омогућава ефикасан раст и производњу биљака, чак и у условима изазваним климатским променама.

Примена енергетски ефикасних решења и одрживих извора енергије смањује утицај стакленика на животну средину и доприноси борби против климатских промена. Са микроклимом подешеном према потребама различитих врста биљака и помоћу адаптивне контроле климе, узгајивачи ће бити у стању да ефикасно управљају изазовима које доносе климатске промене.

8. ИЗВОРИ

- <https://greenhouseemporium.com/how-to-set-up-hydroponics-in-a-greenhouse/>
- <https://www.growspan.com/news/understanding-your-greenhouse-watering-system-and-irrigation-management/>
- <https://www.dripworks.com/blog/how-to-install-drip-irrigation-in-a-greenhouse>
- <https://greenhouseinfo.com/how-build-greenhouse-drip-irrigation-system/>
- <https://greenhouseessentials.com/innovative-watering-systems-for-greenhouses-drip-irrigation-vs-misting/>
- <https://www.gardenandgreenhouse.net/articles/greenhouse-articles/drip-irrigation-for-greenhouses/>
- <https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/tudasbazis-muszaki-projektek/viztiszitasi-technologiak-a-kerteszetekben>
- <https://gremonsystems.com/hu/termekek/trutina/>

6. ПРЕЦИЗНА ЗАЛИВАЊА

Аутори:

- Турош Ласло Жолт - Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (ориг. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem)
- Хорват Золтан - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

1. Увод

Прецизни системи за наводњавање најчешће користе интелигентне системе за наводњавање, који користе технологију и анализу података за оптимизацију употребе воде и побољшање ефикасности наводњавања биљака и травњака. Ови системи превазилазе традиционалне методе наводњавања користећи различите сензоре и алгоритме управљане подацима како би донели паметне, утемељене одлуке о томе када, где и колико наводњавати.

За разлику од традиционалних система за наводњавање, који се често ослањају на фиксне распоред или ручна подешавања, интелигентни системи за наводњавање користе различите компоненте и изворе података за оптимизацију употребе воде и побољшање ефикасности процеса наводњавања. Интелигентни системи за наводњавање представљају одличан начин за аутоматизацију и оптимизацију процеса наводњавања, штедећи воду, време и новац, уз истовремено очување здравих биљака.

Користећи анализу података и адаптивно наводњавање, ови системи могу значајно смањити расипање воде, што има позитиван утицај на животну средину и доводи до уштеде трошкова за кориснике.



2. НАВОДЊАВАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ ХРАНЉИВИМ МАТЕРИЈАМА

Пре него што почнемо да разматрамо технологије наводњавања које се користе у стакленицима, важно је поменути два суштинска елемента наводњавања:

Вода за наводњавање

Системи за наводњавање који ће бити наведени касније спадају у категорију микронаводњавања, код којих је веома важан квалитет воде за наводњавање. Ако количина чврстих честица у суспензији прелази концентрацију од 100 ppm, постоји висок ризик од зачепљења, у том случају груби филтери имају задатак да уклоне физичке нечистоће. Од хемијских својстава воде за наводњавање, кисела реакција ($\text{pH} < 7$) је пожељнија. Важно је да садржај гвожђа и мангана не прелази вредност од 1,5 mg/l. Код вода са базном реакцијом ($\text{pH} > 8,0$), зачепљења су чешћа. Биотички захтев је низак микробиолошки загађај (< 10000 јединки/ml).

Хранљиве материје

Према томе, колико се елемената налази у биљкама, хранљиве материје се деле на макро, мезо, микро и трагове елемената:

Макроелементима се сматрају хранљиве материје које се налазе у биљкама у концентрацији већој од 0,1%. Макроелементи укључују три главна не-минерална хранљива: угљеник, кисеоник и водоник, од којих се углавном састоји биљни организам. Биљке ове елементе углавном увек могу да апсорбују из ваздуха и воде у довољним количинама. Класично, међу макроелементе спадају минерални елементи азот, фосфор и калијум. Према концентрацији, међу есенцијалним елементима макроелементима се сматрају и калцијум, магнезијум и сумпор. Ова три елемента се у литературама често називају мезоелементима.

Са аспекта гајења биљака, есенцијални елементи који се налазе у концентрацији мањој од 0,1% у биљкама сматрају се микроелементима. Ово укључује бор, гвожђе, манган, цинк, бакар, молибден, хлор, никл и кобалт. Трагови елемената су присутни у веома малим концентрацијама, обично мањим од 0,4-0,5%, а међу њима су селен, титанијум, цезијум, литијум, флуор, јод, бром и ванадијум.

Раствори хранљивих материја

У хидропонској производњи, минерални хранљиви елементи се примењују у облику хранљивих раствора, који се уносе кроз систем за наводњавање. За ову намену развијена су водорастворљива ђубрива, позната као наводњавајућа или хранљива ђубрива. Ова ђубрива се користе искључиво за примену у наводњавању и фолијарну прихрану због њихове више цене.

Критеријум за ова ђубрива је да након растварања у води не сме остати више од 0,02% нерастворљивих материја, како би се избегло запушавање филтера у системима микронаводњавања. Ако је садржај нерастворљивих остатака већи, говоримо о ђубривима са ниским садржајем нерастворљивих материја, која често садрже калцијумове талог. Након темељног филтрирања, ова ђубрива могу се користити и за наводњавање. Ђубрива са значајном количином седимената нису погодна за примену кроз системе за наводњавање, иако су јефтинија, али нису одговарајућа за хранљиве растворе.

Ћубрива

Према свом саставу, разликујемо појединачна или тзв. моно-, сложена и комплексна ѣубрива.

Моно ѣубрива садрже једињење које садржи само један или више хранљивих елемената као активну супстанцу. Међу ѣубривима (нпр. урее, амонијум-нитрат, калијум-сулфат, суперфосфат, калцијум-нитрат, разни микроелементни хелати) и неорганским ѣубривима природног порекла (нпр. млевени кречњак и доломит, гипс, елементарни сумпор) можемо наћи многе такве материјале. Предност моно ѣубрива је што су релативно јефтина и њиховом комбинацијом можемо формирати жељени однос хранљивих материја, док је мана што је при њиховој примени неопходно посебно обратити пажњу на надокнаду мезо- и микроелемената, што захтева озбиљно стручно знање.

Комплексна ѣубрива садрже читав низ есенцијалних хранљивих елемената као активну супстанцу, те су погодна за фертигацију засада. Ћубрива која су у потпуности растворљива у води, а која се користе у ове сврхе, због добро познате тенденције стварања талога, углавном не садрже калцијум, али их у пракси и даље сматрамо комплексним. Њихова предност је што се њиховом употребом, чак и при нижем технолошком и стручном нивоу, може безбедно обезбедити надокнада мезо- и микроелемената за засаде. Њихова мана је релативно висока цена и фиксни однос хранљивих материја који је присутан и код сложених ѣубрива.

3. ГЛАВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И СТРУКТУРА СИСТЕМА ЗА НАВОДЊАВАЊЕ

У хидропонском узгоју, ѣубрење раствором хранљивих материја и наводњавање не могу се раздвојити, јер је посредник ѣубрења вода за наводњавање. Најважније карактеристике раствора хранљивих материја су електрична проводљивост (ЕС) и рН вредност. Електрична проводљивост је пропорционална садржају растворених хранљивих материја, а њена јединица мере је mS/cm, са просечним вредностима између 2 и 3, у зависности од врсте биљке, што одговара концентрацији од 2-3 g/l. рН вредност раствора хранљивих материја обично се подешава на вредности ниже од 6. Захваљујући оптимизацији стратегије наводњавања, могуће је уштедети до 15% воде и ѣубрива.



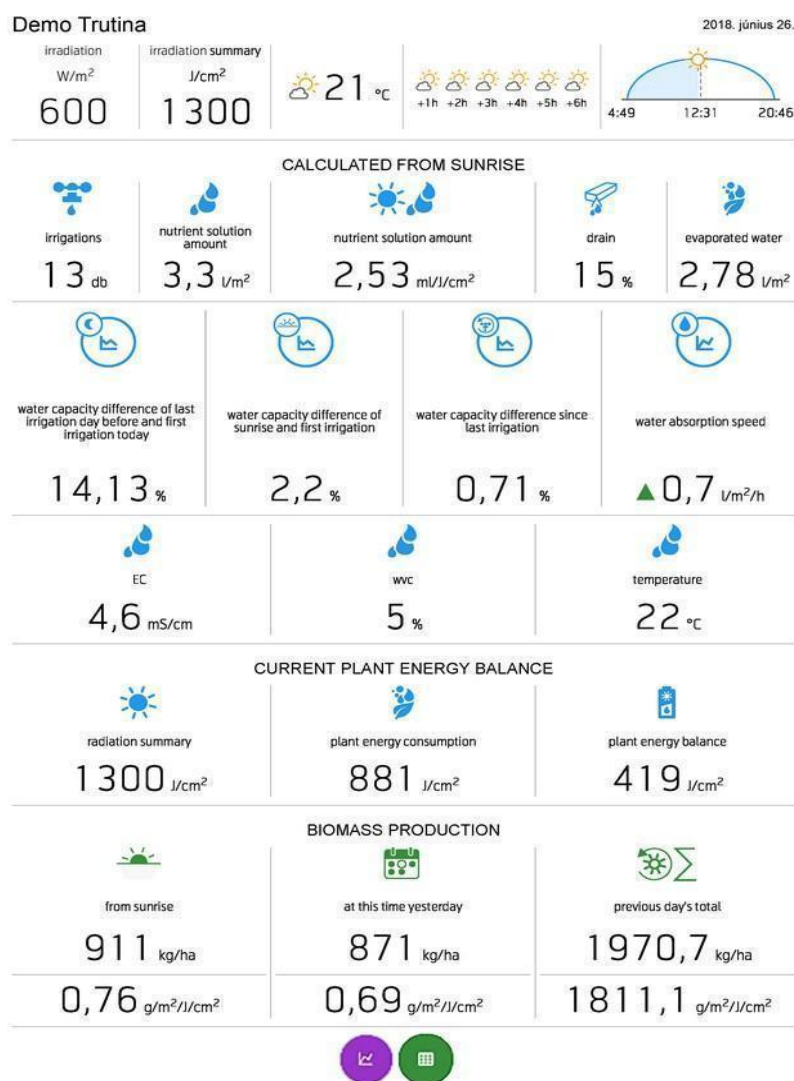
извор: <https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/tudasbazis-muszaki-projektek/viztisztitasi-technologiak-a-kerteszetekben>

Систем за наводњавање и ѣубрење раствором хранљивих материја треба да има следеће карактеристике: двоструки систем филтрације (100 и 300 микрона), пумпу за чисту воду и

системску пумпу, велики мешаони резервоар (стабилан pH), двоструко мерење и контролу ЕС и pH вредности, управљање са више рецепата хранљивих раствора, могућност рада као независна јединица и старт наводњавања на основу мерења светлости.

Делови управљања наводњавањем и хранљивим материјама обично укључују следеће:

- Мерење биомасе, које подржава доношење одлука у узгоју на основу стварног времена посматрања биљне биомасе са што већом прецизношћу.
- Мерење дренажне воде (вода која се испушта из супстрата) и континуирано мерење карактеристика раствора хранљивих материја (ЕС, pH и температура).
- Компатибилност са паметним телефонима, где су најважније мере доступне у стварном времену на било ком мобилном оперативном систему.
- Систем упозорења који аутоматски шаље поруку кориснику ако неки параметар падне испод одређеног нивоа.



извор: <https://gremonsystems.com/hu/termekek/trutina/>

Суштина прецизних система за наводњавање је тежња ка постизању савршеног наводњавања. Већ на самом почетку можемо изјавити да савршено наводњавање не постоји, већ само тежња

ка његовом остварењу. Већина произвођача који се баве наводњавањем у својим лабораторијама покушавају решити новим и новим експериментима начине за што прецизније испоруке воде.



извор: <https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/altalanos-noevenytermesztes/mi-a-kueloenbseg-a-kozetgyapotos-es-a-kokuszrostos-termesztes-koezoett> (?)

Код горњег наводњавања, које се спроводи помоћу прскалица постављених у датом стакленику, чак и ако су параметри задати од стране произвођача, не можемо постићи 100% равномерност распршивања. Системи капањем функционишу са много ефикаснијом испоруком воде. Постојећи системи за наводњавање могу се лако побољшати уз малу инвестицију, чиме се постиже много прецизније наводњавање.

5. ТИПОВИ СИСТЕМА ЗА НАВОДЊАВАЊЕ У СТАКЛЕНИЦИМА

Микро прскалице за горње наводњавање



извор: <https://www.growspan.com/news/understanding-your-greenhouse-watering-system-and-irrigation-management/>

Приликом планирања горњег наводњавања у стакленику, унапред је потребно одредити које биљке, којом технологијом и у којем типу стакленика желимо да спроведемо горње наводњавање или овлаживање.

Горње наводњавање микро прскалицама за равномерно наводњавање осетљивих биљака

За узгој главичасте салате, ротквице на земљишту без додатног капајућег система или за узгој садница у тацнама, неопходна је највећа могућа равномерност наводњавања од 92-95%. Ове биљке одмах показују и најмање неравномерности у наводњавању.

Самостално горње наводњавање за мање осетљиве биљке:

Ретко се користи самостално, јер због потребе за хранљивим раствором и одржавања сувог лишћа, произвођачи често допуњују систем капајућим тракама. На пример, наводњавање паприке и купусњача. Цена и трошкови капајуће траке се вишеструко исплате њеном применом.



извор: <https://www.agricolplast.it/irrigazione-ad-aspersione-per-agricoltura/>

Прскалице у пластеницима се углавном користе пре садње за влажност земљишта, као и током садње и касније за свакодневно освежавајуће наводњавање 3-4 пута дневно. Ово се назива овлаживањем у стакленицима, али у овом случају вода залива земљиште, док при овлаживању ваздуха, вода не сме доћи у контакт са земљиштем.

Капајуће наводњавање у стакленицима

Наводњавање кап по кап у пластеницима постаје све популарнији и ефикаснији метод за наводњавање биљака. Овај метод омогућава да се вода директно допрема у коренску зону биљака, чиме се смањује расипање воде и повећава ефикасност наводњавања.



извор: <https://greenhouseinfo.com/how-build-greenhouse-drip-irrigation-system/>

Предности система за наводњавање кап по кап укључују могућност прецизног регулисања учесталости и количине наводњавања, чиме се оптимизује раст биљака и смањује ризик од прекомерног или недовољног наводњавања. Поред тога, пошто се вода директно допрема у коренску зону, смањује се ризик од болести и раста корова. Наводњавање кап по кап је ефикасан алат за смањење ширења патогена и раста корова, јер не влажи лишће, што може створити повољно окружење за гљивичне и бактеријске болести.



Цев са крутим зидовима за наводњавање кап по кап, током рада

Међутим, трошкови инсталације и одржавања система за наводњавање кап по кап могу представљати изазов. Постављање система захтева финансијска улагања, као што су цеви,

капалице, филтери и контролни уређаји, као и трошкове радне снаге током инсталације. Поред тога, капалице и филтери могу се зачепити, што смањује ефикасност система, па је потребно редовно одржавање и чишћење.



Неки усеви, посебно они који развијају плитке коренске системе или захтевају високу влажност ваздуха, не добијају увек исте предности применом система за наводњавање кап по кап. Важно је упознати се са специфичним потребама биљака пре него што донесемо одлуку о типу система за наводњавање.

Наводњавање у системима за узгој биљака без земље

У системима за узгој биљака без земље, као што су хидропонски системи, примењују се различите методе наводњавања. Међу њима је и дубоководна култура, која је одлична за узгој мањих биљака, попут салате. У овом систему корење биљака је потпуно прекривено хранљивим раствором, стога је веома важно водити рачуна о садржају кисеоника у раствору.

Систем капљичног наводњавања, сличан традиционалном капљичном наводњавању, омогућава рециклажу вишка воде, чиме се повећава ефикасност наводњавања. Овај систем се састоји од засебних резервоара за воду, пумпи и малих цеви које хране биљке у одређеним интервалима.

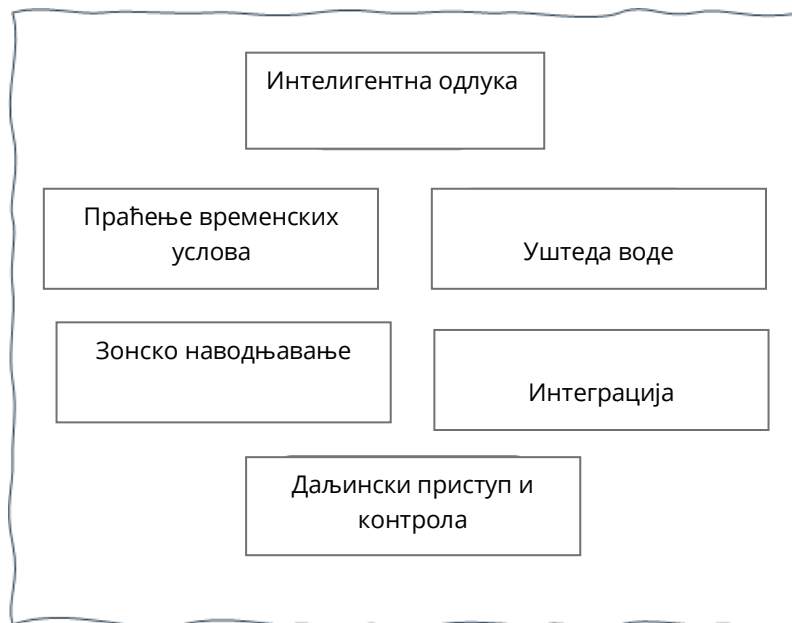
Још један уобичајени метод је техника хранљивог филма (NFT), у којој биљке стално добијају хранљиве материје кроз циркулисану воду.

Аеропонски систем користи мање воде, јер се корење биљака налази у ваздуху и прска се хранљивим раствором.

Приликом постављања хидропонских система, важно је познавати одговарајуће светлосне услове, контролисати концентрацију и pH вредност хранљивог раствора, као и обогаћивати воду кисеоником. Трошкови система варирају у зависности од изабраног типа и величине.

6. ГЛАВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИНТЕЛИГЕНТНИХ СИСТЕМА ЗА НАВОДЊАВАЊ

Праћење временских услова:	Интелигентни системи за наводњавање често су опремљени сензорима за праћење времена или су повезани са онлајн метеоролошким сервисима. Пратећи временске услове у реалном времену, систем може прилагођавати распоред наводњавања на основу актуелних и предвиђених временских услова. На пример, ако је облачно, систем може одложити наводњавање како би избегли непотребно трошење воде.
Интелигентно доношење одлука:	Јединица за доношење одлука анализира податке са различитих сензора и користи их за одређивање оптималног распоред наводњавања и трајања за поједине зоне система наводњавања на основу предвиђених или актуелних временских услова.
Наводњавање по зонама:	Интелигентни системи за наводњавање обично су подељени на више зона, при чему свака зона представља одређени део површине са различитим потребама за водом. Оваква подела омогућава да се вода усмери на одређена подручја, чиме се спречава претерано наводњавање у једним и недовољно наводњавање у другим подручјима.
Даљински приступ и контрола	Многи интелигентни системи за наводњавање нуде даљински приступ путем мобилних апликација или веб интерфејса. Ово омогућава корисницима да надгледају и контролишу систем за наводњавање са било ког места, уз могућност прилагођавања по потреби. На пример, ако корисник примети да одређено подручје добија превише или премало воде, може ручно прилагодити подешавања преко апликације.
Штедња воде:	Примарни циљ интелигентних система за наводњавање је уштеда воде путем ефикасније употребе. Користећи податке у реалном времену и интелигентне алгоритме, ови системи могу смањити расипање воде.
Интеграција са системима паметне куће:	Неке интелигентне системе за наводњавање могу се интегрисати са већим системима паметне куће, што омогућава комуникацију са другим паметним уређајима у дому. На пример, могу се координирати са сензорима за осветљеност да спрече наводњавање током облачних дана или са сензорима за влажност како би подесили наводњавање на основу атмосферских услова.



7. СТРУКТУРА ИНТЕЛИГЕНТНОГ СИСТЕМА ЗА НАВОДЊАВАЊЕ

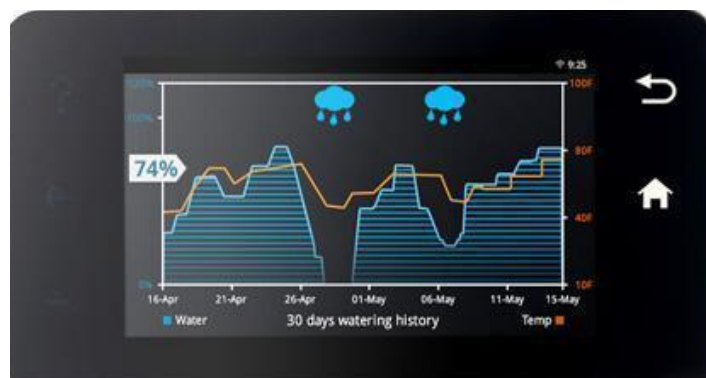
Интелигентни систем за наводњавање обично се састоји од више кључних компоненти које раде заједно ради оптимизације коришћења воде и аутоматизације процеса наводњавања. Ове компоненте могу варирати у зависности од конкретног бренда и модела система.



Интелигентна структура система за наводњавање

Паметни контролер: Интелигентни системи за наводњавање користе паметне контролере који функционишу као централни мозак система. Ови контролери примају улазне податке од сензора за време и климу, сензора за влагу у земљишту и других повезаних уређаја. Уз помоћ алгоритама и анализе података, контролери креирају оптимизоване распореде наводњавања на основу климатских услова, нивоа влаге у земљишту/субстрату и типова биљака.

Сензори за време: Сензори за време, као што су сензори за кишу, смер и брзину ветра, атмосферски притисак и температурни сензори, пружају реалне временске податке паметном контролеру. Ове информације су од пресудног значаја за унутрашњу климатску контролу и оптимално снабдевање водом.



ГКИ сензора за време

Сензори за влагу у земљишту: Сензори за влагу у земљишту су основни елементи интелигентних система за наводњавање. Ови сензори мере ниво влажности у земљишту. Сензори су постављени у земљишту или кореновом медијуму и обезбеђују податке интелигентном контролеру о томе колико је земљиште суво или влажно у одређеним зонама. Подаци помажу систему да одреди када је потребно наводњавање и са колико воде.



Сензор за влажност земљишта

Сензори протока: Сензори протока прате брзину протока воде кроз систем за наводњавање. Они помажу у откривању цурења или других проблема у систему и обезбеђују драгоцене податке за праћење и очување употребе воде. Поред тога, систем може аутоматски зауставити довод воде ако открије цурење, чиме спречава губитак воде.



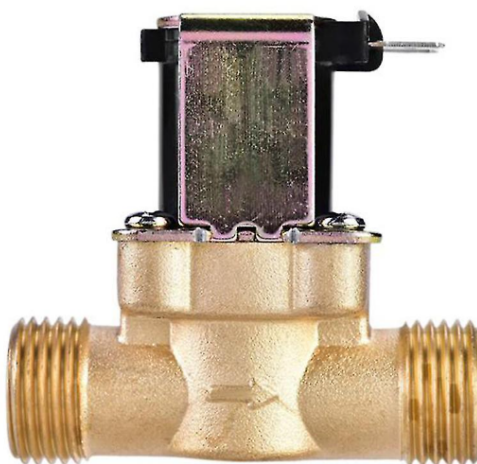
Сензор протока

Водена пумпа: Често су неопходне у системима за наводњавање, али нису свуда потребне.



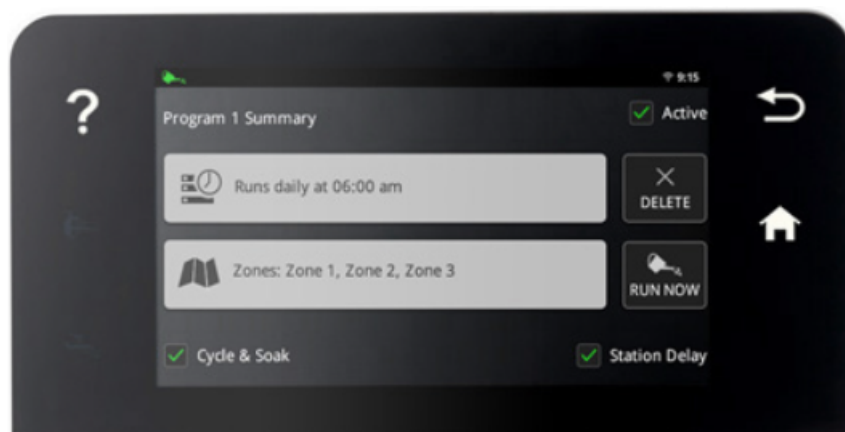
Постоје различити типови. Често коришћена је потапајућа пумпа, која је дизајнирана за потапање у воду. Обично се користи у бунарима и другим дубоким воденим резервоарима.

Вентили: Вентили регулишу проток воде у различитим зонама система за наводњавање. Свака зона обично има свој вентил, који омогућава усмеравање воде на одређене области. Паметни контролер комуницира са вентилима и отвара или затвара их према распореду наводњавања.



Електронски управљани вентил

Кориснички интерфејс: Већина паметних система за наводњавање има графички приказ, који може бити екран осетљив на додир, мобилна апликација или веб интерфејс. Овај интерфејс омогућава корисницима да даљински надгледају и контролишу систем. Преко апликације или интерфејса, корисници могу да мењају распореде наводњавања, прегледају историју наводњавања и подешавају поставке система.



кориснички интерфејс

Уређај за наводњавање специфичан за зону: У традиционалним системима за наводњавање користе се уређаји за наводњавање специфични за зону, као што су прскалице, капаљке или ротационе млазнице, за довођење воде до различитих делова пејзажа. У паметним системима за наводњавање ови уређаји се обично налазе и раде заједно са паметним контролером како би обезбедили прецизно и ефикасно наводњавање.



систем за капљично наводњавање

Интерфејс за повезивање: Паметни системи за наводњавање могу се повезати путем жичних или бежичних опција за повезивање са системима за контролу климе, одакле могу добијати софтверске надоградње и интегрисати се са паметним кућним системима и другим уређајима. Ови компоненти раде заједно како би створили паметан и ефикасан систем за наводњавање који оптимизује коришћење воде и одржава здравље биљака. Поред тога, неки системи могу имати додатне функције као што су интеграција са временским услугама и гласовна контрола путем виртуелних асистената ради даљег очувања и управљања водом.

8. ИЗВОРИ

<https://greenhouseemporium.com/how-to-set-up-hydroponics-in-a-greenhouse/>

<https://www.growspan.com/news/understanding-your-greenhouse-watering-system-and-irrigation-management/>

<https://www.dripworks.com/blog/how-to-install-drip-irrigation-in-a-greenhouse>

<https://greenhouseinfo.com/how-build-greenhouse-drip-irrigation-system/>

<https://greenhouseessentials.com/innovative-watering-systems-for-greenhouses-drip-irrigation-vs-misting/>

<https://www.gardenandgreenhouse.net/articles/greenhouse-articles/drip-irrigation-for-greenhouses/>

<https://royalbrinkman.hu/tudasbazis/tudasbazis-muszaki-projektek/viztisztitasi-technologiak-a-kerteszetekben>

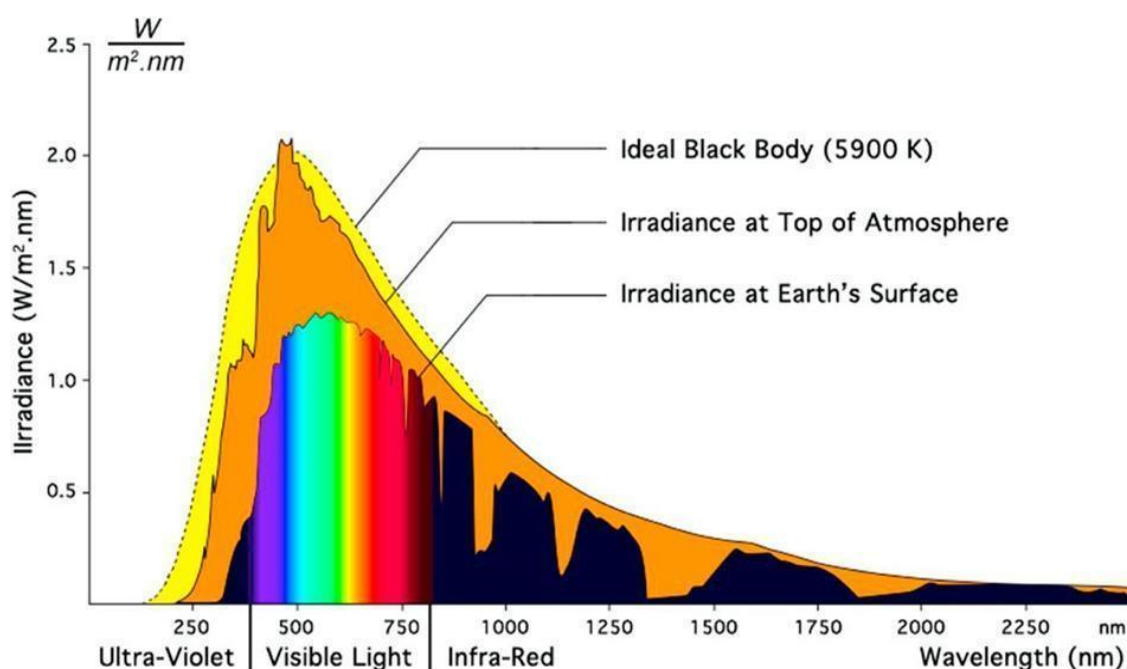
<https://gremonsystems.com/hu/termek/trutina/>

7. ДИГИТАЛИЗАЦИЈА ВЕШТАЧКОГ ОСВЕТЉЕЊА У СТАКЛЕНИЦИМА

Аутор : Пек Золтан - Мађарски универзитет за пољопривредне и животне науке (ориг. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)

1. УЛОГА СВЕЛОСТИ У ЖИВОТУ БИЉАКА

Светлост називамо део електромагнетног зрачења видљивог (visible, VIS) таласне дужине који је видљив људском оку (400–780 nm), чији су истакнути спектри: 400–420 nm – љубичаста; 420–490 nm – плава; 490–540 nm – зелена; 540–640 nm – жута; 640–780 nm – црвена. Исти тај опсег има активну улогу у фотосинтези биљака. **Фотосинтеза** је биохемијски процес у којем организми користе енергију сунчеве светлости да би из неорганских материја створили органске материје (1). Испитујући интензитет сунчевог зрачења који стиже до земље по таласној дужини, утврђено је да је у овом видљивом опсегу зрачење најинтензивније (2). Дакле, биљке су се развиле тако да могу искористити најинтензивније зрачење (Слика 1). Ово се назива фотосинтетички активно зрачење (Photosynthetically Active Radiation - **PAR**).



Слика 1. Целокупан спектар сунчевог зрачења на површини Земље и на врху атмосфере (2)

Из спектра зрачење енергије Сунца, око 40-48% чини фотосинтетички активно зрачење, које зависи од карактеристика атмосфере (облачност, релативна влажност, загађење ваздуха) и географске локације (географска ширина). Преосталих око 52-60% зрачење енергије углавном је дуготаласно топлотно зрачење у инфрацрвеном опсегу (IR). Поред тога, ултравиолетно зрачење (UV) такође има биолошку активност (3).

Орган биљака који се развио за искоришћавање светлости је лист, чија величина и положај одређују колико светлосног зрачења могу апсорбовати. Величина листа се изражава површином листа (leaf area - LA). Биљка у оптималним условима може искористити више светлости што је већа површина њених листова. Међутим, у биљном склопу, повећање површине листа повећава искоришћавање светлости само до одређене границе, јер прекомерно међусобно сенчење биљака смањује апсорпцију светлости. У биљном склопу,

површину листа треба одредити не само у апсолутним вредностима, већ и у односу на простор за раст (At). Овај однос назива се индекс површине листа ($LAI=LA \cdot At^{-1}$). У зависности од врсте биљке, повећање индекса површине листа повећава искоришћавање светлости само до одређене границе, након чега се јавља само сенчење, односно доњи листови не добијају довољно светлости за фотосинтезу (4).

Различите биљне врсте имају различите потребе за светлошћу. Приликом испитивања потребе за светлошћу, поред количине осветљења, треба узети у обзир и трајање светлосног дејства на биљке. Врсте које захтевају више светлости укључују: парадајз, паприку, лубеницу и дињу. Средње захтевне врсте су: купус, кељ, пасуљ, цвекла и лук. У сенку толерантне врсте су: целер, шаргарепа и рабарбара. Данас је за већину узгајаних врста поврћа позната потреба за светлошћу, коју изражава DLI (Daily Light Integral), количина фотона која доспе на одређену површину у току једног дана (дневни интеграл светлости), са мерном јединицом $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, која се може израчунати из података савремених сензора за мерење светлости ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) (5). На пример, за узгој светлосно захтевних биљака као што су паприка или парадајз, потребно је минимум $22 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, док за мање захтевну ледну салату потребно је $11.5 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ (6–9).

Реакције биљака на однос времена проведеног у светлости и у тами називају се фотопериодизам. Развојне карактеристике које су под утицајем фотопериодичне регулације укључују цветање, стање мировања пупољака и старење листова. Са овог аспекта могу се разликовати три групе (10):

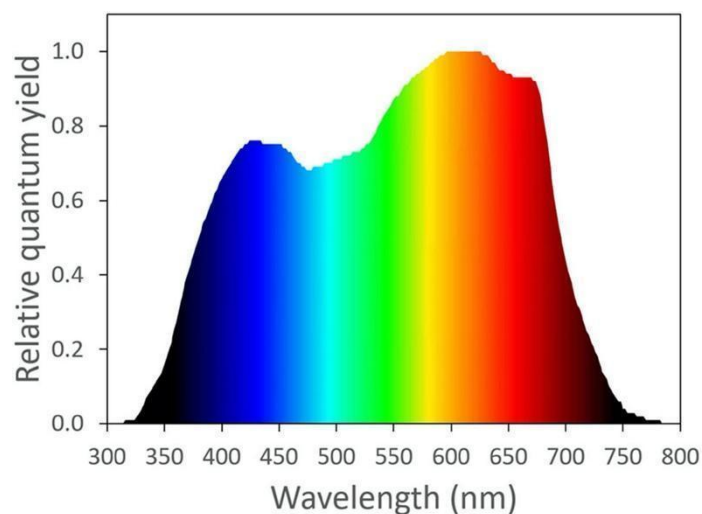
1. Биљке кратког дана формирају цветне пупољке када је дневни фотопериодус највише 12 сати. Дужи фотопериоди спречавају или потпуно заустављају формирање цветова. Од гајених биљака, у ову групу спадају: соја и слатки кромпир.
2. Биљке дугог дана формирају цветне пупољке када је дневни фотопериодус најмање 9-14 сати, али што је фотопериодус дужи од критичне вредности, формирање цветова је брже. Овде спадају: грашак, спанаћ, ротквица и кинески купус.
3. Биљке које су неутралне према дужини дана развијају се независно од дужине дана и називају се афотопериодичне биљке. Неки сорти биљака могу бити краткодневне, док су друге сорти истих биљака дугодневне. Такве су: салата и парадајз.

Ове групе се могу наћи унутар истих биљних врста, па је при избору сорте неопходно знати која сорта је погодна за одређени период узгоја или дужину осветљења (11).

Осветљење је први фактор околине који утиче на раст и развој биљака. Узгој у затвореним просторима у великој мери зависи од квалитета светлости. Природна светлост је најважнија у стакленичкој производњи. У умереном појасу, количина природне светлости која је оптимална за дугокултурни узгој биљака је присутна само кратко време, а та светлост је најважнија за асимилацију, процес изградње биљака. Према такозваном 1%-ном правилу, које су формулисали холандски истраживачи, 1% више зрачења обично резултира 1% већим приносом (12). Због тога се развој опреме углавном усмерава на боље коришћење светлости, при чему је само један од кључних фактора материјал покривача (види модул 3, табела 1).

Пошто је одговор биљака на светлост, фотоморфогенеза, у великој мери зависан од генотипа и фазе развоја, потребно је одредити потребе за осветљењем у различитим фазама развоја како би се постигли максимални приноси различитих сорти (13). Фотосинтетичку ефикасност

различитих спектра испитивало је много научника, а једна од најпризнатијих је McCree-ова крива (14).



Слика 2. Нормализовани спектар ефекта максималног квантног приноса асимилације CO₂ у уским таласним опсезима од ултравиолетног зрачења до таласне дужине далеке црвене светлости (15)

Биљне врсте, па чак и сорте, различито реагују на осветљење различитих спектра, али истраживања се слажу да је црвена светлост важна за фотосинтетички апарат и утиче на транспорт асимилата (16).

Плава светлост има утицај на развој хлоропласта, формирање хлорофила и састав биљака у фотосинтези, али одговор биљака у великој мери зависи од дозе плаве светлости (17).

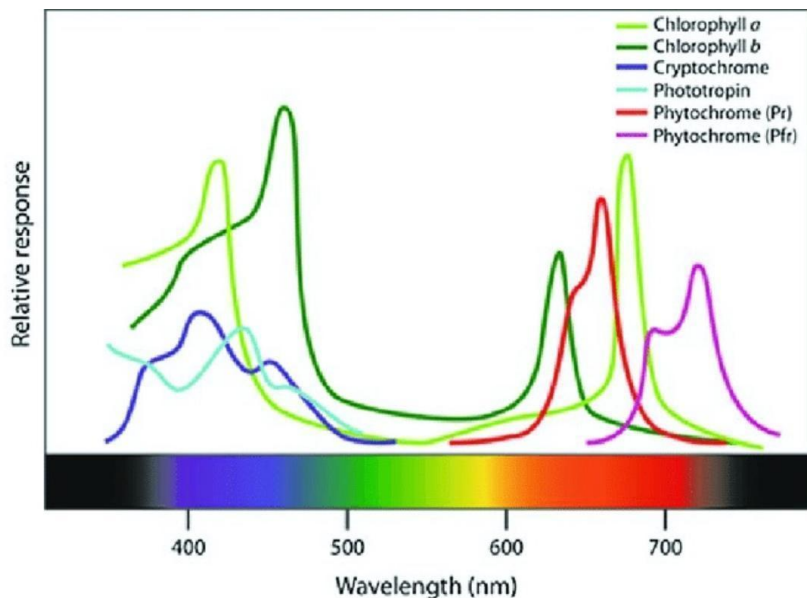
Утицај зелене светлости је сличан оном плаве, учествује у фотосинтези преко фитохрома и криптохрома (18). Прекомерна изложеност црвеној светлости може довести до тзв. „синдрома црвене светлости“, који се манифестује лошом морфологијом микро-зеленила и погрешном експресијом гена (18,19). Комбинација црвене светлости и других извора светлости, посебно плаве светлости, може ефикасно регулисати отварање стома и побољшати усвајање угљен-диоксида код биљака, чиме се спречава појава „синдрома црвене светлости“ (20,21).

Поред фотосинтезе, светлост утиче на друге биљне процесе, као што је **фотоморфогенеза**, која обухвата раст и развојне одговоре биљака на светлост. Фотоморфогенетика описује одговоре на раст и развој изазване светлошћу који нису нужно директно повезани са фотосинтезом. У овом случају, светлост служи као сигнал који активира фоторецепторе биљака, утичући на њихов раст, цветање, развој корена и друге развојне процесе.

Ови фоторецептори су део сложених мрежа за пренос сигнала које утичу на експресију гена и развој биљака. Кроз перцепцију врста светлости, интензитета и периода изложености, биљке се прилагођавају условима околине, оптимизују фотосинтетичку активност и раст, и развијају стратегије потребне за преживљавање.

Улога појединих фоторецептора и путеви преноса сигнала које посредују још увек су предмет активних истраживања, а ово научно поље се динамично развија. Фоторецептори укључују (22): Фитохроме који су одговорни за перцепцију црвене (660 nm) и далеке црвене светлости (730 nm). Имају две форме, Pr (апсорбује црвену светлост) и Pfr (апсорбује далеку црвену светлост). Регулишу раст, цветање, клијање и друге развојне процесе биљака. Криптохроми перципирају UV-A и плави спектар светлости (око 320-500 nm). Учествују у регулацији циркадијанских ритмова биљака, временском одређивању цветања и расту изданака. Под

утицајем UV светлости, између чворова биљака смањује се растојање. Фототропини су посебно осетљиви на плаву светлост (око 400-500 nm). Имају кључну улогу у фототропизму, механизму нагињања биљака ка светлости, и регулишу кретање отвора, као што је отварање и затварање стома. UV-B фоторецептори перципирају UV-B светлост (280-320 nm). Регулишу одбрамбене одговоре, као што је заштита од UV-B зрачења, и могу утицати на раст и морфологију биљака.



Слика 3. Релативне апсорпционе криве молекула који апсорбују светлост у зависности од таласне дужине

2. ВЕШТАЧКО ОСВЕТЉЕЊЕ

Испитивање биљака гајених под вештачким осветљењем започело је пре око 150 година, а 1971. године истраживања у овој области добила су велики подстицај захваљујући свемирским истраживањима (23). Извори светлости су у почетку били флуоресцентне лампе различитог интензитета и спектра светлости, лампе високог притиска са натријумовим гасом (high pressure sodium, HPS) (24), а од 90-их година коришћене су диоде које емитују светлост (Light Emitting Diode, LED) (25). Због високих трошкова вештачког осветљења, економски је исплативо само за релативно мали број врста поврћа. У умереним појасевима, вештачко осветљење се углавном користи за производњу расадног поврћа, као и у неким уређајима за производњу украсног и зачинског биља. У последњих неколико година, вештачко осветљење је уведено и у производњу парадајза у пластеницима, што је омогућило бербу у јануару и фебруару. Потреба за смањењем зрачења је мала у умереним појасевима.

3. ТИПОВИ ВЕШТАЧКИХ ИЗВОРА СВЕТЛОСТИ

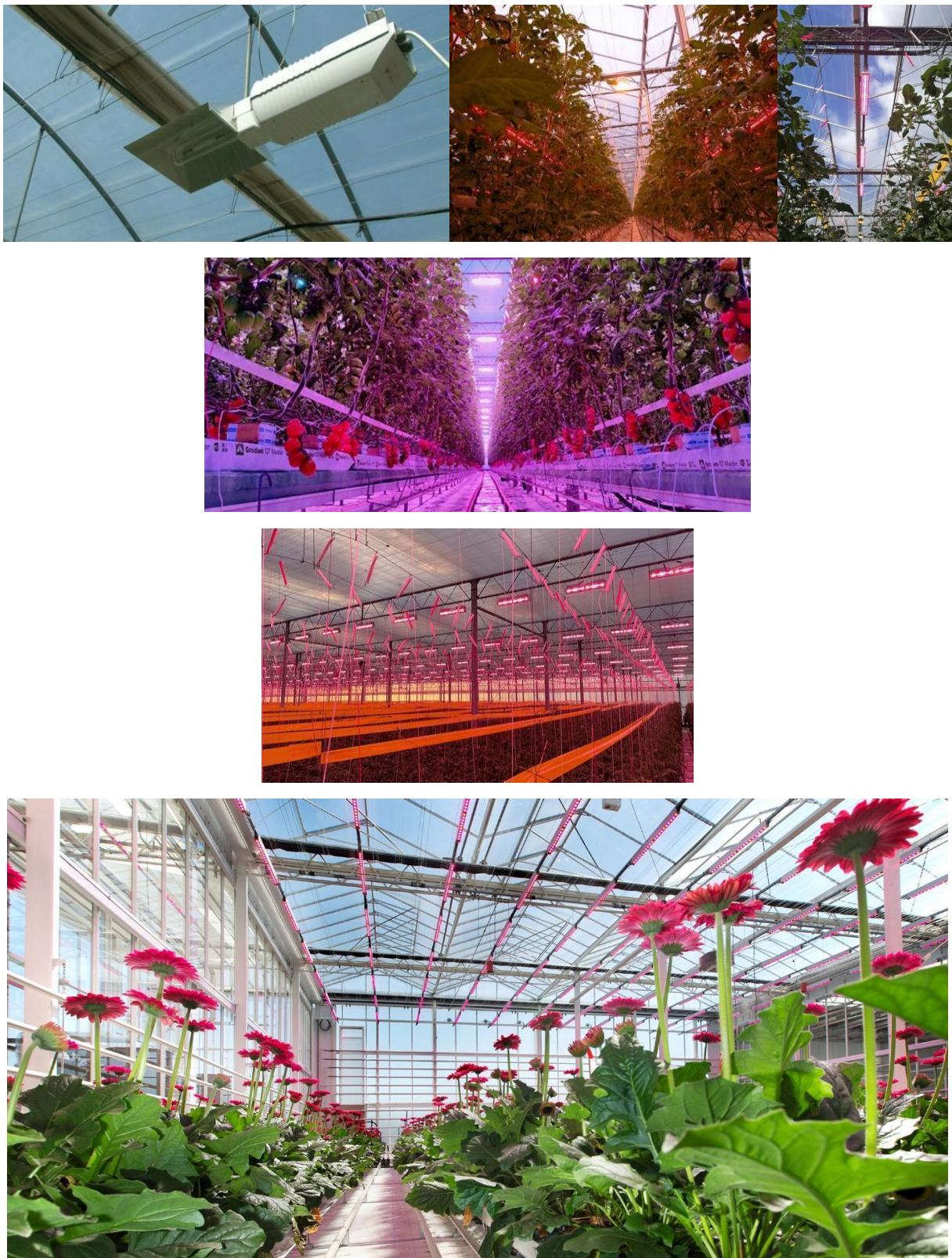
Последњих година све више се користи вештачко додатно осветљење у стакленицима. Код неких украсних биљака ово је раније било неопходно, али данас се користи и код повртарских култура за производњу хране. Вертикалне фарме уопште не користе природну светлост, већ искључиво изворе светлости засноване на електричној енергији. Овај начин производње биљака раније се користио у такозваним фитотронским коморама, искључиво у истраживачке сврхе (26).

Извори светлости који се користе за узгој биљака су следећи: Флуоресцентне цеви: Традиционалне флуоресцентне цеви, као што су T5, T8 и T12 цеви, и даље су популарне, посебно за раст младих садница и малих биљака. Ови извори светлости су одлични за равномерну расподелу светлости на већим површинама. Компактне флуоресцентне лампе (CFL) и лампе високог притиска са натријумом (HPS): Ови типови лампи нуде дужи век трајања и бољу искоришћеност светлости, али производе више топлоте, што захтева контролу температуре. LED осветљење: LED (Light Emitting Diode) лампе постају све популарније у биљној производњи јер су енергетски ефикасне, дуготрајне и омогућавају контролу светлосног спектра. Различите боје LED-а, као што су црвена и плава, посебно су корисне за одређене фазе раста биљака. Следећа табела упоређује предности и недостатке вештачких извора светлости (27).

Табела 1. Предности и мане вештачких извора светлости

Тип извора светлости	Предности	Мане
Флуоресцентне цеви (T5, T8, итд.)	Равномерна расподела светлости, нижи почетни трошкови, мање стварање топлоте	Већа потрошња енергије, потребна је чешћа замена у поређењу са LED лампама
Компактне флуоресцентне лампе (CFL)	Енергетска ефикасност, лако доступне и једноставне за инсталацију	Потребно је управљање топлотом, није идеално за велике површине
Лампе високог притиска са натријумом (HPS)	Висок интензитет светлости, добра подршка за цветање	Високо стварање топлоте, спектар није избалансиран
Металхалогене лампе (MH)	Добра подршка за вегетативни раст, широк спектар	Одликује се великим стварањем топлоте; потребна је честа замена; мање енергетски ефикасно од LED или CFL лампи
LED	Ниска потрошња енергије, дуг век трајања, мало стварање топлоте, могућност регулисања спектра	Виши почетни трошкови; у одређеним случајевима ограничен интензитет светлости

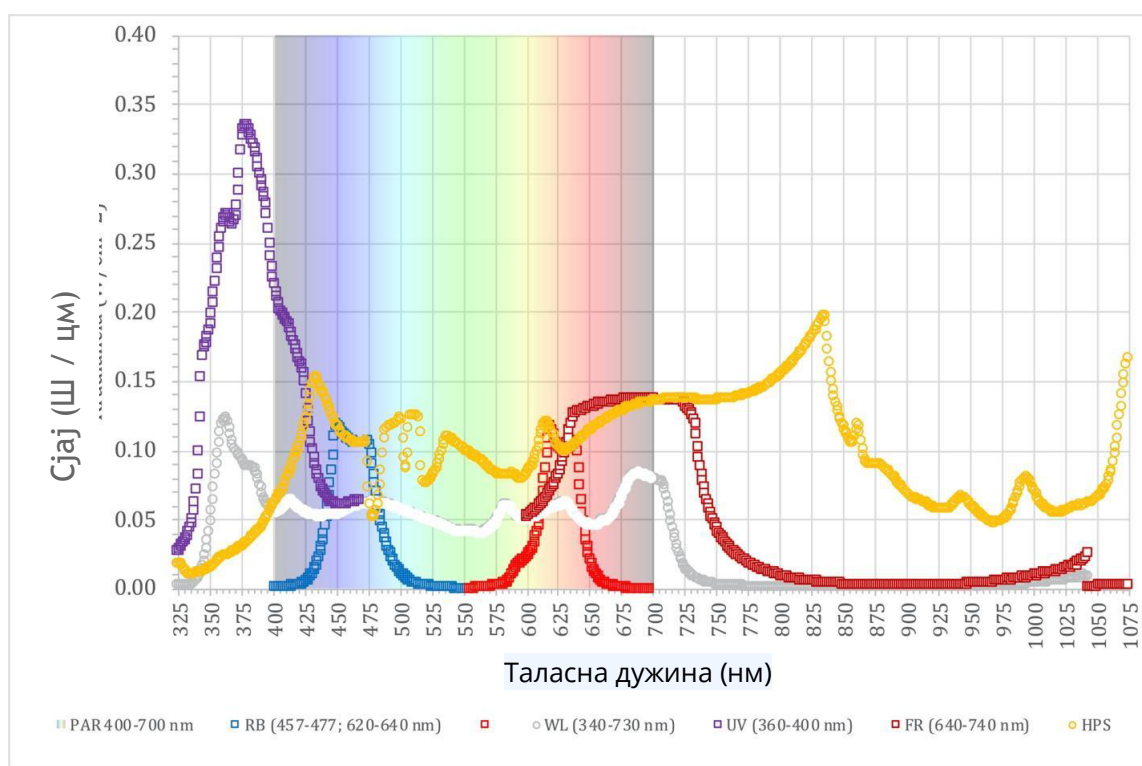
LED базирани извори светлости су, захваљујући својој бољој трошковној ефикасности (25,28,29), дали велики подстицај узгоју биљака под вештачким осветљењем у последњој деценији (30). Њиховом употребом омогућено је гајење биљака у периодима и на местима где то раније није било могуће, што је посебно важно за биљке као што су листнато поврће доступно током целе године (25,31).



Слика 4. Лампа са натријумовим гасом под високим притиском (HPS), HPS са допунским LED осветљењем (interlight), горње LED осветљење

4. ПОРЕЂЕЊЕ HPS И LED ИЗВОРА СВЕТОСТИ

Један од основних услова за ефикасно функционисање савремених стакленика је обезбеђивање одговарајућег и енергетски ефикасног вештачког (додатног) осветљења. Последњих година истраживање и развој у овој области значајно су напредовали. За биљке није од значаја укупна количина светлости која стиже, већ је значајније фотосинтетички активно зрачење (PAR) (32). Фотосинтетички пигменти биљака из видљивог спектра најбоље искоришћавају зрачење таласне дужине око 450 и 660 nm. Поред тога, они могу да перципирају и спектре светлости који нису видљиви људском оку (33). Пошто се у LED изворима светлости може прецизно контролисати спектар емитоване светлости, они пружају ефикасније могућности за повећање биљних перформанси у односу на друге изворе светлости. У стакленицима који су раније користили HPS или друге вештачке изворе светлости, лампе се такође постепено замењују модернијим LED изворима светлости.

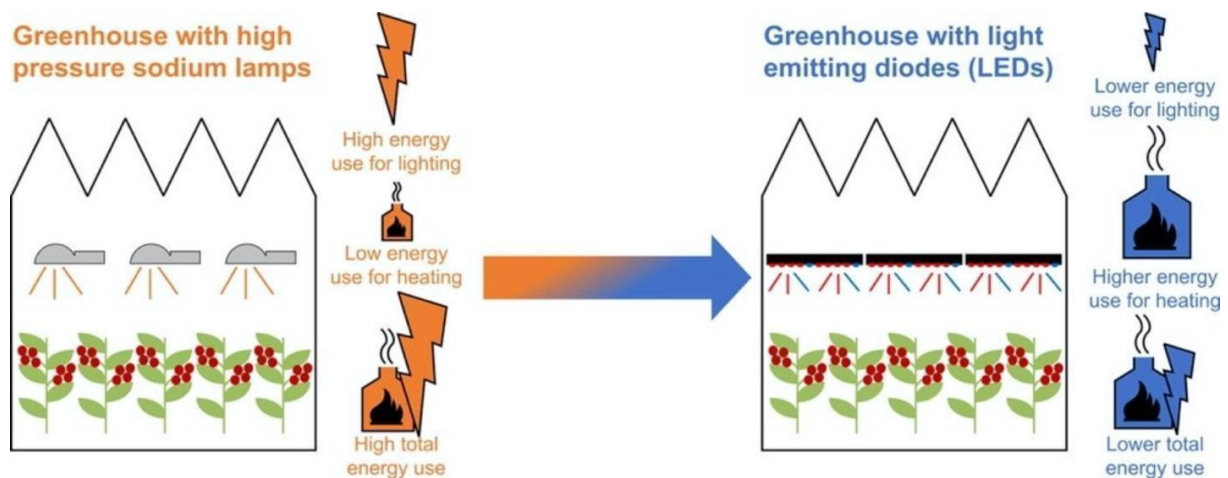


Слика 5. Спектри зрачења HPS и различитих боја LED извора светлости (плава/црвена: RB; ултраљубичаста: UV; блиска црвена: FR), као и компактног белог (WL) у поређењу са фотосинтетички активним опсегом (PAR)

Таласна дужина и интензитет светлости снажно утичу на животне активности и продуктивност биљака. Са LED лампама можемо обезбедити увек оптималан спектрални састав и количину светлости прилагођену животним фазама биљака. Експерименти су показали да већина биљака реагује на плави спектар светлости подстицајући вегетативни раст, црвена светлост стимулише генеративне процесе, док је далека црвена светлост погодна за индукцију цветања (34). Код узгоја листнатог поврћа веома је важно избегавати акумулацију нитрата у биљкама, што се може решити оптималним светлосним спектром. У експериментима са спанаћем, узгајаним под различитим светлостима, примећене су разлике у дужини стабљике, површини

листа, производњи биомасе и нутритивним састојцима биљака. На пример, далека црвена светлост повећала је садржај гвожђа у листовима (35).

У једном поређењу HPS и LED светлосних извора утврђено је да је у стакленицима са HPS осветљењем удео коришћене енергије значајно варирао (од 45% до 85%) у зависности од различитих климатских услова (Слика 5). Прелазак на LED осветљење предвиђа уштеду енергије од 10-25% укупне потрошње енергије; спољашња клима је била најважнији фактор који је одређивао колико енергије се може уштедети. Установљено је да је транспирација биљака већа под HPS лампама, што је резултирало већим губицима енергије и повећаном потребом за одvlaживањем путем вентилације. Повећана потреба за грејањем у LED стакленицима највише се јављала зими, када је вишак топлоте из HPS лампи смањивао оптерећење грејног система. Лети је потреба за грејањем била ниска у оба типа стакленика, док су HPS стакленици захтевали већу вентилацију (36).



Слика 5. и 6. Поређење лампи са натријумовим гасом под високим притиском (HPS) и горњих осветљења са светлећим диодама (LED)

Сличан закључак донели су истраживачи код узгоја краставаца у стакленицима приликом поређења HPS и LED лампи. У јесен и пролеће, нижа топлотна оптерећења LED лампи омогућавају већу концентрацију CO₂ због мање потребе за вентилацијом, али током лета смањење топлотног оптерећења није довољно велико да значајно утиче на концентрацију CO₂. На географским ширинама северно од 60° интензитет зрачења LED лампи треба повећати изнад 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ да би се могли заменити HPS лампама (37).

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Nagy L, Magyar M. No alternatives to photosynthesis: From molecules to nanostructures. In: Jeschke P, Starikov EB, editors. *Agricultural Biocatalysis: Theoretical Studies and Photosynthesis Aspects* [Internet]. Jenny Stanford Publishing; 2022. p. 211-47. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003313076-7/alternatives-photosynthesis-molecules-nanostructures-lâszlô-nagy-melinda-magyar>
2. Wang L, Yu J. Chapter 1 - Principles of photocatalysis. In: Yu J, Zhang L, Wang L, Zhu BBT-IS and T, editors. *S-scheme Heterojunction Photocatalysts: Fundamentals and Applications* [Internet]. Elsevier; 2023. p. 1-52. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044318786500020>
3. Akitsu TK, Nasahara KN, Ijima O, Hirose Y, Ide R, Takagi K, et al. The variability and seasonality in the ratio of photosynthetically active radiation to solar radiation: A simple empirical model of the ratio. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*. 2022;108:102724.
4. Sarlikioti V, Meinen E, Marcelis LFM. Crop Reflectance as a tool for the online monitoring of LAI and PAR interception in two different greenhouse Crops. *Biosyst Eng* [Internet]. 2011;108(2):114-20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.11.004>
5. Björn LO, Shevela D, Govindjee G. What Is Photosynthesis? - A Broader and Inclusive View. In: Dalal VK, Misra AN, editors. *A Closer Look at Photosynthesis*. Nova Science Publisher, Inc.; 2023. p. 1-43.
6. Gavhane KP, Hasan M, Singh DK, Kumar SN, Sahoo RN, Alam W. Determination of optimal daily light integral (DLI) for indoor cultivation of iceberg lettuce in an indigenous vertical hydroponic system. *Sci Rep* [Internet]. 2023;13(10923):1-15. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36997-2>
7. Matsuda R, Ozawa N, Fujiwara K. Leaf photosynthesis, plant growth, and carbohydrate accumulation of tomato under different photoperiods and diurnal temperature differences. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2014;170:150-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.014>
8. Lanoue J, Little C, Hao X. The Power of Far-Red Light at Night: Photomorphogenic, Physiological, and Yield Response in Pepper During Dynamic 24 Hour Lighting. *Front Plant Sci*. 2022;13:857616.
9. Mitchell CA, Both A-J, Bourget MC, Burr JF, Kubota C, Lopez RG, et al. LEDs: The Future of Greenhouse Lighting! *Chron Hortic* [Internet]. 2012;52(1):6-12. Available from: <http://leds.hrt.msu.edu/>.
10. Weller JL, Kendrick RE. Photomorphogenesis and Photoperiodism in Plants. In: Björn LO, editor. *Photobiology: The Science of Light and Life*. Springer Science and Business Media New York; 2015. p. 299-321.
11. Boucher L, Eaves J, Brégaré A, Pepin S, Dorais M. New lighting strategy for indoor leafy greens by segmenting the photoperiod and replacing the dark period by their light compensation point. *Acta Hortic*. 2022;1337:107-15.
12. Marcelis LFM, Broekhuijsen AGM, Meinen E, Nijs EMFM, Raaphorst MGM. Quantification of the growth response to light quantity of greenhouse grown crops. *Acta Hortic*. 2006;711:97-103.
13. Wong CE, Teo ZWN, Shen L, Yu H. Seeing the lights for leafy greens in indoor vertical farming. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2020;106:48-63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.031>
14. McCree KJ. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric Meteorol*. 1971;9:191-216.
15. Liu J, van Iersel MW. Photosynthetic Physiology of Blue, Green, and Red Light: Light Intensity Effects and Underlying Mechanisms. *Front Plant Sci*. 2021;12:619987.
16. Baroli I, Price GD, Badger MR, Von Caemmerer S. The contribution of photosynthesis to the red light response of stomatal conductance. *Plant Physiol*. 2008;146(2):737-47.
17. Hogewoning SW, Trouwborst G, Maljaars H, Poorter H, van Ieperen W, Harbinson J. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J Exp Bot*. 2010;61(11):3107-17.
18. Swartz TE, Corchnoy SB, Christie JM, Lewis JW, Szundi I, Briggs WR, et al. The Photocycle of a Flavin-binding Domain of the Blue Light Photoreceptor Phototropin. *J Biol Chem* [Internet]. 2001;276(39):36493-500. Available from: <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M103114200>
19. Zhang X, Bisbis M, Heuvelink E, Jiang, WeijieMarcelis LFM. Green light reduces elongation when partially replacing sole blue light independently from cryptochrome 1a. *Physiol Plant*. 2021;173(4):1946-55.
20. Darkó É, Heydarizadeh P, Schoefs B, Sabzalian MR. Photosynthesis under artificial light: The shift in primary and secondary metabolism. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2014;369(1640):1-7.

21. Davis PA, Burns C. Photobiology in protected horticulture. *Food Energy Secur.* 2016;5(4):223-38.
22. Naznin MT, Lefsrud MG. An Overview of LED Lighting and Spectral Quality on Plant Photosynthesis. In: Dutta Gupta S, editor. *Light Emitting Diodes for Agriculture: Smart Lighting.* Springer Nature Singapore Pte Ltd.; 2017. p. 101-11.
23. Zabel P, Bamsey M, Schubert D, Tajmar M. Review and analysis of over 40 years of space plant growth systems. *Life Sci Sp Res.* 2016;10:1-16.
24. Ivanova TN, Kostov PT, Sapunova SM, Dandolov IW, Salisbury FB, Bingham GE, et al. Six-month space greenhouse experiments - A step to creation of future biological life support systems. *Acta Astronaut.* 1998;42(1-8):11-23.
25. Dieleman JA, de Visser PHB, Vermeulen PCM. Reducing the carbon footprint of greenhouse grown crops: Redesigning LED-based production systems. In: *Acta Horticulturae.* International Society for Horticultural Science; 2016. p. 395-402.
26. Eliseeva LG, Othman AJ, Belkin YD, Molodkina PG. Biotechnological optimization for the production, quality, and safety of vegetables grown in urban-type phytotrons. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2022. p. 1-8.
27. Fujiwara K. Light Sources. In: Kozai T, Niu G, Takagaki M, editors. *Plant Factory An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production.* Academic Press; 2020. p. 139-51.
28. Gómez C, Izzo LG. Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agric Food.* 2018;3(2):135-53.
29. Kowalczyk K, Gajc-Wolska J, Metera A, Mazur K, Radzanowska J, Szatkowski M. Effect of Supplementary Lighting on the Quality of Tomato Fruit (*Solanum lycopersicum* L.) in Autumn-Winter Cultivation. *Acta Hortic.* 2012;956:395-402.
30. Dzakovich MP, Ferruzzi MG, Mitchell CA. Manipulating Sensory and Phytochemical Profiles of Greenhouse Tomatoes Using Environmentally Relevant Doses of Ultraviolet Radiation. *J Agric Food Chem.* 2016;64(36):6801-8.
31. de Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. *J Hortic Sci Biotechnol.* 2012;87(3):193-202.
32. Foyo-Moreno I, Alados I, Alados-Arboledas L. A new empirical model to estimate hourly diffuse photosynthetic photon flux density. *Atmos Res.* 2018;203(November 2017):189-96.
33. Baxevanou C, Fidaros D, Bartzanas T, Kittas C. Yearly numerical evaluation of greenhouse cover materials. *Comput Electron Agric [Internet].* 2018;149(December 2017):54-70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.006>
34. Yorio NC, Goins GD, Kagie HR, Wheeler RM, Sager JC. Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplementation. *HortScience [Internet].* 2001;36(2):380-3. Available from: <http://hortsci.ashspublications.org/content/36/2/380.short>
35. Utasi L, Monostori I, Végh B, Pék Z, Darkó É. Effects of light intensity and spectral composition on the growth and metabolism of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Acta Biol Plant Agriensis.* 2019;7:3-18.
36. Katzin D, Marcelis LFM, van Mourik S. Energy savings in greenhouses by transition from high-pressure sodium to LED lighting. *Appl Energy [Internet].* 2021;281(July 2020):116019. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116019>
37. Kaukoranta T, Särkkä LE, Jokinen K. Energy efficiency of greenhouse cucumber production under LED and HPS lighting. *Acta Hortic.* 2017;1170:967-72.

8. ПРЕЦИЗНА ЗАШТИТА БИЉАКА У СТАКЛЕНИЦИМА

Аутори :

- Адам Јанош - Мађарски универзитет за пољопривредне и животне науке (ориг. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
- Мићко Шандор - Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АЦЦ (ориг. Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)

1. ПРЕГОВОР

Узгој биљака и заштита биљака бележе огроман технолошки напредак и иновације које имају значајан утицај на одрживост пољопривреде, приносе и квалитет усева. Методе прецизне стакленичке производње омогућавају тачнију и ефикаснију заштиту биљака, минимизирајући утицаје на животну средину и побољшавајући економске резултате. Овај приручник је намењен онима који су заинтересовани за модерну пољопривреду и траже шира знања о најновијим алатима и стратегијама у заштити биљака.

Циљ приручника је да пружи преглед кључних тема и изазова који су у првом плану у области прецизне заштите биљака. Приручник обухвата иновативне технике и алате као што су аутоматизовани сензори, вештачка интелигенција и генетичка модификација, које омогућавају рано откривање штеточина и болести, као и ефикасну заштиту и третман.

Структура приручника се фокусира на следеће теме:

- Мониторинг штеточина и патогена и рано откривање
- Прецизна заштита биљака и циљане интервенције
- Еколошки прихватљиви пестициди и методе у стакленицима
- Управљање резистенцијом на штеточине и патогене
- Утицаји стакленичке климе на заштиту биљака
- Заштита биљака и одрживост

Свака глава детаљније разматра дату тему, представљајући најновије истраживачке резултате, практичне примере и изазове карактеристичне за ову област. Наш циљ је да овај приручник помогне бољем разумевању и ефикаснијој примени алата и принципа прецизне заштите биљака.

2. МОНИТОРИНГ ШТЕТОЧИНА И ПАТОГЕНА И РАНО ОТКРИВАЊЕ

Рано откривање штеточина и патогена, као и симптома које узрокују, основа је прецизне заштите биљака. Ако се штета изазвана болешћу или популацијом штеточина може обуздати у раној фази, то може значајно спасити принос од губитака за пољопривредника, а такође минимизира и трошкове заштите.

2.1. Примена аутоматизованих сензора и обраде слика за идентификацију штеточина и болести

Технолошка револуција у аграрном сектору све више трансформише и област заштите биљака. Развој аутоматизованих сензора и обраде слика омогућава ефикаснију и прецизнију

идентификацију штеточина и патогена, што значајно доприноси остваривању прецизне заштите биљака.

Аутоматизовани сензори, који се постављају у прецизним стакленицима и на вертикалним фармама, континуирано прате параметре околине биљака. Ови сензори могу мерити температуру, влажност, интензитет светлости, ниво CO₂, влажност површине листова и друге важне параметре који могу утицати на појаву штеточина и патогена. Прикупљање података у реалном времену омогућава брзу реакцију на потенцијалне претње. Рано препознавање штеточина и патогена, или симптома које они изазивају, од непроцењиве је важности у заштити биљака.

Развој у области обраде слика пружа додатне могућности за заштиту биљака. Камере и алгоритми за обраду слика прикупљају детаљне визуелне информације о биљкама. Оштећења узрокована штеточинама, симптоми болести и друге аномалије, попут венућа и жутења, лако се препознају. О штеточинама се више зна, али одређене групе патогена такође изазивају такозване типичне симптоме на оштећеним биљкама. На пример, бела мицелијумска превлака карактеристична за гљиве из рода *Erysiphe* (пепелница) (слика 2.1.), или чађава плесан која се развија на излучевинама лисних ваши. Аутоматизовани системи могу брзо обрадити велике количине података и идентификовати одступања, што омогућава рано препознавање и циљану интервенцију.



Карактеристичан симптом инфекције пепелницом на површини листа (2.1)

Примена аутоматизованих сензора и обраде слика има бројне предности:

- Смањује потребу за људском интервенцијом и ручним прегледом, што штеди време и ресурсе.
- Континуирани и прецизни мониторинг биљака омогућава рано препознавање проблема, чиме се минимизирају оштећења и трошкови заштите.
- На основу прецизних података могу се развијати персонализоване и ефикасне стратегије заштите које побољшавају здравље биљака и принос.

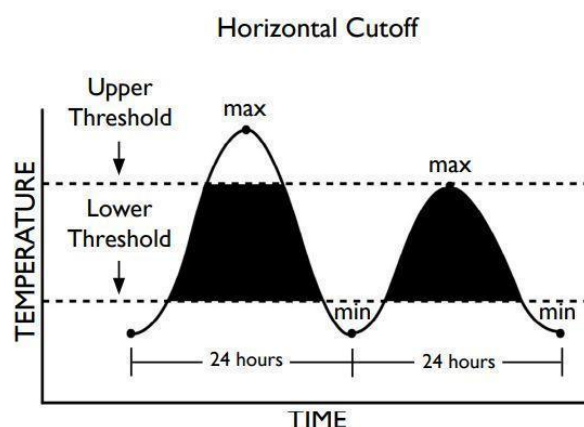
Примена аутоматизованих сензора и обраде слика значајан је корак напред у области заштите биљака. У будућности се очекују даљи развој и иновације у овој области, које ће учинити прецизну заштиту биљака још ефикаснијом и одрживијом, доприносећи унапређењу глобалне безбедности хране и одрживости.

2.2. Процена ризика од штеточина и болести и мониторинг у стакленицима

Узгој биљака одвија се у стално променљивом, динамичном окружењу у којем болести узроковане штеточинама и патогенима представљају један од највећих изазова са којима се пољопривредници и узгајивачи морају суочити. Правовремена идентификација и ефикасно управљање штеточинама и болестима је неопходно за очување приноса и квалитета усева. Процена ризика и мониторинг играју кључну улогу у успешној имплементацији прецизне заштите биљака.

Процена ризика од штеточина и болести обухвата идентификацију потенцијалних опасности и угрожених подручја. Приликом идентификације подручја узимају се у обзир осетљивост врста и сорти биљака, временски и еколошки фактори, као и искуства из претходних година. Процена осетљивих подручја омогућава ефикасније планирање превентивних мера и помаже у спречавању ширења штеточина и болести. Као и на отвореном пољу, штеточине се не појављују истовремено на свим местима у стакленику, па је стога препоручљиво праћење осетљивих подручја.

Мониторинг ризика заснива се на редовном праћењу процеса у стакленицима и стања биљака. За то се могу користити сензори или ручно прикупљање података. Сензори прикупљају информације о температури, влажности ваздуха, влажности земљишта и другим критичним параметрима, као што је трајање влажности површине листа. Прикупљени подаци омогућавају не само праћење тренутног стања, већ и анализу временских серија података и прорачун различитих вредности (нпр. топлотни збир) (слика 2.2.). Ови подаци се упоређују са унапред одређеним прагом вредности и када се достигну или приближе тим вредностима, систем генерише аларме. Ови аларми се могу слати путем GSM мреже у облику SMS порука или путем push обавештења у одговарајућој мобилној апликацији. Ово омогућава брзу интервенцију пре него што штеточине или болести изазову озбиљну штету.



Мониторинг температуре, праћење услова потребних за размножавање патогена (2.2)

Мониторинг ризика од штеточина и патогена не обухвата само праћење услова, већ и актуелно праћење и посматрање штеточина. За то су погодни хватачи, попут замки за споре или

лепљивих плоча, које у напреднијим системима раде уз помоћ обраде слика, док у мање развијеним системима захтевају ручну проверу.

Предности аутоматизоване процене ризика и мониторинга укључују следеће: омогућавају проактиван приступ у заштити биљака, што минимизира штету узроковану штеточинама и болестима. Превентивни третмани или мере, као и оне које се предузимају у раној фази, много су ефикасније од касних или лоше временски планираних интервенција. Тачни и реално временски подаци омогућавају планирање и спровођење циљаних и ефикасних интервенција. Процена података омогућава планирање мера заштите за наредну годину.

Правовремена упозорења смањују материјалне губитке и трошкове, као и употребу хемикалија, доприносећи одрживој пољопривреди. Укратко, аутоматизована процена ризика и мониторинг су кључни алати за успешну практичну имплементацију прецизне заштите биљака.

2.3. Улога вештачке интелигенције у развоју система за рано откривање

У области заштите биљака један од највећих изазова је рано откривање штеточина и болести и успостављање ефикасне заштите од њих. Међутим, у модерној пољопривреди технолошки напредак нуди нове могућности у овој области, а примена вештачке интелигенције (ВИ) револуционисхе развој система за рано откривање.

Вештачка интелигенција обухвата алгоритме и системе који могу учити и доносити одлуке на основу података, слично људској интелигенцији.

Вештачка интелигенција игра кључну улогу у развоју система за рано откривање у неколико области: Прва и најважнија је обрада и анализа података: Обрада и анализа података о биљкама и параметрима животне средине била би немогућа без људских ресурса. Вештачка интелигенција, међутим, може брзо и ефикасно обрађивати велике количине података (big data). Корелације и обрасци који могу указивати на присуство штеточина и болести прво се идентификују путем учења, а затим аутоматски. Систем за препознавање слика и тражену обраду почиње прикупљањем података, а затим обуком алгоритма. Ово се назива означавање (labeling). Овај задатак је кључан за успех алгоритма и ВИ. Овај процес је радно интензиван јер је потребно ручно означити све снимљене слике са симптомима болести или штеточина и њиховом тежином како би систем касније препознао и избегавао лажне аларме, или још горе, не препознао симптоме на време.

Прогностички модели: Уз помоћ вештачке интелигенције могу се креирати прогностички модели који предвиђају вероватноћу појаве штеточина и болести. На основу одређених услова околине, временских услова и других фактора, ВИ може допринети прецизнијој процени ризика.

Аутоматизовани мониторинг: Сензори и системи за обраду слика вођени ВИ континуирано прате стање биљака и њихове еколошке параметре. На основу унапред дефинисаних образаца и промена, систем је у стању да пошаље упозорење када се појаве знаци штеточина или болести.

Важно је напоменути да овакав систем може играти важну улогу не само у области заштите биљака, већ и у управљању другим агротехничким операцијама (нпр. наводњавање, управљање вентилацијом). Подршка у доношењу одлука: Вештачка интелигенција може помоћи узгајивачима и пољопривредницима у креирању оптималних стратегија заштите.

Системи засновани на ВИ узимају у обзир тренутне и историјске податке, информације и факторе ризика како би помогли у доношењу одлука.

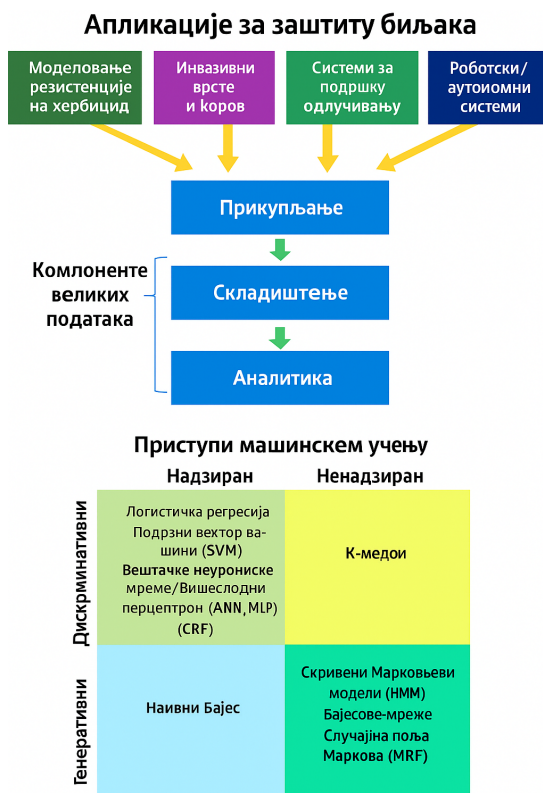
Примена вештачке интелигенције у развоју система за рано откривање нуди огромне могућности у прецизној заштити биљака. Системи вођени ВИ омогућавају брзу реакцију и ефикасне интервенције, минимизирајући штету и повећавајући одрживост биљне производње. Даљи развој ВИ ће вероватно резултирати још бољим и прецизнијим системима за рано откривање, доприносећи глобалној безбедности хране и одрживој пољопривреди.

3. ПРЕЦИЗНА ЗАШТИТА БИЉАКА И ЦИЉАНЕ ИНТЕРВЕНЦИЈЕ

3.1. Комбинација доношења одлука заснованих на подацима и прецизне заштите биљака

Комбинација доношења одлука заснованих на подацима и прецизне заштите биљака донела је револуционарне промене у пољопривреди, омогућавајући пољопривредницима и узгајивачима да створе нову димензију ефикасне и одрживе заштите биљака. Ова комбинација омогућава да се стратегије заштите биљака прецизно прилагоде стању биљака, еколошким условима и другим релевантним факторима.

Основу за доношење одлука заснованих на подацима чине подаци, сензори и мерења који прате стање биљака, земљишта/субстрата и еколошких фактора (слика 3.1.). Ови подаци у реалном времену бележе развој биљака, присуство штеточина и болести, као и еколошке промене. Обрада и анализа података доводе до тачније и ефикасније заштите биљака кроз доношење одлука заснованих на подацима.



Преглед примена у заштити биљака и њихове везе са Big Data и приступима машинског учења (3.1.)

На основу принципа прецизне заштите биљака, третмани се примењују циљано и на потребним подручјима. Одлучивање засновано на подацима омогућава пољопривредницима да прецизно идентификују угрожена подручја и да врше интервенције за заштиту биљака само на тим подручјима. Ово минимизира употребу пестицида и смањује утицаје на животну средину, истовремено одржавајући принос и квалитет.

Предности комбинованог приступа су видљиве у неколико области:

Прецизнија и ефикаснија заштита биљака: Одлучивање засновано на подацима омогућава циљане и правовремене интервенције против штеточина и болести. Методи прецизне заштите биљака могу се ефикасно применити на проблематична подручја, минимизирајући непотребну употребу пестицида.

Заштита животне средине: Приступ заснован на подацима помаже у смањењу утицаја на животну средину смањењем употребе пестицида. Прецизнија заштита биљака минимизира утицаје на животну средину, доприносећи одрживој пољопривреди.

Економска ефикасност: Комбинована примена одлучивања заснованог на подацима и прецизне заштите биљака омогућава ефикасније коришћење ресурса и смањење трошкова. Прецизне интервенције могу побољшати принос и квалитет, повећавајући приходе пољопривредника и смањујући трошкове.

Подаци на којима се највише ослања заштита биљака укључују:

Температура: Температура ваздуха у великој мери утиче на појаву штеточина или патогена. На пример, развој инсеката (брзина, број генерација) снажно је повезан са температуром. Код патогена, температура може одредити клијање спора гљива и инкубациони период. Превисока или прениска температура може променити ефикасност пестицида, па је веома важно применити третмане на одговарајућој температури.

Релативна влажност и влажност површине листа: Температура биљака је увек нижа од температуре ваздуха због испаравања. Ако влажност у стаклинику достигне 90% или више, на хладнијој површини биљака ће вероватно доћи до кондензације, што ће створити танак слој влаге. Ова влага, која је понекад невидљива голим оком, довољна је за клијање спора.

Комбинација одлучивања заснованог на подацима и прецизне заштите биљака је кључни елемент у развоју модерне пољопривреде. Нове технологије и приступи омогућавају остваривање одрживе и ефикасне заштите биљака, доприносећи глобалној безбедности хране и одрживости животне средине.

3.2. Циљано прскање и заштита од штеточина само на угроженим подручјима

У аграру, традиционална заштита биљака често захтева значајне количине пестицида, који се примењују на великим површинама, без обзира на то где и колико су присутни штеточине или болести (слика 3.2.). Међутим, савремена технологија омогућава радикалну трансформацију заштите биљака и примену циљаног прскања и заштите од штеточина само на угроженим подручјима



Самоходни робот за прскање у стакленику и прскалица погодна за примену ултра ниских количина пестицида

Основ циљаног прскања је одлучивање засновано на подацима и прецизна заштита биљака. Уз помоћ сензора, стање биљака и еколошки фактори се континуирано прате. Анализом података могу се идентификовати подручја која су заиста угрожена штеточинама или болестима. Прскање се примењује на тим подручјима, минимизирајући употребу хемикалија.

У стакленицима, праћење штеточина и болести овим системима може се аутоматизовати, а примена пестицида може се реализовати и кроз централне системе (нпр. системи за наводњавање). Код прецизне заштите биљака третирају се жаришта инфекције.

Ово има бројне предности:

Еколошка одрживост: Циљано прскање смањује еколошко оптерећење хемикалијама, јер се примењује само на угроженим подручјима. Ово минимизира ризике од загађења тла, воде и хране.

Уштеда хемикалија: Циљано прскање на угроженим подручјима омогућава ефикаснију употребу хемикалија, јер се примењују само тамо где је потребно. Ово може резултирати значајним уштедама за пољопривреднике и узгајиваче, као и смањити ризик од развоја резистенције.

Економска ефикасност: Комбинација одлучивања заснованог на подацима и циљаног прскања може побољшати принос и квалитет, јер се биљке заштите од штеточина или болести тачно на потребном месту и у потребном тренутку.

Уштеда времена и рада: Аутоматизовани системи и циљане интервенције минимизирају непотребан рад и време које би захтевала традиционална заштита биљака на целој површини. Циљано третирање подручја и заштита од штеточина, засновани на процени ризика, један су од темеља прецизне заштите биљака. Савремена технологија и приступ заснован на подацима омогућавају одрживу и ефикасну заштиту биљака, побољшавајући економске резултате.

Циљано третирање подручја и заштита од штеточина, засновани на процени ризика, један су од темеља прецизне заштите биљака. Савремена технологија и приступ заснован на подацима омогућавају одрживу и ефикасну заштиту биљака, побољшавајући економске резултате.

3.3. Процена ефикасности прецизне заштите биљака и предности уштеде

Прецизна заштита биљака није усмерена само на ефикасну контролу штеточина и болести, већ нуди бројне друге предности у процесу производње за пољопривреднике и узгајиваче.

Процена ефикасности примењених технологија и приступа заснованих на подацима важан је корак у успостављању и развоју система.

Ефикасност прецизне заштите биљака може се мерити на више начина. Ефикасност се може измерити кроз количину приноса, квалитет приноса, промену у количини употребљених пестицида, број третмана, промену у утрошку радне снаге и, наравно, уштедама.

Најочигледнија мера је степен оштећења: Прецизна заштита биљака омогућава ефикаснију заштиту од штеточина и патогена, што се манифестује нижим нивоом оштећења. Стање биљака, њихов развој и принос омогућавају процену ефикасности. Степен оштећења може бити квалитативни и квантитативни показатељ, те његово одређивање и квантификација по биљци и штеточини захтевају прецизне методолошке знање. Квантитативно оштећење је можда најлакше за процену, где се степен оштећења јасно одређује бројем оштећених плодова, на пример, код парадајза или паприке. Квалитативно оштећење може указивати на нутритивне вредности, укус, мирис или дуготрајност.

Употреба пестицида: Циљане интервенције смањују количину употребљених пестицида. Нижа употреба пестицида доприноси одрживости животне средине и очувању квалитета воде, безбедности хране, очувању природних непријатеља и корисних организама, те одржавању биодиверзитета.

Уштеда радне снаге: Аутоматизовани системи и циљане интервенције смањују потребу за ручним радом, што може резултирати значајном уштедом радне снаге. Међутим, треба напоменути да за рад аутоматских система, њихово одржавање и евентуално отклањање кварова често је потребно високо квалификовано особље или склапање уговора са сервисним компанијама.

Економска ефикасност: Одлуке засноване на подацима и циљане интервенције могу побољшати принос и квалитет, док истовремено смањују трошкове. Повећање економске ефикасности доприноси профитабилности пољопривреде, омогућавајући даље инвестиције и развој за пољопривреднике.

Предности уштеде су видљиве на више нивоа:

- **Смањење трошкова:** Нижа употреба пестицида и циљане интервенције смањују трошкове заштите биљака, што резултира значајним уштедама за узгајиваче.
- **Ефикасност ресурса:** Прецизна заштита биљака омогућава ефикаснију употребу ресурса, смањујући непотребне трошкове и расипање.
- **Заштита животне средине:** Нижа употреба пестицида и примена еколошких метода доприносе смањењу утицаја на животну средину и одрживости.
- **Повећање профитабилности:** Ефикаснија производња и нижи трошкови побољшавају профитабилност и конкурентност пољопривредника.

Процена ефикасности прецизне заштите биљака и предности уштеде значајно доприносе одрживој пољопривреди и економској ефикасности. Одлуке засноване на подацима и интеграција савремених технологија омогућавају значајне предности у области заштите биљака, доприносећи глобалној безбедности хране и одрживој пољопривреди.

4. Еколошки прихватљиви пестициди и методе у стакленицима

Пољопривреда и узгој биљака прешли су дуг пут ка еколошки прихватљивој заштити биљака, али и данас се произвођачи често суочавају са критикама због праксе заштите биљака. С једне

стране, ту је друштвени и регулаторни притисак на пољопривреднике да производе на еколошки прихватљивији начин, а с друге стране стоји једноставан, али веома важан задатак - заштита усева. У модерној интегрисаној заштити биљака постоји велики број еколошки прихватљивих решења.

4.1. Биолошка заштита биљака и употреба природних непријатеља у борби против штеточина

Биолошка заштита биљака је ефикасан и еколошки прихватљив приступ у борби против штеточина и болести, који користи природне еколошке процесе и интеракције међу организмима за подршку заштити биљака. Примена природних непријатеља и биолошких агенаса у борби против штеточина и патогена омогућава контролу и минимизацију популација штеточина.

Предности биолошке заштите биљака и употребе природних непријатеља:

Еколошки прихватљиво решење: Биолошка заштита се ослања на природне процесе и организме, минимизирајући употребу хемикалија и смањујући оптерећење животне средине.

Дугорочна ефикасност: Увођење и подршка природних непријатеља могу обезбедити дугорочну заштиту од штеточина и болести, јер ови организми континуирано држе популације штеточина под контролом.

Смањење ризика од резистенције: Биолошка заштита минимизира ризик од развоја резистенције штеточина и патогена на традиционалне пестициде, јер не ствара селекциони притисак.

Очување еколошке равнотеже: Подршка природним непријатељима доприноси очувању еколошке равнотеже и биодиверзитета.

Биолошка заштита биљака и употреба природних непријатеља обухвата следеће методе: коришћење паразитоида и природних непријатеља, увођење корисних организама, примена микробиолошких агенаса, примена феромона и мамаца (слика 4.1.).



Полагање јаја паразитоидне осе у имаго лисне ваши као домаћина (4.1)

Паразитоиди су организми који уништавају штеточине, као што су лисне ваши или гусенице. Типичан пример паразитоида су осе-паразитоиди које полажу јаја у штеточине путем своје полагаљке, након чега ларва која се излеже из јаја конзумира штеточину изнутра. Природни

предатори штеточина могу бити, на пример, бубамаре или грабежљиви грињи и бубе који се користе као непријатељи лисних ваши.

Увођење корисних организама: Инсекти попут пчела или лептира који помажу у опрашивању биљака, побољшавајући принос.

Примена микробиолошких агенаса: Коришћење природних земљишних бактерија или гљива на начин који спречава ширење или раст патогена, истовремено помажући раст биљака. Примери за то су гљиве ловац (*Arthrobotrys* sp.) или различити родови бактерија (*Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Bacillus*).

Употреба феромона и мамаца: Хемијске супстанце или феромони које производе штеточине и које привлаче или обмањују штеточине, помажући у контроли популација. У случају феромона, женке штеточина привлаче мужјаке у замке, чиме се популација држи под контролом. Када су у питању мамци, штеточине такође упадају у замке или излазе из својих скровишта где постају плен предатора.

Међутим, треба напоменути и тешкоће биолошке заштите биљака. Пољопривредници који се одлуче за овај метод не могу истовремено користити хемијске пестициде јер они могу штетити природним непријатељима. Постављање природних непријатеља захтева добро временско планирање јер предатори без плена могу угинути или постати штетни за биљке. За заинтересоване пољопривреднике, биолошка заштита биљака и употреба природних непријатеља пружа одличну могућност за одржив и еколошки прихватљив узгој биљака. Са детаљним знањем, правилним планирањем и пажњом, биолошка заштита може бити ефикасан алат у борби против штеточина и патогена, доприносећи повећању приноса и одрживости узгоја биљака.

4.2. Еколошки прихватљиви пестициди и употреба органских прскања

Коришћење еколошки прихватљивих пестицида и органских прскања представља приступ који усклађује ефикасну заштиту са еколошким и одрживим аспектима. Ова метода чува природне ресурсе и минимизира еколошки отисак, док истовремено осигурава заштиту биљака од штеточина и болести.

Предности коришћења еколошки прихватљивих пестицида и органских прскања могу се сажети на следећи начин:

Смањење еколошког отиска: Органски и еколошки прихватљиви материјали се обично брже разграђују и мање оптерећују тло и водене ресурсе. Њихови производи разградње су такође природне супстанце. Код традиционалних (хемијских) пестицида, највећи еколошки проблем често нису активне супстанце, већ њихови производи разградње.

Одрживост: Органска заштита биљака нуди дугорочно одрживије решење, јер минимизира ризик од развоја резистенције штеточина и патогена. Комплексна структура органских материјала отежава развој резистенције код штеточина.

Очување нутритивне вредности: Органска заштита биљака помаже у очувању нутритивне вредности и квалитета биљака, што је корисно за потрошаче.

Коришћење еколошки прихватљивих пестицида и органских прскања може укључивати следеће:

- **Биљни екстракти:** На пример, екстракти белог лука, парадајза или нане који природно садрже материје ефикасне против штеточина. Секундарни метаболити који се налазе у овим биљкама имају природно одбојно дејство на штеточине.
- **Природна уља:** Као што су неемово уље, уље репице или етерична уља, која могу помоћи у заштити од штеточина и патогена. Уља пружају физичку заштиту од штеточина које сишу сокове, али њихова неправилна примена (нпр. при високим температурама) може оштетити биљке или смањити ефикасност.
- **Бактерије и гљиве:** Одређене бактерије и гљиве могу бити корисне у борби против штеточина и патогена. Примери укључују *Bacillus thuringiensis* или врсте рода *Trichoderma*. Бактерија *Bacillus thuringiensis* производи такозвани Bt токсин, који је смртоносан за неке инсекте. Токсин се веже за цревни зид инсекта и ствара рупе које доводе до његове смрти. Неке врсте гљива из рода *Trichoderma* у тлу проналазе и уништавају упорне структуре патогених гљива (нпр. *Sclerotinia*).
- **Употреба феромона и мамаца:** Хемијске супстанце или феромони које производе штеточине и које привлаче или обмањују штеточине, помажући у контроли популација. У случају феромона, женке штеточина привлаче мужјаке у замке, чиме се популација држи под контролом. Када су у питању мамци, штеточине такође упадају у замке или излазе из својих скровишта где постају плен предатора.

Коришћење органских прскања и еколошки прихватљивих пестицида игра кључну улогу у одрживој производњи биљака. Ови приступи помажу у очувању природних ресурса, минимизирају штетне утицаје на животну средину и побољшавају квалитет узгоја биљака, доприносећи глобалној безбедности хране и одрживој пољопривреди.

4.3. Оптимизација употребе пестицида и принципи заштите биљака без пестицида

Употреба, оптимизација пестицида и принципи заштите биљака без хемикалија представљају приступ који у први план ставља заштиту животне средине и одрживост током заштите биљака. Ови методи подстичу пољопривреднике и узгајиваче да смање употребу хемикалија и уместо тога преферирају природне и одрживе методе. Оптимизација употребе пестицида је циљ интегрисане заштите биљака.

Предности и главни циљеви оптимизације употребе пестицида и принципа заштите биљака без хемикалија су следећи:

- **Одрживост животне средине:** Оптимизована употреба пестицида и методи без хемикалија минимизирају утицај на животну средину, смањујући ризике од загађења тла и воде. Циљ модерне заштите биљака није потпуно уништење популације штеточина, већ одржавање популације испод прага штетности. Већина савремених пестицида је специфична, односно развијена да циљано делује на само 1-2 групе штеточина. Број пестицида широког спектра је у сталном опадању, а њихова употреба је све више регулисана.
- **Очување природне равнотеже:** Заштита биљака без хемикалија подстиче очување природних организама и еколошких процеса, што на дуге стазе може помоћи у борби против штеточина и болести. Хемијска заштита биљака често доводи до нестанка корисних организама и природних непријатеља са одређених подручја, док штеточине сваке године поново појављују. Смањење ризика од резистенције: Оптимална употреба

пестицида и методи без хемикалија минимизирају ризик од развоја резистенције штеточина и патогена на пестициде.

- **Очување нутритивне вредности и квалитета:** Природни и одрживи методи помажу у очувању нутритивне вредности и квалитета биљака, што је корисно за потрошаче.

Примена оптимизације употребе пестицида и принципа заштите биљака без хемикалија укључује следеће методе:

Интегрисана заштита биљака: Интегрисана примена различитих метода заштите, као што су агротехничке, биолошке, хемијске и биотехнолошке методе и мере у борби против штеточина и патогена. Агротехничке мере могу укључивати избор сорти (нпр. отпорних), док биотехнолошке мере могу укључивати употребу феромонских замки.

Биотехнологија и отпорне сорте: Примена биотехнолошких решења која подстичу развој и употребу отпорних сорти биљака у борби против штеточина и патогена.

Ђубрење и третман земљишта: Правилно и благовремено ђубрење и третман земљишта помажу у здравом развоју биљака и њиховој отпорности на штеточине и болести.

Превенција и агротехничке мере: Правилне праксе неге биљака, као што су редовна и правилна резидба, контрола корова и мулчирање, могу спречити ширење штеточина и патогена.

Оптимизација употребе пестицида и принципи заштите биљака без хемикалија кључни су за подстицање одрживе пољопривреде и узгоја биљака. Ове методе помажу у очувању природних ресурса, минимизирају утицај на животну средину и побољшавају квалитет приноса.

5. УПРАВЉАЊЕ РЕЗИСТЕНЦИЈОМ ШТЕТОЧИНА И ПАТОГЕНА

5.1. Примена резистентних сорти биљака и стратегије развоја сорти

Један од кључева ефикасне заштите од штеточина и патогена је развој и примена отпорних сорти биљака које природно одолевају или су отпорније на штеточине и патогене. Отпорне сорте и стратегије развоја сорти омогућавају одрживију и мање зависну производњу биљака од хемикалија. Код отпорности треба споменути резистентне и толерантне сорте биљака. Резистентне сорте значе да штеточина није у стању да зарази биљку, док толерантна биљка значи да до инфекције долази, али се симптоми не развијају или нису довољно озбиљни да проузрокују значајну штету.

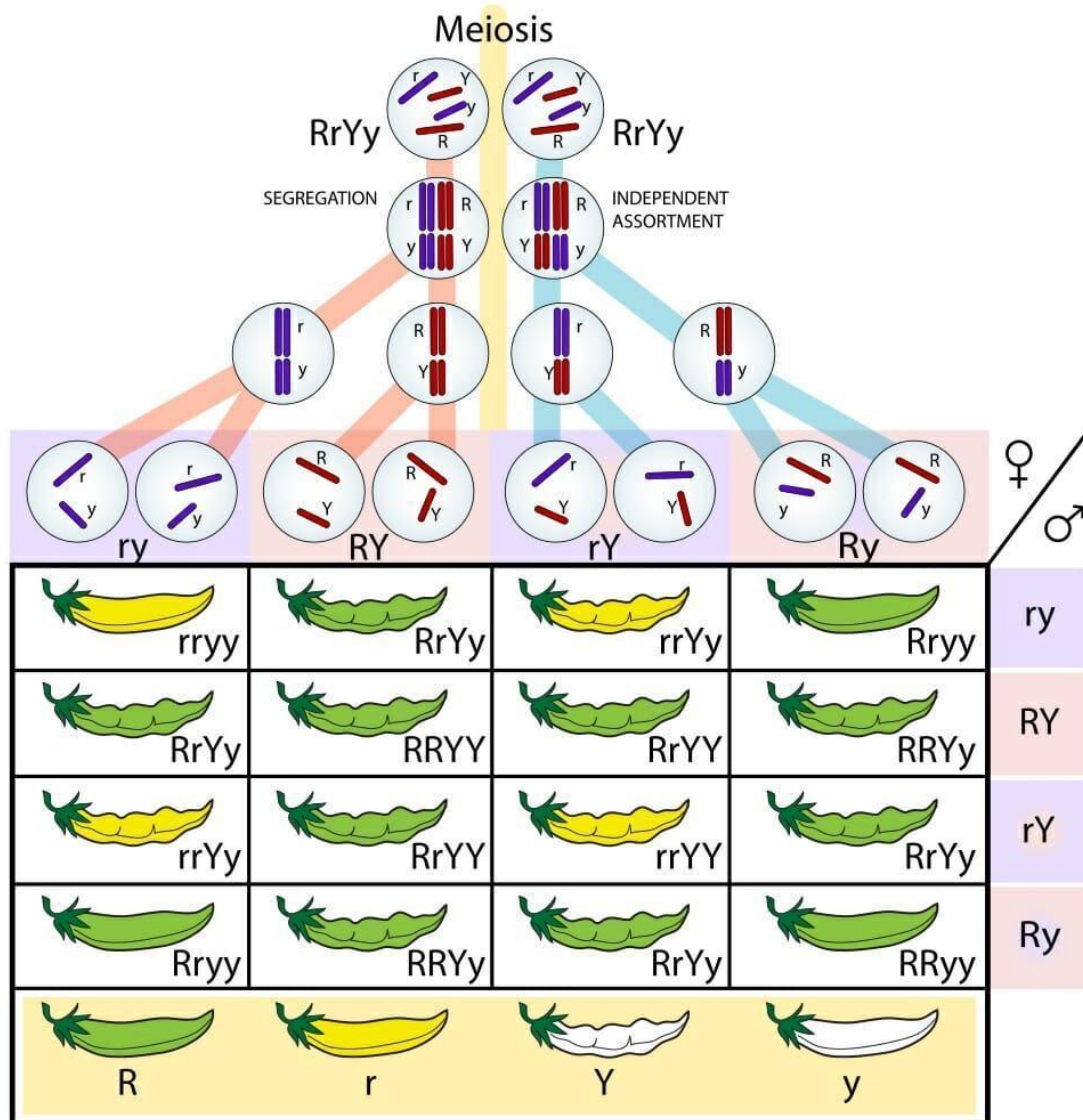
Предности примене отпорних сорти биљака и стратегија развоја сорти:

- **Смањење употребе хемикалија:** Отпорне сорте биљака мање су подложне инфекцијама штеточинама и патогенима, што значи да је за њихову заштиту потребно мање пестицида.
- **Одрживост животне средине:** Природна резистенција отпорних биљака смањује загађење животне средине хемикалијама.
- **Економска ефикасност:** Отпорне биљке могу донети већи принос и бољи квалитет, побољшавајући економске резултате.

- **Смањење ризика од развоја резистенције:** С обзиром да се код отпорних биљака не користе или се користи мање пестицида, смањује се ризик од развоја резистенције штеточина и патогена на пестициде.

Методe примене отпорних сорти биљака и стратегија развоја сорти могу укључивати:

Селекција и традиционално укрштање: Кроз укрштање различитих сорти биљака и селекцију, стварају се биљке које су отпорније на штеточине и патогене (слика 5.1.). Овај метод је спор и скуп процес, али се тако добијене сорте могу користити у земљама где је узгој ГМО биљака забрањен.



Процес укрштајног оплемењивања (5.1)

Молекуларне методе: Савремене биотехнолошке методе као што су уређивање гена или генетска модификација омогућавају циљано увођење гена отпорности у биљке. Процес почиње откривањем и идентификацијом гена одговорних за отпорност, а затим њиховом локализацијом и дефинисањем. Следи циљано уношење гена и тестирање очекиваног ефекта. Ако су ови кораци успешни, следећи корак је одобрење сорте.

Очување генетске разноврсности: Очување генетске разноврсности и укрштање отпорних сорти може помоћи у одржавању дугорочне отпорности. Отпорност на неке патогене и штеточине је кодификована од стране више гена, па очување генетског фонда и природно мешање могу побољшати ниво отпорности.

Примена отпорних сорти биљака и стратегија развоја сорти је неодвојив део модерне пољопривредне праксе, који омогућава одрживу и ефикасну производњу биљака. Постоје врсте чије је опстанак и могућност узгоја кључно побољшање отпорности. Узгој отпорних или толерантних сорти доприноси смањењу употребе хемикалија и побољшању економских резултата.

5.2. Отпорне биљке и генетичке манипулације за ефикасну заштиту од штеточина и болести

Отпорне биљке и генетичке манипулације нуде ефикасан и иновативан приступ у заштити од штеточина и болести, који омогућавају повећање приноса и квалитета биљака, уз истовремено смањење употребе хемикалија и еколошког оптерећења. Напредна биотехнологија омогућава циљане измене гена како би се повећала отпорност биљака на штеточине и патогене.

- Опште методе примене отпорних биљака и генетичких манипулација могу бити следеће:
- **Уношење гена:** Увођење страних гена у биљке који кодирају протеине или супстанце које поспешују отпорност. Ова метода се назива генетска трансформација. Уношење гена одговорног за резистенцију или појединачну особину може се извршити генском пушком, када се генетски материјал уноси у ткиво биљке помоћу компримованог ваздуха са циљем да се генетски материјал угради на одговарајуће место и изрази.
- **Уређивање гена:** У претходно описаним методама трансформације ради се о релативно нетачном, случајном уносу већ постојећег гена. Насупрот томе, метода уређивања гена заснива се на прецизној промени једног нуклеотида у постојећим генима биљака, што може довести до развоја отпорности. Пример за ово је CRISPR-Cas9 систем откривен 2020. године.
- **Укрштајно оплеменењивање:** Стварање нових сорти кроз укрштање различитих биљних сорти традиционалним методама. У овој методи, један родитељ носи гене отпорности, док други носи друге позитивне особине (нпр. висок принос).

Примена отпорних биљака и генетичких манипулација представља напредну могућност за одрживу пољопривреду и узгој биљака. Отпорност и патогени или штеточине заједно се развијају природним путем. Ако биљка развије отпорност према одређеном патогену или штеточини, велика је вероватноћа да ће се у будућности појавити сој штеточине који ће пробити ту отпорност и процес ће се поновити.

5.3. Одрживо управљање резистенцијом и превенција развоја резистенције

Одрживо управљање резистенцијом и превенција развоја резистенције су кључни за заштиту од штеточина, патогена и корова. Ефикасне мере против развоја резистенције и њено одржавање на дуге стазе обезбеђују одрживу и успешну производњу биљака.

Одрживо управљање резистенцијом обухвата методе које се фокусирају на смањење, заобилажење и превазилажење већ постојеће резистенције код штеточина. Превенција развоја резистенције захтева свесне одлуке и праксе у заштити биљака.

Разлози за развој резистенције обично леже у неправилно примењеним третманима пестицидима. Резистенција се може развити из више разлога:

Неправилна доза: Ако се пестициди не примењују у препорученим дозама, неки појединци штеточина могу преживети третман и постати отпорни на активну супстанцу.

Недостатак ротације пестицида: Коришћење истог активног састојка или групе активних састојака више пута за редом без ротације може довести до развоја резистенције. Упутства у дозволама за употребу пестицида укључују препоручену технологију, дозу и максималан број примена. Непоштовање ових упутстава може резултирати појавом отпорних популација. Ако се појави отпоран сој штеточине, одговарајућим третманом може се држати под контролом у усеву. У стакленицима (за разлику од плантажа), опција је замена усева. На пример, ако се развије резистенција у штеточини која напада само парадајз, замена усева другим културама може бити решење. Ово је озбиљна економска одлука јер захтева прилагођавање технологије узгоја, али је ефикасно решење.

Ротација активних састојака пестицида је метода за управљање и превенцију резистенције. Ако штеточина постане отпорна на одређени активни састојак или групу састојака, потребно је заменити их пестицидима са различитим механизмом деловања. Могућност за ову праксу је све више ограничена због смањене доступности активних састојака, па је опција прелазак на биолошку заштиту биљака, јер се отпорност штеточина на корисне организме као што су бубамаре још није развила.

Превенција развоја резистенције и одрживо управљање постојећом резистенцијом се постижу комплексним методама, укључујући интегрисане мере заштите биљака. Ове мере укључују употребу отпорних сорти, рационалну и засновану хемијску заштиту, као и комбиновану примену биолошких и биотехнолошких метода.

Одрживо управљање резистенцијом и превенција развоја резистенције су од кључне важности за дугорочну и одрживу заштиту биљака. Ове мере помажу у минимизирању штета које наносе штеточине и патогени.

6. КЛИМАТСКИ УТИЦАЈИ У СТАКЛЕНИКУ И ЗАШТИТА БИЉАКА

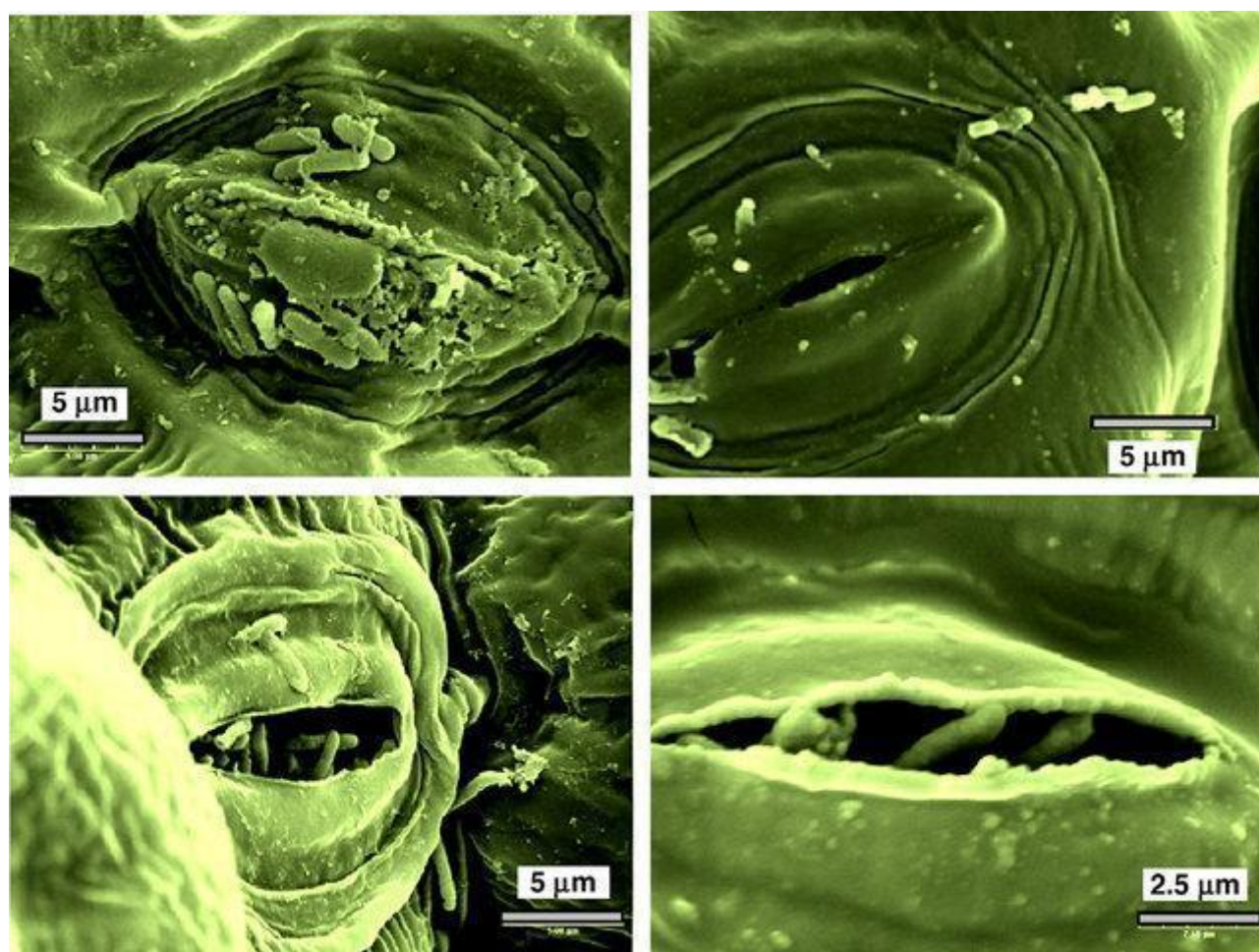
Контрола климе у стакленику је један од темељних аспеката унутрашње производње биљака. У поређењу са узгојем на отвореном, једна од највећих разлика је минимизирање ризика узрокованих временским условима.

6.1. Утицај климатских промена на појаву штеточина и патогена у стакленицима

Промена температуре и влажности утиче на појаву штеточина и патогена, утиче на еколошку равнотежу и може олакшати или отежати ефикасну заштиту биљака. Ефекти температуре и влажности на појаву штеточина и патогена у стакленицима: Промена активности штеточина: Повећање температуре до одређене мере појачава активност штеточина. Температура околине има велики утицај на развој штеточина, посебно инсеката, јер ови организми не могу да регулишу своју телесну температуру. У њиховом развоју разликујемо праг температуре за развој, оптималну температуру за развој и максималну температуру. Брзина њиховог развоја и број генерација које се јављају зависи од температуре ваздуха.

Однос штеточина и влажности није увек тако јасан. Постоје штеточине чије размножавање омета висока влажност, попут паучинастих гриња, које се размножавају у сувим и топлим условима у стакленицима. С друге стране, висока влажност привлачи мраве.

Патогени: Најчешће групе патогена су биљни вируси, бактерије и гљиве. Ширење вируса у великој мери зависи од активности вектора, док се за бактерије и гљиве генерално може рећи да им висока температура и влажност погодују за инфекцију. Бактерије се у влажним условима могу активно кретати и тако лако доспевају до инфекцијских тачака на биљци, као што су стомате (слика 6.1). За клијање спора гљива такође је потребна одређена количина влаге на биљци. Након клијања спора, гљива почиње да наноси штету или на површини биљке или у њеним ткивима.



Гасне размене на листу као примарне тачке инфекције (6.1)

Симптоми појаве: Симптоми изазвани штеточинама могу бити различити на различитим температурама и влажности. Постоје вирусни симптоми који се маскирају на високим температурама, док су на нижим температурама лако уочљиви. Код болести изазваних бактеријама, бактеријска слуз која се појављује на пегама обично је повезана са високом влажношћу.

Промена подручја појаве: Мониторинг климе у стакленицима је важан јер почетне инфекције могу бити локализоване. Ако узгајивач добро познаје микроклиму у стакленику, може предвидети појаву болести или штеточина на одређеним подручјима и предузети превентивне мере на тим местима.

Изазови у заштити: Брзо променљиви временски услови у стакленику могу отежати правовремену заштиту, што може повећати ризик од ширења штеточина и патогена. У томе могу помоћи аутоматски системи за мониторинг и анализа података који су већ раније поменути. Најважнији елемент је мониторинг климе, где се више параметара мери, бележи и анализира на различитим местима помоћу сензора.

Прогноза заштите биљака: Захваљујући истраживањима, данас постоји све више развојних модела који описују биологију и развој штеточина и патогена. Ови модели често користе метеоролошке податке за израчунавање тренутне фазе развоја штеточина или вероватноће њихове појаве. Примена оваквих система у стакленицима је очигледно решење, а системи могу слати упозорења када временски услови буду погодни за појаву штеточина. Овакви системи могу помоћи у планирању благовремене заштите и прогнози ширења штеточина и патогена.

6.2. Оптимизација микроклиме у стакленику за стварање неповољних услова за штеточине и болести

Оптимизација микроклиме у стакленику је стратегија која има за циљ стварање неповољних услова за штеточине и болести у стакленику, као и стварање оптималног окружења за биљке. Овакве мере помажу у смањењу популације штеточина и ширења патогена, доприносећи ефикасној заштити биљака и одрживој производњи у стакленику.

Најважнији циљ оптимизације микроклиме у стакленику из аспекта заштите биљака је помоћ у борби против штеточина и патогена. Стварање оптималне микроклиме за биљке подстиче њихов развој, а уз одговарајућу исхрану, јаке и здраве биљке мање су подложне нападима штеточина, јер њихови одбрамбени механизми могу благовремено да се активирају. Ако је усев довољно прозрачан, влажност се може одржавати на оптималном нивоу, што смањује могућност појаве патогена. Истовремено, штеточине имају мање места за скривање од хемијских третмана или природних непријатеља.

Оптимизација микроклиме у стакленику је веома важна, на пример, за контролу гриња, али се и сива плесан може избећи одговарајућом вентилацијом (слика 6.2.).



Симптоми инфекције грињама на листу (6.2)

6.3. Стратегије за оптимизацију микроклиме у стакленику

Регулација температуре и влажности: Постављање оптималне температуре и влажности како би се створили неповољни услови за штеточине и болести. На пример, употреба уређаја за одvlaживање може помоћи у избегавању прекомерне влажности.

Вентилација и проток ваздуха: Обезбеђивање адекватне вентилације и протока ваздуха може помоћи у смањењу влаге и спречавању ширења патогена. Аутоматски системи за вентилацију обезбеђују замену свежег ваздуха и често помажу у регулисању температуре у стакленицима.

Регулација интензитета светлости, употреба сенки: Ови уређаји имају за циљ обезбеђивање оптималних светлосних услова за биљке. Неки штеточине и болести преферирају тамније, сеновите услове, па регулисање интензитета светлости може спречити њихов развој. Сенке помажу у избегавању прекомерног повећања температуре, сунчевих опекотина и прекомерног хлађења током ноћи (енергетске завесе), и зато су основни алат за контролу температуре и влажности.

Оптимизација управљања водом: Регулација водоснабдевања и наводњавања такође може помоћи у стварању одговарајуће микроклиме. Прекомерна влажност може допринети ширењу болести, посебно оних које се налазе у земљишту и које се шире водом.

Ови примери имају за циљ да покажу како се регулацијом различитих фактора микроклиме у стакленику могу створити неповољни услови за штеточине и болести. Постављање оптималне микроклиме је ефикасан алат у заштити биљака, смањујући употребу хемикалија и подстичући одрживу производњу биљака.

6.4. Управљање променама климе у стакленику уз помоћ прецизне заштите биљака

Током гајења у стакленицима, контрола климе је од суштинског значаја за оптимизацију здравља биљака и приноса. Међутим, ефекти климатских промена могу отежати одржавање стабилног окружења у стакленику. Прецизна заштита биљака може ефикасно помоћи у управљању и оптимизацији промена климе у стакленицима.

Изазови у управљању климом у стакленицима:

- **Флуктуације температуре и влажности:** Температура и влажност су блиско повезани фактори. Влажност ваздуха се не кондензује на површини биљака док је температура изнад тачке росе. Флуктуације температуре узроковане климатским променама могу негативно утицати на раст биљака и њихову осетљивост на болести. Дневно јако загревање подстиче развој инсеката, док одржава ниску влажност, док брзо хлађење може довести до кондензације на површини биљака, што погодује појави патогена.
- **Промене светлосних услова:** Екстремни светлосни услови могу утицати на фотосинтетичку активност биљака и ниво стреса. Висок интензитет светлости може шокирати тек засађене саднице, које је потребно постепено привикавати на услове у стакленику.

Алатке прецизне заштите биљака за управљање променама климе:

- **Мониторинг заснован на подацима:** Аутоматизовани сензори омогућавају континуирано праћење климе у стакленику, укључујући температуру, влажност и друге параметре.
- **Реалне временске прогнозе:** Уз помоћ прецизне заштите биљака, коришћењем стварних метеоролошких података можемо правити прецизније прогнозе о предстојећим променама и припремити се за потенцијалне опасности.
- **Циљане интервенције:** На основу мониторинга заснованог на подацима и временских прогноза, можемо предузимати циљане мере за оптимизацију климе у стакленику. На пример, пре пораста температуре можемо повећати вентилацију или подесити систем за сенчење.
- **Прецизно наводњавање:** На основу података можемо подесити аутоматски систем за наводњавање како би биљке увек добијале одговарајућу количину воде, смањујући проблеме изазване прекомерном влажношћу.
- **Мониторинг штеточина и патогена:** Прецизна заштита биљака омогућава рано откривање штеточина и болести, тако да се могу предузети хитне мере.

Применом прецизне заштите биљака, произвођачи могу боље да се припреме за климатске промене и заштиту биљака. Одлучивање на основу података и циљане интервенције омогућавају оптимизацију климе у стакленику, минимизирајући стрес и повећавајући принос.

7. ЗАШТИТА БИЉАКА И ОДРЖИВОСТ

7.1. Интеграција аспеката одрживости у стратегије заштите биљака

Заштита биљака и одрживост. Заштита биљака је основни елемент савремене пољопривреде, са циљем заштите биљака од штеточина, болести и стреса изазваног окружењем. Међутим, методе које се користе у заштити биљака често утичу на одрживост. Веза између заштите биљака и одрживости је од кључног значаја за очување биодиверзитета и еколошке равнотеже.

Кључни аспекти:

1. **Смањење употребе пестицида:** Прекомерна употреба пестицида доводи до загађења животне средине и штете за нехумане врсте, као и до развоја резистенције код штеточина и патогена. Примена стратегија интегрисане заштите биљака (ИПМ), које комбинују агротехничке, хемијске, биолошке и биотехнолошке методе, може минимизирати негативне утицаје на животну средину.
2. **Очување биодиверзитета:** Интегрисана заштита биљака узима у обзир очување природних непријатеља, опрашивача и других корисних организама. Методе које промовишу биодиверзитет на пољопривредним подручјима и око њих доприносе очувању екосистемске равнотеже, што дугорочно доноси многе предности.
3. **Ефикасно коришћење ресурса:** Одржива заштита биљака оптимизује коришћење ресурса. Технике прецизне пољопривреде, засноване на подацима и технологији, омогућавају циљане мере заштите, минимизирајући расипање и утицај на животну средину. Важно је применити разумну, на прогнозама засновану и циљану заштиту биљака.

4. **Прилагођавање климатским променама:** Како климатске промене утичу на штеточине и патогене, одрживе методе заштите биљака морају се прилагодити новим изазовима. Примена отпорних сорти биљака, увођење пракси које се прилагођавају климатским променама и интеграција напредних технологија за праћење могу повећати успех и довести до одрживог газдовања.

Предности заштите биљака и одрживости:

1. **Дугорочна стабилност приноса:** Одрживе методе заштите биљака доприносе стабилним и конзистентним приносима, осигуравајући безбедност хране и економску стабилност.
2. **Здравље екосистема:** Промовисање биодиверзитета и смањење употребе хемијских пестицида одржавају здравље екосистема и доприносе безбедности хране.
3. **Мањи еколошки отисак:** Интегрисани приступи смањују негативне ефекте пољопривреде на квалитет ваздуха, земљишта и воде.
4. **Економска одрживост:** Одрживе праксе често побољшавају управљање ресурсима, смањују трошкове и повећавају профитабилност пољопривредника.
5. **Прилагођавање климатским променама:** Приступи који се фокусирају на одрживост омогућавају прилагођавање климатским условима, омогућавајући пољопривредницима да ублаже ризике повезане са климатским променама.

У закључку, заштита биљака и одрживост заједно могу створити отпоран и еколошки уравнотежен пољопривредни систем. Коришћењем интегрисаних, научно заснованих приступа и технолошких иновација, пољопривреда може напредовати, истовремено очувавајући животну средину за садашње и будуће генерације.

7.2. Утицај пестицида и метода заштите биљака на животну средину и квалитет воде

Заштита биљака је кључна у биљној производњи, али је утицај примењених пестицида и метода заштите на животну средину и квалитет воде веома важан аспект. За очување еколошке равнотеже и унапређење одрживе пољопривреде, заштита биљака мора бити у складу са принципима заштите животне средине.

Најважнији утицаји хемијских пестицида:

Опасност по воду: Неправилно коришћени или складиштени пестициди могу се испирати и продирати у подземне воде или водене токове, загађујући их. Пестициди су сврстани у категорије опасности по воду. Категорије опасности по воду се одређују на основу леталне концентрације (LC50) у милиграмима по литру (mg/l) и мере безбедносне удаљености (m). Летална концентрација показује колико је потребно супстанце да би 50% риба угинуло. Безбедносна удаљеност је мера у метрима од стајаћих вода у којој је употреба пестицида забрањена.

Класификација LC50 (mg/l) Безбедносна удаљеност (m)

Изузетно опасни: < 0,1 200

Умерено опасни: 0,1 – 5 50

Средње опасни: 6 – 50 20

Није опасан: > 50 5

Опасност по пчеле: Одређени пестициди могу бити токсични за пчеле, утичући на опрашивање и популацију пчела. Пре него што препарат са одређеним активним супстанцама

буде пуштен у промет, испитује се његов утицај на пчеле као најважније опрашиваче и на друге некорисне организме. Три главна фактора која се узимају у обзир су:

Опасност по пчеле: Одређени пестициди могу бити токсични за пчеле, утичући на опрашивање и популацију пчела. Пре него што препарат са одређеним активним супстанцама буде пуштен у промет, испитује се његов утицај на пчеле као најважније опрашиваче и на друге некорисне организме. Три главна фактора која се узимају у обзир су:

1. **Летална доза LD50 (mg/kg):** Количина пестицида по килограму телесне масе експерименталних животиња (пацова) у милиграмима, која након оралног давања доводи до угинућа 50% тестираних животиња. Директна контактна токсичност (ДКТ): Проценат пчела које угину након директног контакта са пестицидом. Токсичност контактнoг остатка (ТКО): Време током којег активна супстанца задржава токсичност (у овом случају пчеле се излажу остатку сваки сат).

На основу ових показатеља, три категорије опасности по пчеле су следеће:

Изузетно опасни за пчеле: Препарати са овим активним супстанцама изазивају 90-100% угинућа пчела при директном контакту и задржавају токсичност око 12 сати. Њихова употреба је забрањена на цветајућим биљкама, као и у случајевима када културу или њену околину масовно покривају цветајуће биљке, односно када пчеле из других разлога посећују културу.

Умерено опасни за пчеле: Препарати са овим активним супстанцама изазивају 60-100% угинућа пчела при директном контакту и задржавају токсичност око 8 сати. Њихова примена је дозвољена током цветања након завршетка дневног лета пчела, сат времена пре заласка сунца и мора бити завршена до 23:00.

Безопасни за пчеле: Редовна употреба активне супстанце не представља опасност за пчеле. Могу се користити на цветајућим биљкама у близини пчела, али се морају поштовати ограничења наведена у дозволи за употребу – ако постоје.

Биолошка заштита биљака:

Увођење предатора или паразита: Мере које се примењују у биолошкој заштити биљака могу имати нежељене ефекте, као што је прекомерно размножавање уведених предатора или паразита. Дobar пример за то је појава и ширење харлекинске бубамаре у Мађарској. У оваквим случајевима долази до нарушавања еколошке равнотеже. Ако нова врста пронађе одговарајућу средину и нема предатора или је успешнија од конкурената, њено размножавање може трајати неограничено време без препрека.

Органска заштита биљака:

Разградња у околини: Органски пестициди обично се брже разграђују у околини, смањујући трајне ефекте. Међутим, и они могу имати утицај на животну средину, посебно када се примењују у великим количинама.

Ефикасност: Ефикасност органских пестицида може варирати и они могу бити осетљиви на време и методе примене.

Еколошка заштита биљака ради очувања квалитета воде:

Интегрисани приступ заштити биљака комбинује различите методе заштите како би се минимизирали утицаји на животну средину и смањила употреба хемикалија. Технике и додаци који се користе током прскања могу смањити испаравање пестицида, чиме се смањује оптерећење околине. Коришћењем података за доношење одлука и циљаних интервенција, могуће је смањити употребу пестицида и њихов штетан утицај, јер се примењују само на

неопходним местима и у одговарајућим временским периодима. Да би се ублажили ефекти заштите биљака и подстакла одрживост животне средине, методе које се користе у узгоју биљака морају бити у складу са принципима одрживости, очувањем еколошке равнотеже и квалитета воде.

7.3. Еколошка заштита биљака и улога аграрне биотехнологије у одрживом гајењу биљака у стакленицима

Одржива култивација стакленика је од највећег значаја за глобалну производњу хране и одржавање еколошке равнотеже. Преплитање еколошки прихватљиве заштите усјева и агро-биотехнологије кључно је за промовисање одрживих пољопривредних пракси и повећање ефикасности усева.

Еколошка заштита биљака:

- **Биолошка заштита:** Коришћење природних непријатеља и предатора помаже у заштити од штеточина без потребе за великим количинама хемијских средстава. Ово смањује оптерећење на животну средину и подржава еколошку равнотежу. Органска средства за заштиту биљака: Органска средства која се користе у заштити биљака су мање штетна за животну средину, јер се брже распадају и остављају мање трајне ефекте.
- **Прецизна заштита биљака:** Донесене одлуке на основу података и циљане интервенције омогућавају прецизнију и ефикаснију употребу средстава за заштиту биљака, минимизујући отпуштање вишка хемикалија у животну средину.
- **Интегрисана заштита биљака:** Коришћење алата за заштиту биљака у производњи (комбинација агрономских, хемијских, биолошких и биотехнолошких метода).

Улога аграрне биотехнологије:

Генетички модификоване биљке: Аграрна биотехнологија омогућава генетичке модификације биљака, на пример, развијање отпорности на штеточине и патогене. Користећи отпорне или толерантне сорте може се смањити употреба хемикалија и оптерећење на животну средину.

Ефикасност у коришћењу нутријента и воде: Аграрна биотехнологија може помоћи у развоју биљака које ефикасније користе нутријенте и воду, смањујући потребну количину и минимизујући утицај на животну средину.

Комбинација еколошке заштите биљака и аграрне биотехнологије отвара нове димензије у одрживом гајењу биљака у стакленицима. Ови приступи омогућавају ефикасну контролу штеточина и патогена, док минимизују оптерећење на животну средину и подржавају биолошку разноврсност. У будућој пољопривреди, ова решења су неопходна за осигуравање одрживости и стабилности глобалне производње хране.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Agrios, G.N. (1997): Plant Pathology (4th ed.). Academic Press. San Diego California.
2. Bán R. (2006): Növénykórtan. Egyetemi jegyzet. Gödöllő.
3. Barna, B., Érsek, T., Gáborjányi, R., Kiss, L., Klement, Z., Ott, P., Szécsi, Á. (1998): Növénykórokozó mikroorganizmusok. Budapest. ELTE Eötvös Kiadó.
4. Bognár, S., Huzián, L. (1979): Növényvédelmi állattan. Mezőgazdasági Kiadó.
5. Ciancio A., Mukerji K. G. (2007): General concepts in integrated pest and disease management Springer, Dordrecht, The Netherlands

6. Gáborjányi, R., Almási, A., Király, Z. (2007): Molekuláris növénykórtan: támadás és védekezés. Budapest. Agroinform.
7. Glits M., Horváth J., Kuroli G., Petróczi, I. (1997): Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest
8. Glits, M., Folk, Gy. (2000): Kertészeti növénykórtan. Budapest. Mezőgazda Kiadó Kft.
9. Horváth J. (1999): A szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
10. Horváth J., Gáborjányi R. (1999): Növényvírusok és virológiai vizsgálati módszerek. Budapest. Mezőgazda Kiadó Kft.
11. Hunyadi K., Béres I., Kazinczi G. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest
12. Janse, J.D. (2009): Phytobacteriology. Wallingford. Cabi Publishing.
13. Jenser, G. (2003): Integrált növényvédelem a kártevők ellen. Mezőgazda Kiadó, Budapest
14. Kádár A. (2014): Vegyszeres gyomirtás és termésszabályozás. Mezőgazda Kiadó, Budapest
15. Ocskó Z., Erdős Gy., Molnár J. (2023): Növényvédőszerek, termésnövelő anyagok I. Agrinex Bt., Budapest
16. Peshin R., Pimentel D. (2014): Integrated pest management Vol. 4.: Experiences with implementation, global overview. Springer, Dordrecht, The Netherlands
17. Radcliffe E.B., Hutchison W.D., Cancelado R.E. (2008): Integrated pest management: concepts, tactics, strategies and case studies. Cambridge University Press, Cambridge, UK
18. Sambrook, J., Fritsch, E. F., Maniatis, T. (1989): Molecular Cloning: a Laboratory Manual. 2nd edition. Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor. NY. U.S.A.
19. Vének G., Nagy G. (2011): Kártevők és kórokozók a kertben. Cser Kiadó, Budapest

ПОГЛАВЉЕ 3.

ИНОВАТИВНИ НАСТАВНИ МЕТОДИ У 21. ВЕКУ

Аутор: Hartyányi Mária - iTStudy Hungary – Центар за образовање и истраживање у области рачунарства д.о.о. (ориг. iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft.)

1. Увод

У складу са појавом нових технологија, све је већа потреба за континуираним обнављањем наставних метода на свим нивоима образовања. Решења која се користе у паметним пластеницима која такође интегришу вештачку интелигенцију захтевају сложена знања и вештине, које често треба подучавати изван оквира традиционалних, фронталних метода подучавања. Наглашавају се интерактивне, искуствене методе учења, које природно подржавају активно учешће ученика, подстичу самостално истраживање проблема и развијају независно размишљање.

У наредним поглављима желимо да пружимо практичне смернице едукаторима да своје ученике упознају са применом савремених хортикултури технологија на искуственији и ефикаснији начин. Међу активним методама учења, детаљно се фокусирамо на методу пројекта, јер овај образовни приступ омогућава студентима да истраже и разумеју сложене процесе који су укључени у рад паметних пластеника кроз директно искуство и професионалне сценарије из стварног живота. Пројекти који се спроводе у сарадњи са спољним компанијама не само да олакшавају студентима стицање професионалног знања, већ им помажу и да развију основне преносиве вештине – као што су комуникација, сарадња, креативност и критичко размишљање – које су неопходне за успех на данашњем тржишту рада.

2. Иновативни наставни методи у 21. веку

У традиционалној учионици, наставник стоји испред разреда за катедром и објашњава, тако да се час углавном одвија кроз једносмерну комуникацију: наставник говори, ученици слушају и, у најбољем случају, обраћају пажњу. Повратна информација је минимална.



„Мислим да је то мало претеривање, али има пуно истине у томе када кажемо: када идете у школу, добијете трауму да морате престати да учите, морате прихватити да ћете од сада бити подучавани.“

Seymour Papert 2000, <http://www.papert.org/articles/freire/freirePart1.html>

Одржава се предавање и објашњење, ученици слушају и на основу уџбеника полажу испит знања. Циљ учења је успешан испит! Успех на испиту остаје важан, али се фокус мења захваљујући активним методама учења и наставе. Током учења, циљ није само успешан испит

и пасивно усвајање знања. Подстичимо их да се укључе и буду активни учесници у процесу учења.

Услови за примену активних метода учења према реформским педагозима 19. века:

- Прихватајућа и отворена атмосфера на часу која буди унутрашњу радозналост.
- Наставни садржај који је повезан са претходним искуствима и животом ученика.
- Заједничка атмосфера погодна за развој социјалног и демократског понашања.



Извор: Shutterstock

Постоје бројни педагошки алати који подржавају активно учење, почев од једноставнијих облика рада на часу, као што је групни рад, до сложенијих метода, као што је метода обрнуте учионице. Најпознатије и најраспрострањеније активне методе учења укључују следеће:

- Пројектно засновано учење
- Метода обрнуте учионице
- Учење засновано на искуству
- Учење откривањем
- Истраживачко учење



<https://www.youtube.com/watch?v=OOSQFjzsnGY&t=14s>

Додатни видео снимци о методи обрнуте учионице на [Flip-IT! YouTube](#) каналу!

Ученици су у средишту процеса учења, али одговорности и задаци наставника се не смањују. Напуштајући уобичајену улогу преносиоца знања и повлачећи се у позадину, наставник повремено препушта управљање ученицима. Активан час који се одвија кроз групни рад захтева више припреме него традиционално предавање. Наставник мора истовремено да обраћа пажњу на више ствари како би ученике укључио у обраду наставног садржаја. Без темељног планирања, управљања и контроле, час се лако може претворити у хаос.

Да ли се додатни рад и улагање исплате? Док се спољашња контрола смањује, аутономија ученика се повећава, а самосталан рад носи већу одговорност. Ученици у одређеним питањима доносе самосталне одлуке и за грешке и недостатке могу кривити само себе. Кроз сопствена искуства и препреке, знање ће се дубље усидрити него када тихо седе и слушају наставниково објашњење.



Извор: [Дигитални мени](#)

На веб страници Дигитални мени можемо пронаћи описе и других активних метода учења.

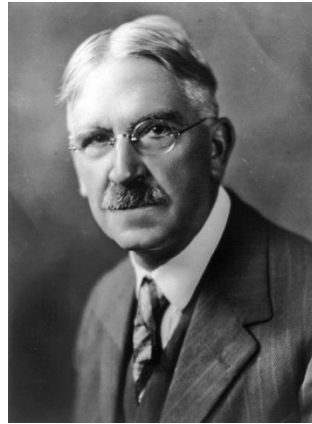
3. АКТИВНО УЧЕЊЕ – ИСТОРИЈСКИ КОРЕНИ ПРОЈЕКТНОГ МЕТОДА

Почетком 19. века појавила се реформска педагогија, укључујући пројектни метод, као реакција на неуспехе крутих образовних система који су служили масовном образовању.



Извор: Shutterstock

Први свеобухватан опис појма активног учења везује се за Џона Дјуија, америчког филозофа образовања, који је 1899. године објавио педагошке принципе „учења кроз деловање“ који су и данас важећи. Према Дјуију, образовање треба да буде повезано са свакодневним животом и искуствима ученика, као и да се фокусира на решавање стварних проблема.



John Dewey (Wikipédia)

Ученик Дјуија, Вилијам Херд Килпатрик, први је користио назив „пројектни метод“ у практичном водичу за наставнике. Према његовом мишљењу, суштина методе лежи у сарадњи међу ученицима. Тада је озбиљан отпор изазвала идеја да ученици не морају да седе са скрштеним рукама на часу. Традиционални, строги и ауторитарни образовни систем није био отворен за субверзивне педагошке принципе које су ширили Дјуи и његове колеге.

Технолошка експлозија 21. века и убрзани економски развој чине неопходним обнову образовања, па пројектни метод заузима истакнуто место међу методама погодним за педагошку реформу.

Која су најосновнија очекивања од образовања у 21. веку?

- Промена фокуса са меморисања наставног садржаја на развој вештина (на пример, критичко размишљање, решавање проблема, креативност, прилагодљивост и др.). Стицање знања кроз примену информација уместо пуне меморизације чињеница и података.
- Коришћење дигиталних алата, онлајн извора и технологије у учионицама ради побољшања искуства учења. Припрема ученика за дигитални свет, побољшање њихове дигиталне писмености и развој компетенција коришћењем образовног софтвера, интерактивних модула за учење и платформи које подржавају учење на даљину.
- Прилагођавање образовања индивидуалним стилима учења, потребама и темпу ученика. Адаптивне технологије за учење, флексибилни наставни планови и диференциране наставне стратегије како би сваки ученик могао ефикасно да учи.
- Припрема ученика за успешан живот у све повезанијем свету, сарадња са другима, интеграција глобалне перспективе и подстицање учења страних језика у наставним плановима.
- Укључивање одрживости у наставне планове како би ученици упознали еколошке изазове, основне принципе одрживог начина живота и свесно настојали да очувају животну средину.

- Прихватање учења као животног стила, као процеса који траје целог живота и иде даље од формалног школовања. Образовање одраслих, стручна усавршавања, онлајн платформе за учење које се прилагођавају променљивим потребама радне снаге.
- Одмак од традиционалног стандардизованог тестирања ка разноврснијим облицима оцењивања који могу прецизно мерити вештине и знање ученика. Ово може укључивати процену портфолија, стручне процене и задатке за решавање стварних проблема.

Најважнији елементи учења заснованог на пројектима



Извор: Center for Project Based Learning, Sam Houston State University, USA <http://www.shsu.edu/centers/project-based-learning/images/PBL-Essential-Elements-Revised20130802.jpg>

- **Наставни садржај:** тема прилагођена наставном плану, научна темељитост. Наставници започињу пројекат акцијом која побуђује интересовање ученика и подстиче их на питања. Акција може бити пуштање видео снимка, разговор, гостујући предавач, екскурзија, лабораторијско искуство итд.
- **Водеће питање:** након разговора и мозгалице, ученици формулишу централно питање које одређује циљ пројекта. Питање треба да буде провокативно, отворено, сложено и повезано са наставним садржајем и очекиваним исходима учења.
- **„Глас ученика“, могућност избора:** интересовање ученика привлаче изазовни задаци које сами бирају. Ученици планирају резултате пројекта (на пример, извештај о пројекту, дигиталне и усмене презентације, визуелне демонстрације).
- **Вештине 21. века:** сарадња игра централну улогу у пројектном методу. Пројекат треба да омогући ученицима да развију вредне вештине 21. века, као што су сарадња, комуникација, критичко размишљање и коришћење дигиталних алата, који ће им помоћи у каснијем радном окружењу и у животу.
- **Интересовање и иновација:** мозгалица помаже ученицима да генеришу нове идеје и питања.
- **Повратна информација и ревизија:** док ученици развијају своје идеје и производе, тимови виде, оцењују и критикују рад једни других. Наставник проверава белешке, нацрте и планове и прати напредак.
- **Јавно приказан производ:** тимови ученика представљају своје резултате, закључке и решења публици, као што су вршњаци, родитељи, представници заједнице, пословних и владинских организација и стручњаци из различитих индустрија.

Пројектни метод помаже ученицима да повежу знања стечена у различитим предметима и примене их у пракси. Подстиче активно учење, повезује наставни садржај са стварним, животним проблемима, подстиче сарадњу, развија критичко размишљање и комуникационе вештине кроз дебате, заједничко решавање задатака и проблема. Обично се каже да је 21. век век пројеката, пројектни приступ је присутан у свим сегментима економског живота, што данас чини примену пројектног метода посебно актуелном.

У наредним поглављима, полазећи од основних појмова пројеката у економском животу, доћи ћемо до педагошких пројеката, како бисмо кроз интеграцију метода пословних пројеката приближили образовање захтевима тржишта рада.

4. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ ПОСЛОВНИХ ПРОЈЕКТА

Компаније и предузећа могу остати конкурентна у динамичном економском окружењу само ако су способна да иновативним развојем адекватно и брзо одговоре на захтеве тржишта. Јединствени и једнократни развојни пројекти захтевају потпуно другачији приступ и радну методологију од менаџмента и запослених у поређењу са уобичајеним свакодневним рутинским задацима.

Пројекат је низ активности које се спроводе у одређеном временском периоду и не понављају се. То је низ циљно оријентисаних, координисаних и контролисаних активности, чије оквире одређују рокови, трошкови и ресурси.

У производњи трактора, израда делова и њихова монтажа одвијају се у добро дефинисаним радним фазама и припадају свакодневним оперативним задацима. Насупрот томе, развој, пројектовање и увођење новог модела трактора на тржиште је пројектни задатак, који захтева једнократне радне процесе који се разликују од уобичајених свакодневних задатака.

Оперативни задаци служе за несметано функционисање, док пројекат представља јединствену иновацију, излазак из уобичајених свакодневних радних задатака, што увек носи одређене ризике. Број запослених укључених у планирање и развој пројеката зависи од величине пројекта: избор чланова пројектног тима и формирање организације један је од најважнијих корака у покретању пројекта.

Карактеристика пројеката је такозвана „трострука ограниченост“, коју симболизује.



Пројекат троугао (Farkas et al., 2012, p. 7)

Компоненте троструке ограничености:

- Циљеви и планирани резултати
- Доступно време
- Ресурси (алати, новац, радна снага итд.)

Три компоненте су у тесној вези: ако се једна промени, онда најмање једна од преостале две такође мора да се промени, или ако не, квалитет планираних резултата ће трпети. Неколико примера за то:

- Ако се мора радити са мање радника него што је планирано, биће потребно више времена.
- Ако се рок скрати, вероватно ће трошкови порасти.
- Ако се финансијски оквир смањи, то угрожава постизање циљева.
- Ако се рок помери унапред, планирани квалитет не може бити загарантован, осим ако се не повећа неки од других ресурса (на пример, финансијски оквир).

Пројектни учесници

Пројектни учесници (на енглеском: stakeholders) су особе које имају неки интерес у резултатима пројекта и које су на неки начин погођене успехом или неуспехом пројекта. Детаљно планирање увек претходи идентификацији учесника: ко су они који ће директно користити резултате, од кога можемо очекивати подршку, и ко би могао бити заинтересован да постави препреке развоју.

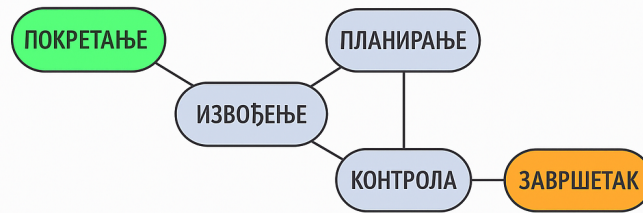
Међу учесницима, посебно важну улогу имају циљна група и пројектни власник. Циљна група укључује оне особе или друштвене групе које ће директно користити резултате пројекта. Они су ти које треба укључити у проверу и оцењивање резултата током целог пројектног периода, од планирања до завршетка.

Пројектни власник је особа или институција која обезбеђује ресурсе, алате и новац за реализацију пројекта. Није потребно посебно образлагање да је изузетно важно да пројектни власник буде обавештен о свим догађајима и проблемима који се јављају током реализације.

У пројекту, у зависности од величине, ради један или више радних тимова, под вођством пројектног менаџера или менаџмент тима. Управљање и контрола су задатак менаџмента, а успех у великој мери зависи од способности пројектних менаџера. За успех пројекта потребан је тим у коме се спајају различите стручности, способности и вештине. Успех зависи од квалитета сарадње, поделе рада, унутрашње и спољашње комуникације, као и од континуиране контроле, оцењивања и повратних информација. Такође је битна способност тима за брзо, флексибилно и сврсисходно „препланирање“ када је то потребно.

Пројектни менаџер или менаџмент тим координира и контролише радове, процењује и управља потенцијалним ризицима и настоји да реши евентуалне проблеме и конфликте. Коначни квалитет резултата у великој мери зависи од стручности експерата и професионалаца који учествују у стручној управи.

4.1. Животни циклус пројекта



Најсложеније радне фазе пројекта, односно његов житни циклус, могу се описати следећом једноставном шемом:

Покретање пројекта, планирање

Житни циклус пројекта почиње са настанком идеје и предлога пројекта, из чега се током планирања мора израдити реално остварив радни план. Пре великих пројеката израђује се студија изводљивости са проценом ситуације, анализом потреба и детаљним образложењем да ли је планирани развој заиста потребан и реално изводљив.

Делови пројектног плана

Кратак, свеобухватан приказ пројектних циљева (зашто, шта, коме, како, чиме, када)
Представљање пројектног тима
- Детаљан радни план
- Детаљан приказ прекретница, радних фаза, задатака и активности, као и планираних резултата
Процена трајања задатака, распоред активности, одређивање прекретница, додела ресурса
Финансијски план
Подела рада, одређивање одговорности
Основна правила сарадње и комуникације
Процедуре и правила контроле, план осигурања квалитета
Анализа ризика, план управљања ризиком

Индикатори

Планирани резултати морају бити описани конкретним бројевима, квалитативним и квантитативним показатељима, такозваним индикаторима. На пример, ако је планирани резултат нова студија, потребно је навести у којем обиму, у којем формату и на колико језика ће бити израђена.

Ако у пројектном плану нема индикатора, онда нема чиме да се мере резултати пројекта, евалуација постаје бесмислена и доводи се у питање да ли се уопште може говорити о резултатима.

Извршење, реализација

Током реализације често се дешава да одређени унутрашњи или спољашњи услови и околности претрпе промене од тренутка када је детаљан пројектни план сачињен. Неочекивани, али циљевима директно утицајни унутрашњи проблеми су саставни део

иновација, јер и спољашње околности (на пример, временски услови) могу ометати напредак по плану. Редовно преиспитивање и потребне измене оригиналних планова су неизбежни, посебно код дужих, више година трајућих пројеката.

Контрола, евалуација, континуирани надзор

Током реализације радови се континуирано прате (контролишу и евалуирају). Свака радна фаза мора бити надгледана, а сваки делимични резултат проверен, јер ако резултат одређене радне фазе није задовољавајући, резултат накнадних радова је такође упитан. Евалуација и потребне интервенције су неизоставни кораци при завршетку прекретница.

Циклично понављање контроле квалитета описује PDCA (Plan-Do-Check-Act) менаџмент метода¹. Радном процесу (do) следи провера (check), када се резултати фазе упоређују са онима описаним у плану на основу индикатора. Уколико се примете одступања, потребно је интервенисати (act), а у случају већих одступања, пре него што се циклус поново покрене, план треба преиспитати (plan) и модификовати.

PDCA циклус је основа за оквир препоручен од стране ЕУ за систем осигурања квалитета у стручном образовању, EQAVET (European Quality Assurance for Vocational Education), о чему више можете сазнати у следећем видеу:



Шта је EQAVET?

EQAVET је европски оквир успостављен ради подршке осигурању квалитета стручног образовања и обуке.
<https://www.youtube.com/watch?v=wH5BKAekqY>

Затварање пројекта

Затварање пројекта је један од најтежих, углавном административних задатака менаџмента, који обухвата следеће подзадатке:

- Свеобухватна завршна евалуација свих резултата и делимичних резултата
- Широко представљање постигнутих резултата
- Припрема административних и финансијских извештаја
- Анализа утицаја: приказ очекиваних ефеката резултата пројекта
- Приказ дугорочне одрживости резултата

¹ Deming-циклус, такође познат и као PDCA циклус, назван је по Вилијаму Едвардсу Демингу (1900–1993), америчком статистичару који је трансформисао методу Plan-Do-Study-Act коју је предложио његов колега Walter A. Shewhart.

Пројектни власник (спонзор) с правом очекује да коначни резултат у потпуности одговара ономе што је описано у плану. У завршној евалуацији није довољно доказати да су бројчани показатељи испуњени, већ треба показати да резултати одговарају очекивањима циљне групе и да пројекат испуњава планиране критеријуме квалитета. Широко представљање постигнутих резултата, посебно циљној групи, служи као припрема за увођење новог производа или услуге на тржиште. Код већих, више година трајућих пројеката, не треба занемарити анализу непосредних и дугорочних ефеката резултата и њихове одрживости, посебно ако резултати решавају шири заједнички или друштвени проблем, као и ако је циљ био развој новог производа, јер је одрживост у економском интересу компаније.

Документација и комуникација

Квалитет документације у основи одређује успех пројекта. Један од најважнијих задатака приликом покретања пројекта је да се чланови тима договоре о средствима комуникације и документације, и на којој дигиталној платформи ће сарађивати. У овом тренутку менаџмент успоставља униформни сет шаблона који ће се користити за евалуацију и записнике.

5. ПРОЈЕКТНИ МЕТОД

Основни појмови

У пројектно оријентисаном учењу, ученици су активни учесници, који кроз различите пројекте или проблеме из стварног живота уче и развијају своје вештине. Педагошки пројекат може бити везан за израду конкретног производа (на пример, софтвера), али може бити и испитивање друштвеног проблема или истраживање одређене теме.

Пројектно оријентисано учење је метод учења и организације наставе у којем ученици, уз променљив степен наставничке помоћи, уче заједно (не само индивидуално), користећи методе и облике рада који се примењују у општем смислу у пројектима. Ученици планирају, организују и израђују опипљиве резултате или производе који најчешће служе интересима шире заједнице.

5.1. Предности пројектног метода

Предности пројектног метода

- Учешћем у пројектима, ученици се сусрећу са стварним проблемима чије решавање захтева креативно размишљање и развијање вештина решавања проблема. Пројектни метод подстиче ученике да критички размишљају, стварају нове идеје и проналазе ефикасна решења за настале изазове.
- Ученици сами бирају теме и раде на пројекту. Ова активност има мотивациони ефекат на њих, јер могу да укључе своја лична интересовања и страсти у процес учења. Активно учешће помаже у превазилажењу досаде и пасивности, те повећава ентузијазам за учење.
- Подстиче учење кроз искуство, јер ученици кроз практичну примену наученог стичу знање и развијају вештине. Рад на проблемима из стварног живота резултира дубљим разумевањем и трајнијим знањем.
- Пројектни метод подстиче сарадњу међу ученицима. Они морају радити заједно, делити идеје и задатке, што развија њихове комуникацијске и социјалне вештине, припремајући их за рад у радном окружењу.

- Омогућава диференцијацију циљева и садржаја учења у складу са индивидуалним потребама ученика. Разноврсност пројеката омогућава ученицима да изаберу теме у складу са својим интересовањима и способностима, што повећава њихову мотивацију за учење.

Пројектни метод је доказано ефикаснији у развоју вештина 21. века у поређењу са традиционалном фронталном наставом. Фокус се помера са предавања на учење, наставник остаје у позадини усмеравајући догађаје, док ученици преузимају главну улогу. У успешној пројектној настави, поред усвајања наставног садржаја, ученици ће бити способни:

- Заједнички формулисати критичка питања везана за дати проблем
- Самостално саставити "истраживачки" радни план
- Изабрати одговарајуће алате за обраду информација и података
- Креирати пројектне производе, текстуалне сажетке, анализе и презентације
- Формирати конструктивну заједницу за учење
- Сарађујући са вршњацима, представити своје идеје и готове пројектне производе
- Оценити своје и заједничке производе и резултате учења

Свеукупно, пројектни метод нуди забаван, искуствен и креативан начин учења који развија критичко размишљање, вештине решавања проблема, сарадње и комуникације. Интерктивно и практично учење помаже ученицима да примене информације у стварним животним ситуацијама, припремајући их за успешан и испуњен живот у одраслом добу.

5.2. Пословни пројекат vs. педагошки пројекат

Несумњиво је да пословни и педагошки пројекти имају много заједничких карактеристика, али разлике су у детаљима. Пројектни метод је представљао педагошку иновацију почетком 20. века јер је помогао да се школа приближи стварном животу.

Заједничке карактеристике

- Оба представљају изазов, јер пројектни рад значи излазак из свакодневне рутине и захтева додатни напор од запослених укључених у пројекат.
- Ниједан не може искључити потенцијалне ризике.
- Оба се одвијају у оквиру временских ограничења и са ограниченим ресурсима.
- Оба имају јасно дефинисан циљ.
- За успех је потребан тим који комбинује различите вештине и организована комуникација.
- Животни циклус радних фаза је идентичан: планирање, реализација, евалуација и затварање.
- Коректна подела рада, планирање и распоред активности су кључни у оба случаја.
- Континуирана евалуација и повратне информације – PDCA циклус – су неопходни у оба случаја.
- Планиране резултате треба описати и подржати мерљивим индикаторима.
- Пројектни учесници морају бити континуирано информисани, посебно на почетку и при завршетку пројекта.

Додата вредност

Поред заједничких карактеристика, важно је установити које могућности постоје у пословним пројектима које могу додати вредност у побољшању квалитета учења:

- Развој пројектног приступа
- Упознавање са основним појмовима у вези са пројектима (нпр. ресурси, учесници, циљна група, животни циклус итд.)
- Свесност о важности планирања и припреме
- Идентификација улога потребних за успех пројекта
- Усвајање основа управљања пројектом (нпр. прекретница, рок, подела рада, индикатор, документација)
- Развој трансверзалних вештина
- Развој личних компетенција, понашања, културе дебате, самосвести и самооцењивања

Од "меких" вештина 21. века које се могу развити кроз искуство стечено у пројектним задацима, сада ћемо се бавити само четири вештине које се сматрају од највеће важности, а које се у литератури често називају "4К"². То су: критичко размишљање, комуникација, креативност и сарадња.

Критичко размишљање	Комуникација
Ученици истражују комплексне проблеме и сами одлучују које аспекте одређене теме ће истражити и решавати. Радом појединачно или у групама, прикупљају потребне информације и документацију за тему и заједно бирају поуздане изворе. Под вођством наставника, ученици учествују у дебатама и разговорима, где износе своје мишљење и критички анализирају изворе. Морају научити како да увере друге у исправност свог мишљења и заједно доносе закључке и формулишу поуке.	У дигиталној ери, комуникација се не односи само на личне интеракције, већ обухвата и виртуелне „разговоре“ на друштвеним мрежама, е-пошту и слање порука преко мобилних телефона. За ефикасну комуникацију у 21. веку потребне су бројне вештине: • Дигитална писменост: Способност коришћења дигиталних алата и платформи. • Аналитичке и евалуационе вештине: Способност анализе и процене информација, укључујући филтрирање нежељене поште и ирелевантних података. Комуникационе вештине се развијају и при завршетку пројекта, када је потребно представити резултате широј публици и одржати уверљиву презентацију.
Креативност	Колаборација
Развој креативности подстиче мозгалица, заједничко планирање и „производња“ конкретних пројектних производа, као и планирање и израда дигиталних садржаја. Све ово се веома ретко може уклопити у уобичајени рад на часу. Од сваког члана пројектног тима не може се очекивати исти ниво креативности, али сваки члан тима може дати користан предлог за заједничко планирање. Успех у подстицању оних ученика који се иначе ређе јављају пред другима зависи од педагошких квалитета наставника.	Током планирања и реализације пројекта, ученици схватају које су чије јачине и слабости. Препознају колико је корисна „разноликост“, односно колико је корисно када се појединачне снаге међусобно допуњују. У пројектном раду, прецизност је барем једнако важна као и креативност, техничке способности, висок ниво дигиталних вештина, као и организационе способности и добра комуникација. Тимски рад повећава осећај одговорности код ученика, уче се да цене способности других, да слушају једни друге и да поштују туђе мишљење. Проблеми који се појављују током пројекта подстичу развој способности за толеранцију и управљање конфликтима.

² На енглеском: 4C (критичко размишљање, комуникација, креативност, сарадња). Извор : Оквир за учење 21. века (p21.org)

5.3. Планирање педагошких пројеката

Пројектно оријентисано учење несумњиво има користи за ученике, али за наставнике представља знатно већи рад у поређењу са припремом просечних часова. Успех пројекта у великој мери зависи од тога колико је планирање било темељно и детаљно, као и од тога да ли постоји помоћ. Важно је да у наставничком колегијуму постоји колега који је спреман да учествује у раду, да ли постоји родитељ на кога се може ослонити и да ли постоји компанија у околини која је отворена за посете и стручне савете.

Рођење идеје за пројекат, припрема пројекта

Први корак у планирању је избор теме. Наставник (или наставници) мора одлучити које је циљеве учења и очекиване резултате, предвиђене планом наставе за одређени период (семестар), лакше постићи кроз пројектни метод, а које теме ученицима обично представљају потешкоће када се користе традиционалне методе.

У припремној фази, идеју пројекта свакако је пожељно консултовати са школском управом: да ли подржавају покретање пројекта? Као и пословни пројекат, педагошки пројекат представља излазак из уобичајене дневне рутине, па могу бити потребни различити алати и омогућавање флексибилнијег распореда часова током трајања пројекта. Ово неће бити лако без подршке руководства.

За консултације је корисно припремити писани нацрт предлога пројекта, за шта може помоћи веб страница "Дигитални мени" која пружа упутства за планирање. Потребно је попунити образац и, када буде готов, може се сачувати у PDF формату.

Избор теме

Ако добијемо одобрење школске управе на основу предлога, може почети први разговор са ученицима о пројекту:

- Шта их заиста занима у оквиру теме?
- Како пројекат може бити повезан са њиховим личним животом и будућом професијом?

На овом кораку можемо да ухватимо њихову машту и пробудимо интересовање кроз „ефектан“ увод, провокативне, дискутабилне изјаве и уводна питања, све то поткрепљено упечатљивим видеом, сликама и медијским елементима.



Извор: Shutterstock

Ученици треба да буду укључени већ у овој фази рада, јер ће бити заиста мотивисани само ако осећају да је планирани исход пројекта и тема њихова. У оквиру теме можемо предложити неколико конкретних поттема, али је важно да коначну одлуку донесемо заједно са ученицима.

Заједнички задатак је и да у оквиру теме формулишемо неколико проблема на које ће пројекат морати да тражи одговоре.

ПРИМЕР избора теме

Разред похађа образовање за пољопривредне техничаре, а ученици се припремају за узгој поврћа. У 11. разреду, у оквиру предмета Ратарство, који има 200 часова, разред се бави темом „организација ратарских радова, прецизна пољопривреда“.

Прецизна пољопривреда је савремена тема која занима ученике, јер свакодневно чују вести о примени нових технолошких решења у газдинствима.

Од очекиваних исхода учења, ученицима се највише свидела тема „методе осветљења које се могу применити у узгоју поврћа у стакленику“, и донета је одлука да ће ову тему обрадити у оквиру пројекта.

Формулисали су следећа питања која ће обрадити у оквиру теме:

1. Какви су потребе за водом паприке узгајане у стакленику? Колико се разликује од паприке узгајане на отвореном пољу?
2. Која прецизна решења и технологије постоје за задовољење потреба за водом биљака у стакленику? Колико која решења коштају и које су њихове предности и мане?
3. Која од тих решења већ примењују пољопривредници у околини?

Практичне идеје

Заједнички интерес је да предузмемо следећи корак само ако се види и осети ентузијазам код руководства, ученика и наставника. Још није касно да се одустане или пројекат одложи!

Добар пројекат одговара на стварни проблем, а дефинисање проблема почиње формулисањем добрих питања. За доношење одлуке организујмо експеримент са ученицима: могу ли заједно формулисати реална питања и проблеме у оквиру дате теме? Ово ће показати да ли је најцелисходније користити методе пројектног рада за проналажење решења.

Експеримент

1. Формирајмо групе.
2. Свака група нека напише неколико питања у вези са темом.
3. Анализирајмо и побољшајмо питања. Ако је неко написао тврдњу уместо питања, преобликујмо је у питање, а затворена питања претворимо у отворена. Нека означе побољшана питања тако да најбоља буду на врху.
4. Свака група нека представи своја питања, а затим нека се гласањем одаберу најбоља.

Дигитални алати за мозгалицу

За мозгалицу користимо неки дигитални алат (на пример, Linolt, који се може користити преко телефона или таблета).

До краја експеримента биће јасно да ли је мотивација стварна и да ли смо успели да пробудимо радозналост ученика. Затим, заједно са разредом, одлучимо да ли ћемо покренути пројекат.

У случају позитивне одлуке, можемо започети детаљно планирање по фазама животног циклуса.

Педагошко планирање

Након избора теме следи један од најтежих задатака у припреми пројектно оријентисаног учења: израда нацрта педагошког плана, усклађеног са оквирним наставним планом и програмом образовања. Потребно је описати очекиване исходе учења до краја пројекта, које ће знање ученици стећи и које ће вештине развити кроз пројектни рад.

ПРИМЕР: Планирани исходи учења	
Знање	Резимира знања о потребама за водом и наводњавању зелене паприке. Наводи прецизне технологије наводњавања које се користе у стакленичкој производњи, приказује њихове предности и мане. Приказује које решења користе локални пољопривредници и објашњава зашто су их изабрали.
Вештине	Стручне вештине: приказује физиолошке особине и потребе за водом паприке узгајане у стакленику. На терену идентификује компоненте прецизне технологије наводњавања и наводи могућности аутоматског подешавања. Управљање пројектом: наводи фазе животног циклуса пројекта, формулише основне појмове везане за пројекат (производ, рок, документација и сл.). Трансверзалне вештине: сарадња, комуникација, креативност, критичко размишљање. Дигиталне вештине: прикупљање података са интернета, сарадња у одабраном дигиталном окружењу, дељење текстуалних и мултимедијалних садржаја. Израда презентације.
Ставови:	Мотивисан за учење кроз пројектни рад..
Одговорност и аутономија	Ради у групном раду уз наставничко усмеравање, самостално обавља своје индивидуалне задатке.

5.4. Планирање пројекта

Стигли смо до најважнијег корака у пројектно оријентисаном учењу – детаљног планирања пројекта. Потребно је израдити два плана. Један је стварни пројектни план који ученици састављају уз подршку наставника. Пројектни план, слично плановима пословних пројеката, садржи прекретнице, активности, рокове и одговорне особе.

Други је педагошки план пројекта, који састављају наставници, али детаље деле и са ученицима: шта треба да знају на крају пројекта, ко и како ће оцењивати резултате итд.

Педагошки план повезује активности са постављеним циљевима учења. Тачка по тачка, описује које нове информације ће ученици стећи обављањем одређених активности, које вештине ће развити и како ће се вршити оцењивање.

Обим оба документа зависи од трајања планираног пројекта. Код мањих пројеката, планираних за неколико часова, ова два документа се могу спојити.

Пројектни план

Детаљан радни план (прекретнице, фазе рада, активности, распоред итд.) и задатке пројектних тимова ученици треба да израде самостално, али је помоћ наставника и овде неопходна. Ако радимо са узрастом од 16-18 година, можемо разговарати са њима о знањима везаним за пословне пројекте: шта значи подела одговорности, зашто је важна континуирана комуникација, како и зашто је потребно проверавати и оцењивати резултате на основу индикатора.

Почнимо са крајем!

Планирање је корисно започети од крајњег резултата, правећи листу у табели производа и резултата које ће ученици „положити на сто“ по завршетку пројекта, и које ћемо моћи представити унутрашњим и спољашњим заинтересованим странама пројекта.

Резултати, производи, индикатори

Ако је пројекат, на пример, усмерен на то да ученици информатике развијају апликацију, резултат ће бити конкретан производ, функционишући софтвер. Ако у пројекту тимови ученика куvara припремају вишеструки оброк од корпе сировина, производ ће бити сервиран оброк. Ако ученици пољопривредници након вишемесечног пројекта носе на пијацу произведено поврће, производ може бити корпа шаргарепе, а резултат ће укључивати и приходе од продаје.

Наведени примери су могући, опипљиви производи пројектно оријентисаног учења. Током реализације пројекта могу настати и други типови резултата, као што су документи, истраживачки сажетици, презентације. Преглед свих ових резултата може олакшати табела попут следеће:

Назив производа/ резултата	Опис	Одговоран	Доступност, формат	Индикатор (бр., страна, сек.)	Оцењивање
Прецизна пољопривреда	Сажетак истраживачких резултата пројектних тимова	Тим: XY Тим: ZW	Word документ	Мин. 3 стране	Остали тимови

Преглед у табели има две предности: с једне стране, јасно показује шта се преузима и шта треба остварити, а с друге стране, већ овде се појављују основни појмови као што су индикатор и

оцена. На основу табеле, циљеви постављени на почетку пројекта могу се упоредити са постигнутим резултатима на крају пројекта.

Гантограм

Један од најтежих задатака наставника је да подржи самосталност ученика до крајњих граница: да фино подеси њихове идеје и предлоге док не буду усклађени са очекиваним резултатима учења. Иако је суштина пројектног метода самосталан рад ученика, не може се довољно нагласити да одговорност за вођење и фино подешавање пројекта остаје на наставницима. У овом духу треба заједно са ученицима изградити Гантограм, односно детаљан временски оквир пројекта ученика са конкретном листом активности, прекретницама и роковима.

Назив пројекта: XXXXX													
Трајање: xx недеља (год. мес. дан – год. мес. дан)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Менаџмент задаци													
Почетни састанак пројекта													
Тимски састанци													
Активности													
Активност 1													

Гантограм можемо направити и помоћу табеларних програма, на пример, Google табела.

Детаљан педагошки план

Педагошко планирање је заправо почело већ избором теме, јер је било потребно донети одлуке о многим питањима (на пример, да ли пројекат укључује више предмета) пре него што су дефинисани конкретни циљеви. Међутим, детаљан педагошки план може се изградити тек након састављања листе планираних активности.

Педагошки план је заправо допуна листе активности из Гантограма са повезаним исходима учења: које ново знање ће ученици стећи обављањем одређене активности, које вештине ће развити током рада и како ћемо проверити и оцијенити да ли су постигнути постављени циљеви учења.

Поред исхода учења предвиђених наставним планом и програмом, у педагошком плану треба указати и на пројектне менаџмент вештине и знања која ученици могу стећи током рада, а која су наведена у табели приликом анализе планских критеријума.

Активност				
Опис активности:				
	Знање, познавање	Вештина	Ставови	Одговорност и аутономија
Стручни резултати учења				
Резултати учења из управљања пројектом				
Дигиталне вештине:				
Облици рада, методе, алати				
Контрола, евалуација, повратне информације				
По завршетку активности (стручно, пројектно, дигитално, или неко од ових)				
По завршетку активности (стручно, пројектно, дигитално, или неко од ових)				

Највећи део педагошког планирања је задатак наставника, али да би ученици преузели одговорност за свој рад, морају бити свесни шта тачно треба да постигну на крају сваке активности.

Опис исхода учења према европским и националним оквирима квалификација

Ради транспарентности квалификација, Европски савет је развио Европски оквир квалификација (ЕОК), који пружа јединствену терминологију за јасно и прегледно описивање исхода учења. Важећа верзија објављена је 2017. године. На основу јединствене структуре описа програма обуке могу се упоредити стручне квалификације и дипломе стечене у различитим земљама чланицама ЕУ.

Циљеви ЕОК:

- Олакшавање упоредивости и признавања квалификација за послодавце и образовне институције у различитим европским земљама.
- Повећање мобилности ученика и радника у Европи, омогућавајући појединцима да лакше пронађу посао или наставе образовање у другој европској земљи.
- Промовисање и подстицање целоживотног учења кроз јединствено структуриране описе квалификација стечених у различитим облицима учења (формално, неформално или информално).
- Подршка осигурању квалитета образовних и тренинг система кроз доследне описе нивоа квалификација и исхода учења.

ЕОК је доступан на свим европским језицима на јавној веб страници законодавства Европске уније. [Препорука Савета \(22. маја 2017.\)](#) документ садржи језичке верзије прописа који су ставили ван снаге верзију из 2008. године. На основу ЕОК, свака земља чланица развија свој национални оквир квалификација прилагођен свом образовном систему, који се уводи након одобрења ЕУ.

ЕОК је оквир за описивање исхода учења на осам нивоа квалификација, од основне школе до доктората.

Исходи учења: изјаве одређене са аспекта знања, вештина, одговорности и аутономије, које описују шта ученик зна, разуме и може да уради по завршетку процеса учења.

Према препоруци ЕОК, исходе учења треба описати према следећим карактеристикама, такође познатим као дескриптори:

- знање (knowledge)
- вештине (skills)
- одговорност и аутономија (responsibility and autonomy)

Знање (knowledge):	Резултат усвајања информација кроз учење. Знање је скуп чињеница, принципа, теорија и пракси везаних за радну или студијску област. ЕКВЕТ описује знање са теоријског и/или фактичког аспекта. (У Блумовој когнитивној таксономији: памћење, разумевање, анализа)
Вештине (skills):	Способност примене знања и коришћења know-how ради извршења задатака и решавања проблема. ЕКВЕТ описује вештине са когнитивног (употреба логичког, интуитивног и креативног размишљања) и практичног аспекта (мануелна спретност и примена метода, материјала, алата и инструмената). (У Блумовој таксономији: у когнитивном домену: примена, евалуација, креација, у психомоторном домену)
Одговорност и аутономија:	Способност ученика да аутономно и одговорно примењује знање и вештине.

Формулисање исхода учења

Исходи учења обично почињу са уводном реченицом: „На крају процеса учења, ученик ће бити у стању да...“, где се уместо тачкица ставља глагол који означава радњу, на пример: објаснити, навести, приказати и сл. Потребно је изабрати глагол који јасно показује да се резултат може оцењивати.

Препоручени глаголи за формулисање очекиваних исхода учења у домену знања и стечених информација:

- Интерпретира,
- групише,
- упоређује,
- сумира,
- закључује,
- допуњује,
- објашњава,
- идентификује,
- препознаје,
- подсећа,
- дефинише.

Формулација може бити једноставнија ако изоставимо почетак реченице, јер је јасно да се исход учења односи на крај часа, курса или пројекта.

Примери:

- Препознаје и именује метеоролошке мерне инструменте.
- Набраја важне датуме у историји нације.
- Групише наредбе програмског језика по функцији.

Погрешне формулације, не препоручени глаголи: знати, познавати, веровати, разумети, бити свестан нечега.

Ови глаголи само наизглед указују на радњу.

На пример: „Ученик познаје правила безбедности на раду.“

Глагол „познаје“ не указује на радњу. Формулација захтева детаљније објашњење. До ког степена познаје? Сећа се? Може ли да их наброји, примени? Како можемо оцењивати исход учења ако само знамо да „познаје“ одређену тему?

Слично, ни израз „Ученик је свестан важности обраде земљишта“ не указује на радњу. Није јасно шта то значи: може ли да објасни? Може ли да наведе разлоге? Може ли да објасни зашто је важно?

Препоручени глаголи за формулисање очекиваних исхода учења у домену вештина и способности

Вештине и способности указују на то да је ученик способан да примени стечено знање и информације. Примена може значити, на пример, да ученици на нов начин комбинују стечене елементе знања и стварају нови формат или производ. Примена је повезана са претходним искуствима у учењу и често захтева креативност. Ово укључује ситуације када ученик планира, ствара, пише, слика или гради, комбинујући стечене информације и знање према својим идејама.

Препоручени глаголи:

- извршава,
- реализује,
- проверава,
- оцењује,
- планира,
- припрема,
- развија,
- ствара,
- конструише,
- саставља,
- уређује,
- систематизује,
- изводи.

Примери:

- Припрема план за уређење баште, обавља потребне радове на земљишту. Припрема биљке и уређује башту према плану.
- Пише програм за обраду података (унос података, измену, претрагу, листање, сумирање) користећи научени програмски језик.
- Проверава напредак биљака узгајаних у стакленику на основу недељних мерних записника и прави прогнозу за очекивани датум жетве.
- Припрема план тестирања, извршава и документује модуларне тестове.

Овде можемо описати и циљеве учења усмерене на развој трансверзалних вештина (критичко размишљање, комуникација, сарадња, решавање проблема итд.).

Примери:

- Убедљиво аргументује током дебате.
- Сарађује са тимским колегама.
- Припрема ефективну презентацију

Формулисање дигиталних вештина

Међу циљевима учења у образовању 21. века, развој дигиталних вештина заузима посебно место. [DigComp 2.2](#) је алат за јединствено описивање дигиталних вештина, најновија верзија референтног оквира који је објавио Заједнички истраживачки центар Европске комисије 2013. године, а ажурирана је 2022. године са много примера за развој наставних планова и програма.

Развој дигиталних вештина треба да буде укључен у циљеве учења у свим квалификацијама, наставним плановима и програмима, без обзира на област, ниво или облик обуке.

DigComp 2.2 дели исходе учења у оквиру пет области, које се даље деле на теме:

1. Управљање информацијама и подацима(3 теме)
2. Комуникација и сарадња (6 тема)
3. Креирање дигиталних садржаја (4 теме)
4. Безбедност (4 теме)
5. Решавање проблема (4 теме)

Оквир дели области компетенција на теме и дефинише четири нивоа стручности:

- Основни ниво
- Средњи ниво
- Напредни ниво
- Мастер ниво.

На сваком нивоу постоје додатна два поднивоа. Ови нивоји су у документу названи димензијама:

1. димензија: област компетенције
2. димензија: елемент компетенције
3. димензија: ниво стручности (основни ниво: 1,2, средњи ниво: 3,4, ... мастер ниво: 7,8)
4. димензија: опис према знању, вештинама и ставовима
5. димензија: примери примене

Пратећи нивое, за сваку вештину добијамо више описа задатака, на пример:

1. димензија	Област компетенције	3. Креирање дигиталних садржаја
2. димензија	Елемент компетенције	3.1 Развој дигиталног садржаја
3. димензија	Ниво вештина	Средњи ниво, односно ниво 3: Самостално сам способен/способна да решавам јасне проблеме
• Изабрати методе којима се могу креирати и уређивати добро дефинисани, уобичајени формати и добро дефинисани, уобичајени садржаји, • Изразити себе креирањем добро дефинисаних, уобичајених дигиталних садржаја		
4. димензија	Примери знања, вештина и ставова:	
Знање:	• Зна да се дигитални садржај појављује у дигиталном облику и да постоји много врста дигиталних садржаја (нпр.: звук, слика, текст, видео, апликације) који се чувају у различитим врстама датотечних формата. • Зна да се помоћу система заснованих на вештачкој интелигенцији могу аутоматски креирати дигитални садржаји (нпр.: текст, вест, есеј, Facebook пост, музика, слика) користећи већ постојеће дигиталне садржаје као извор. Те садржаје је тешко разликовати од оних које је створио човек. (ВИ) • ...	
Вештина:	• Способан је да користи алате и методе за креирање дигиталних садржаја тако да буду лако доступни свима (нпр.: додавање замењивих текстова сликама, табелама и графиконима; коришћење одговарајуће, информативно означене структуре документа, приступачних	

фонтова, боја и линкова) у складу са релевантним стандардима и смерницама (нпр.: WCAG 2.1 и EN 301 549). (DH) Може да изабере одговарајући формат дигиталног садржаја узимајући у обзир његову намену (на пример, чување документа у формату који се може уређивати у односу на формат који се не може уређивати, али се лако може штампати).	
Став:	
- Отворен је за истраживање алтернативних решења за креирање дигиталних садржаја. - Спреман је да поштује званична очекивања и смернице (нпр.: WCAG 2.1 и EN 301 549) приликом тестирања креираних веб страница, дигиталних датотека, докумената, е-порука или других веб апликација. (DH)	
4. димензија	Случајеви примене
На послу:	- Разрада кратког тренинг материјала за колеге о примени нових процедура у оквиру организације - Колега са напредним нивоом дигиталних компетенција (коме се могу обратити за помоћ у било ком тренутку, ако је потребно).
У учењу:	Припрема презентације за одређену тему намењену школским друговима. - Уз помоћ мог учитеља - Могу да припремим презентацију која садржи дигиталну анимацију о свом обављеном раду, намењену мојим школским друговима, уз помоћ видео туторијала који је предложио мој учитељ и који је доступан на YouTube-у.

DigComp 2.2 оквир на први поглед изгледа прилично сложен, али није намењен читању као књига, већ више као приручник који се користи за развој наставних планова, планирање часова и пројеката, и као извор идеја за описивање исхода учења и циљева у вези са развојем дигиталних вештина. Оквир је доступан за преузимање на све више европских језика, укључујући и мађарски: Дигитални компетенцијски оквир - [DigComp 2.2](#).

5.5 Имплементација пројекта

Уколико је планирање било довољно темељно и детаљно, онда ће се реализација, односно планиране активности, одвијати према распореду и редоследу.

ПДЦА циклус прати педагошки процес. Циклус је једноставан водич за континуирано праћење, евалуацију и повратне информације, који покрива резултате пројекта, методе рада и, посебно, како ученици напредују ка жељеним исходима учења.

У фази имплементације, задатак наставника је континуирано посматрање (праћење) и евалуација, што даје основу за правовремену интервенцију и корекцију уколико се нешто не догоди по плану.

Препоручљиво је користити дигиталне алате у свим фазама методологије пројекта, али само ако је дигитална имовина заиста "средство" пројекта, а не циљ сам по себи. Трећи модул садржи доста идеја за ово. Када се правилно одаберу, дигитални алати олакшавају сарадњу и индивидуални рад и побољшавају дигиталне компетенције учесника.

5.6. Оцењивање

Оцењивање резултата пројектно оријентисаног учења захтева методе које омогућавају мерење учинка ученика, исхода учења и успеха пројекта.

Следеће методе се могу препоручити за оцењивање резултата пројектне методе:

- Мерење и оцењивање производа пројекта (резултата), који могу бити различити: апликација, веб страница, изложба, презентација, башта (на пример, као резултат уређења баште) итд. Ако је планирање било темељно, унапред смо одредили квантитативне и квалитативне индикаторе за производе ученика, који су одлична основа за оцењивање коначних резултата. Ако нема индикатора, нема основа за мерење резултата.
- Мерење и оцењивање професионалног развоја ученика (очекивани исходи учења, укључујући знање, вештине и компетенције) на крају пројекта, на основу педагошког плана који садржи тачно описане планиране циљеве учења (знање, вештине, ставови, одговорност).
- Оцењивање почетног знања, вештина и компетенција.
- Према PDCA циклусу, током реализације пројекта континуирано се врши формативно оцењивање и повратне информације. Оцењивање током реализације треба да буде једноставно и брзо, може се вршити усмено. Оцењивање и давање повратних информација је важно како би се увек знало где се налазимо у решавању постављених задатака и напредовању ученика.

Неке од метода оцењивања које се могу користити у пројектно оријентисаном учењу укључују:

Презентација и евалуација пројекта: Ученици могу представити свој пројекат наставницима, вршњацима или другим заинтересованим странама. Током презентације могу приказати процес рада на пројекту, постигнуте резултате, рефлектовати на научено и поделити своја искуства. Након презентација могу оценити ефикасност пројекта и учинак ученика.

Портфолији: Ученици могу саставити сопствени пројектни портфолио који садржи њихове циљеве, постигнуте резултате и поуке, како би рефлектовали на свој процес учења и постигнути напредак.

Пројектни записи: Ученици могу водити записе који документују процес рада на пројекту, решене проблеме и постигнуте резултате. Ово олакшава наставницима праћење рада ученика.

Оцењивачки рубрици: Оцењивачки рубрици су структурирани алати за оцењивање (погледајте неке у прилогу) који помажу у објективном и доследном оцењивању. Рубрици садрже очекиване вештине, знања и резултате, и омогућавају ученицима и наставницима прецизно мерење учинка.

Рефлексција и самооцењивање: Ученици треба да имају могућност рефлексije и самооцењивања на крају пројекта. Процена сопственог учинка и размишљање о процесу учења помаже у личном развоју ученика и повећава њихову мотивацију за учење.

Повратна информација и групно оцењивање: У групним пројектима, чланови групе могу међусобно оцењивати допринос успеху пројекта. Ово подстиче сарадњу и тимски рад.

Спољашње оцењивање: Код неких пројеката могу се укључити спољни оцењивачи, као што су стручњаци или наставници из других школа, који могу пружити објективну перспективу у евалуацији пројекта.

Комбиновање и примена наведених метода омогућава детаљну и свеобухватну евалуацију резултата пројектне методе. Процес оцењивања треба да подржи напредак ученика и помогне наставницима и ученицима у разумевању резултата и идентификацији могућности за даљи развој.

5.7. Изазови у примени пројектне методе

Примена пројектне методе доноси бројне изазове и за наставнике и за ученике. У наставку су наведени неки од честих проблема:

Захтевност у погледу времена

Пројектна метода обично захтева више времена у поређењу са традиционалном фронталном наставом. Планирање, спровођење и евалуација пројекта могу бити временски захтевни за наставнике и ученике.

Неједнака учешће

Током групних пројеката може доћи до ситуација где су неки ученици активнији, док су други мање активни. Важно је обезбедити да сви ученици активно учествују у пројектима и узети у обзир индивидуалне разлике.

Подела задатака

Ученици треба да добију одговарајуће задатке и улоге у пројектним тимовима. Може се десити да неки ученици превише доминирају, док се други повлаче у позадину. Праведна подела задатака и подстицање сарадње међу члановима тима је кључно.

Припремљеност наставника и ученика

За примену пројектне методе потребно је да и наставници и ученици буду добро припремљени. Наставници треба да буду упознати са пројектном методом и њеним одговарајућим управљањем, док ученике треба припремити за начин учења који се разликује од традиционалног.

Проналажење равнотеже

У пројектној методи је важно наћи равнотежу између наставничког вођења и самосталног рада ученика. Потребно је пружити смернице, али и омогућити ученицима слободу и одговорност у процесу учења.

Недостатак ресурса

За реализацију пројекта могу бити потребни различити ресурси, алати, софтвер, лабораторије, па чак и финансијска подршка. Ако ови ресурси недостају, спровођење пројекта може бити отежано.

Оцењивање и повратне информације

Оцењивање и давање повратних информација представља значајан изазов у пројектној методи. Потребно је објективно оценити резултате пројекта и пружити конструктивне повратне информације ученицима ради подршке њиховом развоју.

Ови изазови су, међутим, управљиви уз одговарајуће планирање, припрему и сарадњу наставника, ученика и школске заједнице. Због предности пројектне методе и дубљих искустава у учењу која ученици стичу, ови изазови често вреде примене ефикасне и вредне образовне методе.

5.8. Дигитални алати у пројектној методи

Данашњи средњошколци рођени су између 2006. и 2010. године, припадају дигиталној генерацији и самоуверено користе дигиталне алате. Компјутери и мобилни телефони су интегрисани у њихов свакодневни живот. Користе мобилне телефоне за куповину карата за биоскоп, комуницирају преко мобилних уређаја и природно се крећу у свету друштвених мрежа. Увек су „повезани“, проводе велики део свог слободног времена у виртуелним заједницама и не могу замислити свет без мобилног интернета и друштвених медија.

Једна од главних предности активних метода учења је та што омогућавају наставницима да укључе напредне дигиталне компетенције ученика у процес учења.

Ова нова генерација ученика представља изазов за већину наставника. Више није питање да ли користити технологију у образовању или не, већ који онлајн алати су вредни коришћења и како их најефикасније применити.

5.9. Примена пројектне методе у стручном образовању

У стручном образовању ученици стичу углавном стручна знања и вештине. Пројектна метода омогућава ученицима да примене стечена теоријска знања и користе их у практичним пројектима. На пример, ученик на смеру хортикултуре може планирати и реализовати пројекат уређења баште, примењујући знања из педологије, ботанике и планирања баште.

Пројектна метода помаже ученицима да стекну дубљи увид у изабрану струку и сопствена интересовања. Ученици кроз реалне пројекте могу искусити рад у одређеној струци и проценити своје способности и интересовања. Ово може допринети развоју професионалне самосвести и ојачати професионалну оријентацију.

Пројекти могу бити реализовани у групи или самостално, пружајући ученицима могућност развоја социјалних и предузетничких вештина. Током групних пројеката ученици морају сарађивати, делити идеје и задатке, што развија комуникационе вештине, управљање конфликтима и учешће у тимском раду.

Пројектна метода омогућава ученицима да стекну стварна и релевантна искуства. Пројекти се базирају на реалним проблемима и ситуацијама, што ученицима пружа практична искуства у учењу. Ово повећава вредност и корисност учења, јер ученици виде како могу применити стечена знања у стварном животу.

Пројектна метода има јасне циљеве и резултате који се могу мерити и оцењивати. Евалуација пројектног рада ученика помаже наставницима и ученицима да виде на ком нивоу су савладали стручна знања и вештине. Оцењивање пружа ученицима могућност да прате свој напредак и на основу повратних информација даље напредују.

Укратко, пројектна метода је ефикасна у примени у стручном образовању и нуди бројне предности и за ученике и за наставнике. Пројекти базирани на стварним проблемима помажу у продубљивању стручних знања, развоју професионалне самосвести и социјалних вештина.

Практична искуства у учењу доприносе мотивацији ученика и повећавају релевантност образовања.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Dewey, J. (1976). Природа и процес образовања (*A nevelés jellege és folyamata* (Molnár M., Szabolcs É. & Váczi J. ford.). Tankönyvkiadó.)(1964)
2. Kilpatrick, W. H. (1929). Метода пројекта: Употреба сврсисходног акта у едукативном процесу [*Céltudatos cselekvés a nevelési folyamatban*]. Teachers college, Columbia University.
<http://www.educationengland.org.uk/documents/kilpatrick1918/index.html>
3. Papert, S. (1980). *Миндстормс: Деца , рачунари и моћне идеје. Основне књиге (Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.)
4. Препорука Европског парламента и Савета из 2009. године о успостављању Европског референтног оквира за обезбеђење квалитета у стручном образовању и обуци (Текст од значаја за ЕЕА),, 2009/С 155/01, Службени лист Европске уније,
[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32009H0708\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32009H0708(01))
5. Европска комисија. (2013). Отварање образовања: Иновативна настава и учење за све кроз нове технологије и отворене образовне ресурсе (COM/2013/0654 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0654>
6. Paniagua, A. and D. Istance (2018): Наставници као дизајнери окружења за учење: значај иновативних педагогија, образовних истраживања и иновација (Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies, Educational Research and Innovation), OECD Publishing, Paris
7. Hartyányi, M. Et al. (2018): Обрнута учионица у пракси – методолошка обнова у струковном образовању и оспособљавању (Fordított osztályterem a gyakorlatban – Módszertani megújulás a szakképzésben), iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont, Gödöllő, ISBN 978-615-81083-0-0. <https://www.flip-it.hu/> (Accessed March 2022)
8. P21 (2019). Оквир за учење 21. века (P21 *Framework for 21st Century Learning* Partnership for 21st Century Learning),
https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf
9. Hartyányi, M. ed. (2019): Стручно усавршавање прилагођено потребама тржишта рада ИИ., Стручно усавршавање на основу потражње пројектном методом (Munkaerőpiaci igényekhez igazodó szakképzés II., Keresletvezérelt szakképzés projekt módszerrel) (2019),

iTStudy Hungary Oktatóközpont, Gödöllő,

<https://www.itstudy.hu/publikaciok/munkaeropiaci-igenyekhez-igazodo-szakkepzes-letoltheto-konyv>

10. Palencsárné, K. M. et al (2022): Пракса чини савршенство – приручник за пројектно образовање (Gyakorlat teszi a mestert – a projektoktatás kézikönyve), Tempus Közalapítvány, Budapest
11. Farkas, R., Lajtos, G., Hartyányi, M., & Pölöskeiné Hegedűs, H. (2012). Пројектни менаџмент и МС пројекат 2003, 2007 (Projektmenedzsment és MS Project 2003, 2007. SZÁMALK-Prompt-G.)
<https://www.itstudy.hu/sites/default/files/letoltesek/projektmenedzsment-es-ms-project-2003-2007-letoltheto-konyv.pdf>

Извори

Flip IT! – Fordított tanterem az európai szakképzésben c. Erasmus projekt (2015-1-HU01-KA202-013555), <https://www.flip-it.hu/hu>

Reacti-VET – Szakképzés a munkaerőpiac igényeivel összhangban, Erasmus+ KA2, projekt (2018-1-HU01-KA202-047816), <https://reactivet.itstudy.hu/>

Флип ИТ! – Обрнута учионица у европском стручном образовању и обуци Ерасмус пројекат (2015-1-HU01-KA202-013555), [хттпс://www.флип-ит.ху/ху](https://www.флип-ит.ху/ху)

Реацти -ВЕТ – Стручно образовање и оспособљавање у складу са потребама тржишта рада, Ерасмус + КА2, пројекат (2018-1-HU01-KA202-047816), [хттпс://реацтивет.итстуду.ху/ху](https://реацтивет.итстуду.ху/ху)

3. FEJEZET

СТУДЕНТСКИ ПРОЈЕКТИ – СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

Увод

Циљна група пројекта Хортикултура 4.0 су наставници који раде у стручном усавршавању у пољопривреди, док су директни корисници резултата пројекта ученици средње и терцијарне пољопривредне обуке, а дугорочно пољопривредна предузећа која траже запослене који су упознати са технологијом паметних пластеника.

Онлине обука је пружила прилику да се укључе не само чланови циљне групе (наставници), већ и будући пољопривредници – студенти – и актери на тржишту рада у пољопривреди – предузећа.

Као завршни задатак, наставници који су учествовали добили су задатак да изаберу тему по свом избору из наставног плана и програма "паметних пластеника" и да заједно са својим ученицима припреме план пројекта, по могућности уз учешће пољопривредне компаније. Наставници су тако имали прилику да тестирају методу пројекта у сопственој наставној пракси, у стварној ситуацији, у сарадњи са стварним партнерима.

Повратне информације од наставника и ученика који су учествовали јасно су потврдиле да метода пројекта ефикасно подржава активно учење. Студенти не само да су стекли теоријска знања из света пољопривредне дигитализације и паметних пластеника, већ су кроз сопствено искуство могли да искусе како најсавременије технологије функционишу у пракси. Ова врста учења није само изградња знања, већ је и изузетно вредна са тачке гледишта мотивационог и каријерног вођења.

У наставку су наведени неки примери пројеката које спроводе наставници, са посебним фокусом на процесе учења, укључивање ученика и стечено искуство.

ПЛАСТЕНИЧКА ПРОИЗВОДЊА – УЗГОЈ ЗЕЛЕНЕ САЛАТЕ У РАЗЛИЧИТИМ СУПСТРАТИМА

Циљна група:	Ученици у сектору хортикултуре
Институција и држава:	Пољопривредно Технички Средњошколски Центар "Беседеш Јожеф", Кањижа, Србија
Компанија (е) укључена у пројекат:	Огледно поље средње стручне школе
Не. Број студената који похађају:	12 ученика, мушки и женски мешано
Наставници:	Берец Агота
Укупно трајање пројекта:	8 недеља
Трајање пројектног рада:	20 сати припреме + 12 часова пројектног рада



Захвалница

Желимо да се захвалимо стручном руководству и запосленима на огледном пољу на сарадњи. Посебно због могућности коришћења алата, опреме и објеката, што је у великој мери помогло реализацији пројекта. Такође смо захвални за обезбеђивање медија за узгој и семена које се користе у пројекту. Посебно се захваљујемо ученицима који су реализовали пројекат на њиховом ентузијастичном и одговорном учешћу, као и њиховом наставнику, Аготи Берец на стручном упутству.

Циљ пројекта

Циљ пројекта био је да се студентима пружи практично искуство у имплементацији узгоја зелене салате у различитим медијима узгоја, у стакленом окружењу са шатором од фолије. Нагласак је био на учењу о физичким и хемијским својствима растућих медијума и посматрању развоја биљака.

Поред продубљивања практичних знања о хортикултури, циљ процеса учења био је да се развију вештине за посматрање, прикупљање података, одговоран рад и стварање еколошки освијештеног става у биљној производњи.

Припрема

Први корак је био формирање пројектних тимова и састављање пројектног плана. Педагошки план је израдио наставник који води пројекат заједно са особљем образовне фарме, узимајући у обзир старосне карактеристике ученика, њихово претходно знање и циљеве учења пројекта. Распоред пројекта је већ развијен уз учешће студената, чиме их се подстиче да активно учествују и буду независни.

У складу са циљевима пројекта, посебна пажња посвећена је увођењу својстава растућих подлога током припремне фазе. У учионици су се ученици упознали са основама узгоја зелене салате, физичким и хемијским карактеристикама различитих медија и њиховим утицајем на развој биљака. Стицање теоријског знања подржано је илустративним материјалима и заједничким дискусијама.



Након тога, студенти су извршили прелиминарна мерења и процену стања на срединама доступним на фарми за обуку. Научили су да документују параметре важне за култивацију (нпр. pH вредност, електрична проводљивост, капацитет задржавања воде), а на основу података заједно су одлучили која ће група радити са којим медијумом за узгој.

Важан елемент припремне фазе пројекта било је одређивање опреме и материјалних захтева. Студенти су активно учествовали у попису и припреми потребних алата (семена, посуде, мерни инструменти, уређаји за наводњавање и хранљиви раствор). Током заједничког планирања, развили су се вештине логичког размишљања и планирања задатака ученика, а такође су стекли увид у организационе процесе узгоја стаклене баште.

Имплементацију

Ученици су све активности спроводили под надзором наставника, али самостално, тако да је пројекат служио као стварна ситуација учења, у којој је, поред стицања практичног знања, кључну улогу одиграло посматрање, одговорност и темељ научног приступа.

На почетку су студенти добили теоријску обуку на различитим медијима за узгој (тресет, камена вуна, перлит, земља за саксије), а затим су припремили материјале и алате неопходне за узгој у стакленицима. Након тога, параметри (нпр. pH, ЕЦ) су документовани, а у недељама 4 и 6 пројекта, студентски тимови су почели сетву семена зелене салате у један од одабраних медија за узгој (тресет, камена вуна, перлит или заливање земљишта). Приликом одабира медијума за култивацију, групе су разматрале различите физичке и хемијске особине.



Након сетве, свака група је редовно пратила развој биљака салате и документовала процесе раста: забележили су промене са фотографијама и белешкама за каснију процену и поређење. Ова фаза је одиграла важну улогу у развоју емпиријског посматрања и научног приступа.

Групе редовно заливају биљке, с обзиром на капацитет задржавања воде у медијуму за узгој и потребе за водом биљака. Снабдевање хранљивим материјама се стално пратило и, ако је потребно, примењивали су се хранљиви раствори како би се зелена салата могла развити у оптималним условима. Услови животне средине као што су контрола температуре и влажности такође су били део задатака бриге, што је посебно важно када се узгајају биљке у затвореном простору.

У седми недељи – када су зелене салате достигле одговарајућу фазу развоја и постале зреле – почела је сезона жетве, током које је свака група почела да бере сопствене узгојене биљке. Датум жетве одређен је на основу величине зелене салате, боје, компактности и општег стања листова. У овој фази анализирана је ефикасност појединачних метода култивације и дискутовано је о резултатима.

Приче о успеху, неуспеси, ризици, утицај

Током пројекта узгоја зелене салате, ученици су научили о употреби различитих медија за узгој - тресета, камене вуне, перлита и тла за саксије - и стекли практично искуство у корацима сетве, неге и жетве.

Исход учења пројекта лежи првенствено у чињеници да су ученици научили основе биљне производње кроз активно посматрање, истовремено развијајући свој осећај одговорности, вештине решавања проблема и осетљивост на животну средину. Групни рад ојачао је способност сарадње и промовисао развој научног приступа.

Истовремено, пројекат је носио и техничке и педагошке ризике. Неадекватно наводњавање, снабдевање хранљивим материјама или услови околине, посебно у неким осетљивим медијима као што су перлит или камена вуна, лако могу довести до смрти биљака. Поред тога, постојао је ризик да ће се мотивација учесника смањити ако не доживе брзе или спектакуларне резултате, или ако рад није једнако распоређен унутар групе.

Дугорочни утицаји пројекта укључују повећање интересовања за пољопривреду и одрживу производњу хране, као и постављање темеља практичног знања за касније студије или

самосталне покушаје. Све ово може постати корисно ако не вреднујемо неуспехе као одвраћајући пример, већ као прилику за учење. Тако је пројекат узгоја салате пружио драгоцену искуство за ученике не само са агрономске већ и са образовне тачке гледишта.

Током пројекта, студенти су побољшали не само своје професионалне, већ и своје личне вештине. Научили су да преузму одговорност за свој рад, да сарађују са својим вршњацима и да процењују практичне резултате на научној основи.

Закључци и препоруке

Ученици су научили о сложености узгоја салате кроз своје практично искуство. Поређење различитих медија за узгој и евалуација сопственог рада помогли су им да приступе производњи усјева на пажљивији и еколошки освијештен начин.

Један од најважнијих педагошких закључака је да је практично, искуствено учење, посебно када је праћено документацијом и посматрањем, ефикасно у развоју знања и ангажмана ученика. Такође је доказано да грешке и потешкоће не слабе, већ јачају процес учења ако се правилно процењују и дискутују.

За реализацију сличних пројеката у будућности, препоручује се пажљивије планирање припрема, са посебним фокусом на снабдевање хранљивим материјама и аутоматизацију наводњавања.

Закључили смо да ћемо следећи пут у припремној фази пројекта заједно са ученицима креирати детаљније водиче и дигиталне листове за посматрање — како би они могли још свесније пратити развој биљака. Пројекат се може проширити на друге врсте поврћа или комбиновати са темама одрживости или безбедности хране, чиме се нуди још сложенија прилика за учење.

ПРЕЦИЗНА ЗАШТИТА БИЉАКА – МАЂАРСКА

Подаци пројекта

Циљна група:	Пољопривредни машински техничари и пољопривредни техничари 13. разред
Институција и држава:	Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб” у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди ACLC (Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
Спољна компанија укључена у пројекат:	Центар за обуку пољопривредног сектора “Алфелд” (Alföldi Agrár Ágazati Képzőközpont)
Број ученика који учествују:	12
Наставници:	Золтан Хорват, Жужана Бокане Бодо, Роланд Борка, Рихард Нађ-Ђерђ
Трајање пројекта:	8 недеља
Пројектни рад:	16 сати припреме + 16 часова пројектног рада



Захвалница

Желимо да се захвалимо свим баштенским радницима Пољопривредне техничке и стручне школе „Јожеф Галамб“ у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АСЦ и колегама наставницима који су управљали и учествовали у пројекту за њихов предан рад и педагошки рад на високом нивоу. На крају, желео бих да се захвалим особљу Центра за обуку пољопривредног сектора “Алфелд” на подршци пројекту.

Циљ пројекта

Циљ пројекта је био да се представе основе прецизне заштите биља и примена дигиталних технологија у мониторингу и контроли штеточина и патогена, са посебним освртом на школску стакленичку средину за техничаре који завршавају 13. разред. Пројекат је био фокусиран на еколошки прихватљива и одржива решења за заштиту биља, као и на практичну примену ИТ алата (сензори, обрада слике, вештачка интелигенција).

Циљеви учења

Учење савремених метода праћења штеточина и патогена: ученици су научили како да користе аутоматизоване сензоре и системе за обраду слике за рану идентификацију и локализацију штеточина и болести у стакленику.

Примена методе одлучивања засноване на подацима: студенти су схватили како да процене прикупљене податке (нпр. Из сензора, слика) како би проценили ризик од штеточина и болести, и како да доносе информисане одлуке о стратегијама контроле.



Примена прецизних техника заштите биља: студенти су научили да примењују методе хемијске употребе и минимизирање оптерећења животне средине са циљаним прскањем и локалним контролним процедурама у пракси.

Разумевање улоге вештачке интелигенције: студенти су практиковали свесну и сврсисходну примену вештачке интелигенције како би повећали ефикасност прецизне заштите усјева, представљајући системе раног откривања са АИ решењима.

Препознавање значаја заштите биља и агро-биотехнологије: студенти су стекли основе интегрисане заштите од штеточина и биолошке контроле (природним пестицидима).

Припрема пројекта

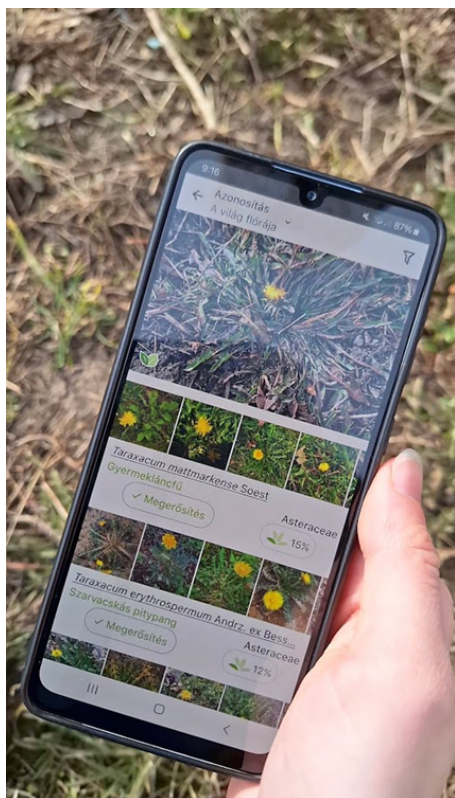
1. Као први корак, колеге наставници су дефинисали циљеве учења и компетенције које су ученици морали да стекну током пројекта (нпр. употреба сензора, анализа података, еколошки прихватљива заштита биља, примена вештачке интелигенције итд.). Наставници су ученицима представили циљ пројекта и очекиване резултате. Њихова мотивација је ојачана чињеницом да су радили сопствени, опипљиви посао у стварном окружењу.
2. Ученици су заједно испитали тренутно стање биљака у школском стакленику, под водством наставника. На основу запажања, идентификовали су проблеме за које прецизна заштита биља може бити решење.
3. Наставници и ученици заједно су саставили захтеве за опрему:
 - сензори (нпр. Температура, влажност, мерач влажности тла),
 - камере и софтвер за обраду слике,
 - еколошки прихватљиви алати за прскање (нпр. ручна прскалица, робот),
 - платформе за прикупљање и анализу података (нпр. мобилна апликација, веб интерфејс).
4. Након тога је уследило формирање група од 3-4 особе. Свака група је добила специфичан под-задатак: на пример, постављање сензорског система, снимање података, праћење здравственог стања биљака, развој препорука за интервенцију.
5. Ученици и наставници заједно су креирали распоред који је укључивао дистрибуцију учионице и практичних активности током времена. Ова фаза пројекта трајала је две недеље, са 3 лекције недељно, након чега је уследило независно прикупљање података и периоди евалуације.

Имплементација пројекта

Пројекат је интегрисан у наставни план и програм на недељном нивоу у школском стакленику, уз активно учешће ученика, у складу са методом пројекта. Кораци имплементације:

1. Дефинисање задатака и одабир алата

Ученици су формирали мале групе и заједно одлучили које делове стакленика ће посматрати. Свака група је одабрала алате неопходне за задатак (нпр. Сензори, камере, дигитални интерфејси), узимајући у обзир аспекте научене у разреду и стање биљног фонда.



2. Инсталирање сензора и камера

Одабрани алати су инсталирани од стране ученика на одређеним местима стакленика. Током инсталације, сензори и камере су сигурно фиксирани, подешен је исправан правац и извршена је основна калибрација уређаја како би се осигурао прецизан рад.

3. Прикупљање података и дигитално снимање

Током пројекта, ученици су прикупљали податке у редовним интервалима мерењем температуре, влажности, влажности тла и светлосних услова, као и сликањем стања биљака. Прикупљени подаци и слике су постављени у систем заснован на облаку, где су даље анализирани.

4. Обрада слике и откривање малвера

Анализа дигиталних снимака спроведена је под вођством наставника уз помоћ софтвера за обраду слике. Студенти су научили да идентификују ране симптоме лисних уши, трипса и других штеточина, као и гљивичних обољења на

сликама.

5. Процена ризика и сугестије

Студенти су заједно анализирали прикупљене податке и проценили ризике од инфекција. На основу мапа ризика и анализа података развијене су препоруке за неопходне интервенције у заштити биља – узимајући у обзир одрживост и аспекте заштите животне средине.

6. Имплементирати циљане интервенције

Групе су спроводиле поступке заштите биља одабране на основу сопствених препорука (нпр. Биолошка контрола, тачкасто прскање) обрађујући пажњу на тачну дозу, време и безбедну имплементацију.

7. Праћење и вредновање резултата

На крају пројекта, студенти су поново прикупили податке и проценили утицај интервенција. Они су документовали постигнуте промјене, извукли закључке и представили резултате у краткој презентацији својим колегама и наставницима.

Приче о успеху, неуспеси, ризици, утицај

Током пројекта, студенти су стекли искуство о примени дигиталних технологија у пољопривреди у стварним ситуацијама. Употреба сензора, камера и система за прикупљање података пружила им је прилику да добију дубљи увид у рад прецизне заштите усјева и да примене своје теоријско знање у пракси. Они су били у стању да открију и успешно третирају мање најезде штеточина у раној фази, смањујући штету и употребу хемикалија.

Студенти су искусили предности доношења одлука заснованих на подацима: на основу прикупљених података сензора и визуелних информација, развили су сопствене предлоге, које

су имплементирали самостално или у групама. Током пројекта, њихова еколошка свест се развила, јер су преферирали одрживе, еколошки прихватљиве приступе, као што су биолошка контрола или циљано, прскање по тачкама. Поред тога, побољшане су и њихове вештине решавања проблема, спремност на сарадњу и осећај одговорности неопходне за практичан рад.

Међутим, имплементација није била без изазова. Од самог почетка било је тешко прецизно калибрирати аутоматизоване уређаје и поуздано прикупљати податке сензора. Препознавање штеточина и патогена, посебно у раним фазама инфекција, захтијевало је значајно искуство и праксу. Спољни фактори животне средине, као што су флукутирајуће температуре и влажности, такође могу утицати на резултате мерења, а тиме и на одлуке о заштити.

Било је неколико ризика током имплементације пројекта. Могући кварови техничких уређаја, софтверски проблеми или непоштовање безбедносних правила могу угрозити тачност прикупљања и анализе података. Неодговарајућа употреба пестицида и могућа отпорност патогена и штеточина такође су сматрани потенцијалним претњама.

Упркос свему овоме, дугорочни утицај пројекта је изванредан. Студенти су обогачени савременим теоријским и практичним знањима, што доприноси њиховом будућем професионалном успеху и повећава њихове шансе за запошљавање у савременом пољопривредном сектору. Школски стакленик функционисао је као стварна, жива лабораторија, где су ученици могли да искусе употребу најновијих технологија и имали прилику да самостално истражују, посматрају и процењују. Пројекат је у великој мери допринео не само промоцији дигиталних пољопривредних решења, већ и јачању одрживог приступа.

Закључци и препоруке

На основу искустава пројекта, можемо закључити да се обрада теме прецизне заштите усјева пројектном методом показала као ефикасан облик учења. Студенти не само да су продубили своје знање о дигитализацији пољопривреде, већ су стекли и право практично искуство у области доношења одлука заснованих на подацима, сензорске технологије и еколошки прихватљивих решења за заштиту усјева.

Пројекат је потврдио да школски стакленик као простор за учење пружа одличну прилику да се покаже употреба дигиталних технологија уз развој независности ученика, посматрања и вјештина рјешавања проблема. Групни рад је олакшао колаборативно учење и допринео развоју одговорности ученика и еколошке свести.

Као препоруку, вреди редовно укључивати сличне пројекте у наставни план и програм за струковно образовање, посебно тамо где је могућа практична употреба дигиталних алата. У будућем развоју, препоручљиво је користити још детаљније протоколе за праћење, дигиталне дневнике и системе повратних информација, као и увођење алата за евалуацију заснованих на вештачкој интелигенцији.

Све у свему, може се рећи да је пројекат значајно допринео не само професионалном развоју ученика, већ и дигиталним и одрживим напорима образовне институције. Сечено искуство може дугорочно ојачати мотивацију и иновативан приступ студената у пољопривредној каријери.

Детаљи пројекта

Циљна група:	Студенти треће године основних академских студија (BSc) на смеровима Хортикултурни инжењеринг, Пејзажна архитектура и Пољопривредно инжењерство
Институција и држава:	Универзитет Сапиентиа – Мађарски универзитет у Румунији, Факултет у Тргу Мурешу и Факултет у Сфанту Ђерђу, Румунија
Спољна компанија укључена у пројекат:	Чланови конзорцијума пројекта Horticulture 4.0
Број студената који учествују:	30 особа
Наставници:	Турош Ласло-Жолт, Молнар Каталин, Биро-Јанка Бела, Пап Шандор, Чорба Артур, Њаради Имре-Иштван
Трајање пројекта (недеље):	1 семестар
Пројектни рад (број сати):	56 школских часова

Захвалница

Желео бих да се захвалим и особљу које је укључено у пројекат Horticulture 4.0 и спољним колегама који су својим знањем и искуством несебично допринели реализацији циљева пројекта.

Циљ пројекта

Циљ пројекта је подизање свести о значају прецизног наводњавања међу студентима специјализованих универзитета, као и представљање теоријске и практичне основе његове имплементације.

Истовремено, пројекат игра и улогу пробне обуке, на крају које се наставни план и програм креиран у оквиру пројекта Horticulture 4.0 може усавршити на основу формулисаних повратних информација.

Циљеви учења

До краја пројекта, студенти ће:

- разумети улогу воде у функционисању биљног организма;
- они стекну основне концепте теорије наводњавања;
- сазнајте више о предностима прецизног наводњавања хранљивим материјама;
- упознати компоненте прецизног система за наводњавање ђубрења и њихову улогу;
- они ће моћи да дизајнирају и изграде прецизни систем за наводњавање ђубрења;

- Они могу да управљају прецизним системом за наводњавање хранљивих материја који су дизајнирали и дизајнирали.

Припрема пројекта

- куповина основних залиха за систем за наводњавање;
- стицање и пуштање у рад одговарајуће метеоролошке станице и специфичних сензора влажности земљишта сензора у области експерименталне и обуке фарме универзитета;
- набавка и пуштање у рад одговарајућих записивача података и контролора система за наводњавање;
- одабир и инсталирање одговарајућег софтверског бацкенда за корисничке интерфејсе, као и одабир одговарајућих мобилних уређаја и провера проблема са компатибилношћу;
- стварање неопходних биљних стајања у стакленицима и теренским условима.

Имплементација пројекта

У главној теми, прецизно наводњавање ђубрива, у пролећном семестру реализовали смо пројекат у оквиру предмета Теорија наводњавања са укупно 28 сати предавања + 28 сати праксе. Предавања су одржана у великим групама, а практичне сесије су спроведене у форми активности у малим групама. Технички лист курса и завршени план рада пројекта детаљно садрже садржај и темпо пројекта, те поставља кораке пројекта у простор и време. Наш први задатак је да представимо пројекат у учионици, као и основне концепте везане за наводњавање, ђубрење, сензоре, контролу, пројектовање и изградњу. Након тога, апликативни део пројекта ће бити реализован изградњом и радом специфичног система за наводњавање хранљивим материјама у стакленицима и теренским условима.

Вршимо комплексну компаративну анализу конвенционалног и прецизног наводњавања, фокусирајући се на технолошку ефикасност наводњавања ђубрењем, уштеду коришћења воде, као и време и трошкове процеса.

Евалуација пројекта

Током пројекта, креирали смо мале групе које раде самостално у оквиру разреда, који током семестра обављају унапред одређени и договорени задатак. Задаци укључују редовно прикупљање података, углавном у вези са потрошњом воде, временом и радним захтевима за наводњавање. Прикупљени подаци ће бити обрађени и упоређивани на крају семестра, у оквиру чега ће бити истакнуто следеће:

- однос између количине воде која се користи и влажности земљишта и снабдевања биљном водом;
- наводњавање захтева време и радну снагу;
- економска анализа процеса наводњавања.

Свака мала група представља своје активности и обрађено прикупљање података кроз писмени извештај и пројектовану презентацију. Након тога, комплексно подизање / евалуација активности малих група пројекта је спроведена заједно.

Приче о успеху, неуспеси, ризици, утицај

Кроз активности у малим групама, имплементација пројекта је у великој мери заснована на искуственој педагогији кроз методу *учења кроз рад*, тако да је привукла пажњу ученика и осигурала њихово активно учешће. Због ниских временских услова падавина, пројекат везан за наводњавање подржао је позитиван ефекат прецизно извршеног наводњавања како у стакленим тако и у теренским условима.

Кроз пројекат студенти су стекли трајна знања и вештине из предмета, које могу користити у свакодневној професионалној пракси.

Информације о пројекту

Акроним:	Horticulture 4.0
Наслов:	Стручно образовање за дигиталну трансформацију у хортикултури
Број пројекта:	2021-2-HU01-KA220-VET-000050665
Кључна акција:	Erasmus + KA220-VET
Тип пројекта:	Партнерства за сарадњу у стручном образовању и обуци
Трајање:	36 месеци
Датум почетка:	01-03-2022
Датум завршетка:	01-03-2025
Циљна група:	VET наставници и тренери у пољопривредном сектору
Корисници:	Студенти струковног образовања и оспособљавања који уче за хортикултурне квалификације (IVET / CVET) VET провајдери и хортикултурна предузећа
Земље партнери:	Мађарска, Румунија, Србија
Руководилац пројекта:	Пољопривредна техничка и стручна школа „Јожеф Галамб“ у оквиру Центра за стручно образовање у пољопривреди Алфелди АЦЦ (Alföldi ASzC Galamb József Mezőgazdasági Technikum és Szakképző Iskola)
Контакт особа:	Золтан Хорват, директор
Е-пошта:	galambj.iskola@gmail.com

Партнери:

- iTStudy Hungary – Центар за образовање и истраживање у области рачунарства д.о.о. (iTStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft.), Мађарска
- Мађарски универзитет за пољопривредне и животне науке (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem), Мађарска
- Универзитет „Sapientia” – Мађарски универзитет у Ердељу (Трансилванији) (Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem), Румунија
- Фондација “Pro Scientia Naturae”, Сента (Pro Scientia Naturae Alapítvány Zenta), Србија

КОНТЕКСТ

Када људи помисле на пољопривреду, а не на информатику, аналитику података, умрежавање, аутоматизоване уређаје, Интернет ствари (ИоТ) или роботика су прве ствари које ми падају на памет, иако је е-пољопривреда већ данас присутна.

Пољопривредници су одувек били свесни да приноси зависе од многих фактора као што су квалитет земљишта или климатски услови. Међутим, до сада нису имали алате помоћу којих могу да мере, утичу, контролишу и оптимизују ове параметре како би добили најповољније приносе.

У ери дигиталне трансформације, хортикултура игра кључну улогу у обезбеђивању свежег и хранљивог поврћа и воћа све већој популацији. Употреба паметних технологија у пластеницима смањује неизвесност и повећава продуктивност, због чега аутоматизовани стакленици постају све популарнији. Потражња за аутоматизацијом и даљинским управљањем пластеницима широм света, у многим земљама, расте, али мало је пољопривредника и квалификованих радника који могу да користе ове алате са сигурношћу и професионализмом. Нажалост, стручно оспособљавање може одговорити на тренутне изазове само са закашњењем од неколико година, а да не спомињемо чињеницу да се технолошке промјене развијају континуирано и експоненцијалним темпом.

У земљама партнерима пројекта, наставни материјали о аутоматизацији стаклене баште и даљинском управљању још увек недостају у стручној обуци, чак и на нивоу високог образовања. Како је ова област сасвим нова, сродне технологије и услуге у многим случајевима немају адекватан стандардни систем, што отежава узгајивачима и предузетницима да одлуче који систем вреди имплементирати и користити.



РЕЗУЛТАТИ

Имплементација пројекта обухватила је пет радних пакета са следећим резултатима:

1 . Идентификовање и пописивање дигиталних вештина корисника који раде у паметним стакленицима

- **БАЗА ДИГИТАЛНИХ ТЕХНОЛОГИЈА У СТАКЛЕНИКУ**

Створена је онлајн база података која укључује технологије које користе паметни стакленици у Европи и партнерским земљама.

- **ДИГИТАЛНА МАПА КОМПЕТЕНЦИЈА**

Мапа компетенција описује дигиталне вештине неопходне за рад са новим технологијама у паметним пластеницима.

2 . Наставни план и програм о коришћењу паметних пластеника

- **ИСТРАЖИВАЊЕ И АНАЛИЗА ПРОЦЕНЕ ПОТРЕБА**

Пре него што су развили садржај учења и онлајн курс, партнери су имплементирали и покренули онлајн анкету у партнерским земљама како би идентификовали ниво дигиталних вештина наставника, знање о стакленим кућама и њихову употребу иновативних наставних метода 21. века и на крају доступност наставних материјала. Закључци истраживања су коришћени за наредне кораке развоја. Наставни план и програм је разрађен у складу са ЕУ директивама EQF, NQF, EQAVET, DigComp и DigCompEdu.

3 . Развој садржаја учења о паметним стакленцима

На основу наставног плана и програма, универзитетски предавачи и стручни инструктори партнерства развили су садржај учења у три главна поглавља на четири европска језика:

1. **ИТ основе рада паметних пластеника**
2. **Паметне технологије у пластеницима**
3. **Иновативне наставне методе**

Прва тема говори о ИТ основама потребним за рад интелигентних пластеника на јасан и приступачан начин. Друга тема описује напредне технологије паметних пластеника у осам поглавља, прилагођавајући се физиолошким фазама биљака, са приступом оријентисаним на праксу и посебним фокусом на решења вештачке интелигенције. Трећа тема је методолошки водич за наставнике хортикултурних предмета који желе да подучавају најновије технологије својим ученицима користећи иновативне методе 21. века.

4 . Платформа за е-учење и онлајн курс за едукаторе који предају хортикултуру у партнерским земљама

ПЛАТФОРМА ЗА Е-УЧЕЊЕ

Онлајн курсеви су реализовани на четири језика у вишејезичном Moodle Learning Management System (LMS). Поред материјала за учење три модула, интерфејс за е-учење садржи и додатне компоненте курса на четири језика који подржавају онлајн учење и сарадњу, као што су водичи за учење, форуми, задаци са шаблонима за подношење, тестови знања и упитници за оцењивање курса, итд.

E-LEARNING COURSE – ПИЛОТ ОБУКЕ

Онлајн курс је тестиран укључивањем 150 хортикултурних тренера из партнерских земаља. Учесници курса су замољени да изаберу тему и развију са својим студентима (применом пројектне методе) у сарадњи са спољном хортикултурном компанијом коју уче у 3. модулу. Након курса одабрали смо по један пројекат из сваке земље и објавили искуства у приручнику за наставнике.

5 . Паметне технологије у стакленим кућама – дигитални приручник за хортикултурне тренере

У завршној фази пројекта, партнерство је произвело е-књигу "Horticulture 4.0 - Intelligent Greenhouse Technologies" на енглеском језику и језицима партнерских земаља: мађарском, румунском и српском. Поред специјализованог садржаја, књига укључује искуства наставника који су учествовали у пилот онлајн курсу и испробали дигиталне алате и методе са својим ученицима/ученицима, као и препоруке добијене од хортикултурних фарми које су укључене у реализацију пројекта.

ОДРЖИВОСТ

Пројекат ће резултирати флексибилним, будућности оријентисаним дигиталним програмом стручног оспособљавања за хортикултурне едукаторе у пољопривредном сектору. Производи се могу широко рециклирати у европском стручном образовању и обуци, јер, поред знања о најсавременијим технологијама које се користе у паметним пластеницима, теме обуке, методе и решења за е-учење су у складу са кључним европским образовним оквирима, укључујући EQF, ECT, EQAVET, DigComp и DigCompEdu.

Кључне карактеристике и вишенаменске апликације:

- **Модуларни садржај учења и онлајн курс:** Онлајн курс се може преузети на четири језика са материјалом курса и другим елементима курса (водич за учење, задаци,

тестови, итд.) и може се поново користити у било ком другом стандардном Моодле окружењу.

- **Паметне технологије у стакленицима – Дигитални приручник за наставнике:** На основу садржаја учења, припремљен је дигитални приручник за наставнике на четири језика. Приручник за преузимање може бити вриједан додатак настави, са знањем које још није укључено у тренутне уџбенике због брзог технолошког развоја.
- **Ресурси за микроучење:** Садржај се може поделити на независно разумљива поглавља и континуирано се објављује као дигитални материјали за микроучење. Они су слободно доступни на четири језика на професионалним и образовним платформама за дељење садржаја као Open Educational Resources (OERs).

Резултате пројекта препоручујемо свим наставницима хортикултурних предмета у струковним школама, средњим стручним школама и високом образовању који желе да њихови ученици успеју на пољопривредним радним местима опремљеним најсавременијом технологијом.



Информације : Золтан Хорват, е-маил: galambj.iskola@gmail.com

Web: <https://h40.itstudy.hu/sr>

Horticulture 4.0 - Интелигентни заштићени простори
у стручном образовању у области хортикултуре пројект
2021-2-HU01-KA220-VET-000050665
2022. 03. 01- 2025. 02. 28.
<https://h40.itstudy.hu/hu>

Издаје Хортикултура 4.0 консорцијум: Публикација је под лиценцом CC BY-NC 4.0.



С финансијском подршком Европске уније. Мишљења и тврдње изнете у овом материјалу представљају ставове аутора/аутора и не одражавају нужно званичне ставове Европске уније или Европске извршне агенције за образовање и културу (EACEA). Ни Европска унија, ни EACEA не могу се сматрати одговорним за њих.