

 PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Dobre prakse za uporabo UV svetlobe v kmetijstvu



Slovenj Gradec, 10. 5. 2025

Naslov:

Dobre prakse za uporabo UV svetlobe v kmetijstvu

Urednik: Alenka Berložnik (Zavod SLOKVA, so. p.)

Avtorji: dr. Simon Klančnik, dr. Nika Brili, Alenka Berložnik, dr. Sebastjan Radišek

Fotografije: dr. Simon Klančnik, Alenka Berložnik, dr. Nika Brili, dr. Sebastjan Radišek

Recenzija: dr. Simon Klančnik, Alenka Berložnik, dr. Nika Brili, dr. Sebastjan Radišek

Grafično oblikovanje in prelom: Zavod Slokva, so.p.

Oblikovanje ovitka: Zavod Slokva, so.p.

Vrsta publikacije: elektronska izdaja

Založnik: Zavod SLOKVA, so. p.

Izdajatelj: Zavod SLOKVA, so. p.

Kraj in datum izida: Slovenj Gradec, maj 2025

Dostopno na: <https://slokva.si/projekti/program-razvoja-podezelja-2014-2020-do-2022/trajnostno-varstvo-rastlin-z-uvajanjem-uv-osvetljevanja/>

Financer projekta: Program razvoja podeželja 2014-2020 (80 % od tega Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja, 20 % Republika Slovenija), lastna sredstva partnerjev

Naslov projekta: Trajnostno varstvo rastlin z uvajanjem UV osvetljevanja (UV4PLANTS)

Številka ukrepa: 16.5

Številka odločbe: 33133-1/2021/7

Cena: brezplačno

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 239013123

ISBN 978-961-97021-4-7 (PDF)

VSEBINA

1. UVOD.....	4
1.1 Namen in cilji priročnika.....	4
1.2 Kratek opis projekta UV4PLANTS	4
1.3 Partnerji in njihove vloge	6
2. Osnove UV svetlobe in njen pomen v kmetijstvu	7
3. Tehnične rešitve UV-C osvetljevanja glede na pridelovalno okolje in kulturo.....	8
3.1 Mobilni traktorski priključek za UV-C osvetljevanje.....	8
3.2 Stacionarne UV-C rešitve za rastlinjake in trajne nasade.....	11
3.3 Osvetljevanje s premično rampo v rastlinjaki.....	13
3.4 Osvetljevanje z mobilnimi roboti in droni – prihodnost UV-C varstva rastlin.....	14
4. Meritve UV-C doze pri osvetljevanju rastlin.....	17
4.1 Stabilnost vira svetlobe: nihanje jakosti skozi čas.....	17
5. Laboratorijske analize vpliva UV-C svetlobe na različne povzročitelje rastlinskih bolezni	19
6. Praktična uporaba na terenu – izkušnje kmetij	22
6.1 Opis poskusov in pogojev (lokacije, kulture, bolezni)	22
6.2 Opazovanja, rezultati in interpretacija.....	23
7. Zaključki projekta in nadaljnje smernice	27

1. UVOD

1.1 Namen in cilji priročnika

Priročnik dobre prakse v okviru projekta UV4PLANTS je namenjen predstavitvi rezultatov raziskovalnega in razvojnega dela, ki je bilo usmerjeno v uvedbo UV osvetljevanja kot inovativne in trajnostne metode varstva rastlin. Z njim želimo prispevati k zmanjšanju uporabe fitofarmacevtskih sredstev (FFS), izboljšanju kakovosti pridelkov, varovanju okolja ter povečanju konkurenčnosti slovenskega kmetijstva.

Priročnik vključuje znanstvena izhodišča, tehnične rešitve, laboratorijske preizkuse in predvsem izkušnje iz prakse – neposredno iz slovenskih kmetij. UV osvetljevanje se prvič sistematično uvaja v slovensko kmetijstvo, zato je pomembno, da se zbrane ugotovitve in priporočila jasno in uporabno predstavijo pridelovalcem, svetovalcem ter vsem drugim deležnikom.

Ključni cilji priročnika so:

- prikazati učinkovitost UV svetlobe kot metode za zatiranje bolezni in zmanjševanje potrebe po uporabi FFS;
- podati konkretna priporočila o vrstah UV svetlobe, doziranju, časovni dinamiki in ciljnem delovanju na bolezni pri posameznih kulturah;
- predstaviti tehnične rešitve, kot so mobilni in stacionarni UV sistemi, njihove sestavne dele in navodila za izdelavo;
- povezati znanstvene ugotovitve in prakso – laboratorijske teste, razvoj prototipov in rezultate s testnih kmetij;
- prispevati k večji usposobljenosti in ozaveščenosti kmetovalcev glede nekemičnih alternativ varstva rastlin;
- podpreti ekološko kmetijstvo in druge pridelovalne sisteme z inovativno, a dostopno tehnologijo;
- omogočiti samogradnjo in prilagoditev sistemov na različnih tipih kmetij, s poudarkom na majhnih in OMD območjih;
- služiti kot orodje za širjenje rezultatov projekta in nadaljnji prenos znanja.

Priročnik hkrati predstavlja tudi sintezo znanj in izkušenj vseh partnerjev v projektu in služi kot projektno poročilo. Je gradivo, ki povezuje znanstveno raziskovanje, inženirske rešitve in kmetijsko prakso v skupni viziji – bolj trajnostno, varno in inovativno prihodnost slovenskega kmetijstva.

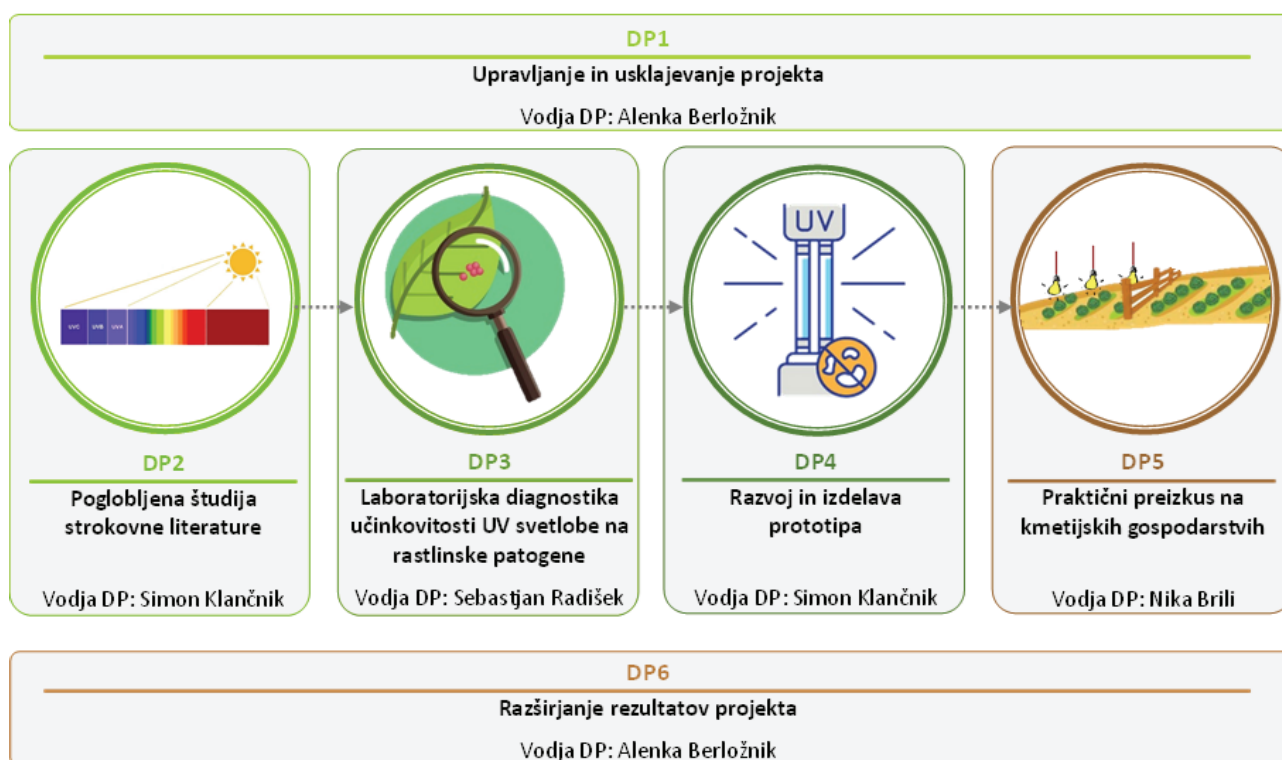
1.2 Kratek opis projekta UV4PLANTS

UV4PLANTS – Trajnostno varstvo rastlin z uvajanjem UV osvetljevanja je projekt Evropskega inovativnega partnerstva (EIP), katerega glavni cilj je razvoj, testiranje in uvedba inovativne metode varstva rastlin, ki temelji na uporabi ultravijolične (UV) svetlobe kot alternativni kemičnim sredstvom za varstvo rastlin (FFS).

Projekt naslavlja eno ključnih težav sodobnega kmetijstva: odvisnost od fitofarmacevtskih sredstev, ki kljub učinkovitosti puščajo negativne posledice na okolje, zdravje ljudi in biotsko raznovrstnost. UV svetloba, ki jo znanstvena literatura že priznava kot učinkovito sredstvo za zatiranje nekaterih rastlinskih bolezni, pri nas še ni uveljavljena v praksi. Projekt zato prinaša inovacijo v slovensko kmetijstvo.

Projekt je sestavljen iz šestih delovnih paketov (DP), ki pokrivajo naslednja področja:

- pregled strokovne literature in znanstvenih dognanj,
- laboratorijsko testiranje učinkovitosti UV svetlobe (različne valovne dolžine) na patogene organizme,
- razvoj in izdelava prototipov naprav (mobilni traktorski sistem in stacionarni sistem),
- praktični preizkusi na petih slovenskih kmetijah na kulturah kot so krompir, hmelj, jablane, konoplja in hruške,
- analiza rezultatov ter priprava priporočil,
- izobraževanje, usposabljanja, predstavitve in izdaja priročnika.



Slika 1: Shema poteka projekta UV4PLANTS

Projekt povezuje raziskovalne institucije, kmetije, izobraževalne in svetovalne partnerje. Tako vzpostavlja povezavo med znanostjo in prakso ter omogoča, da nova znanja dejansko zaživijo na terenu.

UV4PLANTS je prvi tovrstni projekt v Sloveniji, ki testira UV osvetljevanje v realnih pogojih slovenskega kmetijstva in razvija tehnološke rešitve, prilagojene različnim pridelovalnim razmeram. S tem postavlja temelje za širšo uporabo UV svetlobe kot učinkovitega orodja za bolj trajnostno in ekološko naravnano kmetijsko prakso.

1.3 Partnerji in njihove vloge

V spodnji tabeli so predstavljeni vsi partnerji projekta UV4PLANTS, njihova vrsta in glavne vloge, ki jih opravljajo v okviru projektnih aktivnosti.

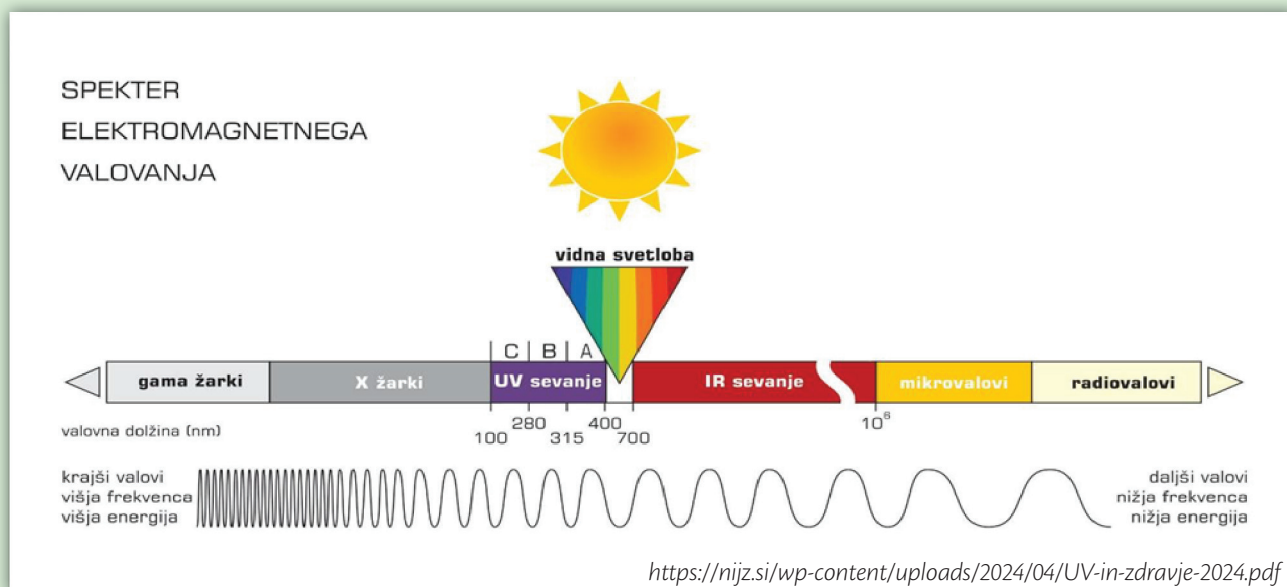
Partner	Vrsta partnerja	Vloga v projektu UV4PLANTS
Zavod SLOKVA, so. p.	Vodilni partner	Vodenje projekta, koordinacija, prenos znanja, organizacija dogodkov, priprava priročnika.
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	Raziskovalno / izobraževalna institucija	Razvoj tehničnih rešitev za UV-C osvetljevanje rastlin (traktorski priključek, stacionarni sistemi, meritve doz UV-C sevanja)
Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije	Raziskovalno / svetovalna institucija	Laboratorijski preizkusi, določanje doz UV, diagnostika bolezni, validacija rezultatov na terenu.
Okoljsko raziskovalni zavod (ORZ)	Okoljski strokovni partner	Okoljski vidik projekta, ozaveščanje, ohranjanje habitatov, izobraževanja.
Šolski center Šentjur	Izobraževalna ustanova	Ekskurzije, vključevanje dijakov, diseminacija znanja med mladimi.
CERDONIS d.o.o.	Založništvo / dizajn	Oblikovanje in tisk priročnika, zloženek in drugih promocijskih gradiv.
Kmetija Brili	Demonstracijska kmetija	Testiranja v sadovnjakih (jablane), pomoč pri razvoju prototipov, povezava teorije in prakse.
Kmetija Klemenc	Demonstracijska kmetija	Praktični preizkusi na konoplji, prilagoditve UV naprav.
Kmetija Radej	Demonstracijska kmetija	Testiranja na paradižniku in kumarah, prispevek k raznolikosti testnih podatkov.
Kmetija Štumpfl Prevorčič	Demonstracijska kmetija	Testiranja na paradižniku, jajčevcih in kumarah, pomembna za validacijo v intenzivni pridelavi.
Kmetija Šerbec	Demonstracijska kmetija	Testiranja na kiviju, izvajanje preizkusa na ekološko pomembnem območju.



Slika 2: Partnerji projekta

2. OSNOVE UV SVETLOBE IN NJEN POMEN V KMETIJSTVU

UV (ultravijolična) svetloba je del elektromagnetnega spektra, ki leži med vidno svetlobo in rentgenskimi žarki. Razdeljena je na tri podskupine: UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) in UV-C (100–280 nm). Najbolj zanimiv za kmetijsko uporabo je **UV-C**, saj ima dokazano močno protimikrobno delovanje. Naravni vir UV svetlobe je sonce, vendar večino UV-C žarkov absorbira ozonska plast. Zato se v kmetijstvu uporabljajo umetni viri, kot so UV-C LED svetilke in fluorescentne cevi.



Slika 3: UV-sevanje v spektru elektromagnetnih valov

Tip	Absorbcija	Valovna dolžina
UV-C	popolnoma se absorbira v zgornjih in srednjih plasteh atmosfere (ozon in molekule kisika)	100 – 280 nm
UV-B	delno se absorbira v atmosferi, preostalo doseže zemljino površje (ta povzroča zagorelost kože)	280 – 315 nm
UV-A	skoraj nič se ne absorbira v atmosferi	315 – 400 nm

UV-C svetloba deluje predvsem na patogene, saj poškoduje njihovo DNK in s tem preprečuje razmnoževanje. S tem zavira razvoj bolezni, kot so pepelaste plesni, sivo plesen in bakterijske okužbe.

Zakaj je UV-C svetlobo treba aplicirati zvečer ali ponoči?

Učinkovita in varna uporaba UV-C svetlobe v kmetijstvu ne zahteva le ustrezne tehnologije in odmerjanja, temveč tudi **natančno določitev časa obsevanja**. Izkušnje iz raziskav in prakse kažejo, da je **večerna ali nočna uporaba UV-C najučinkovitejša**. Razlogi za to niso le tehnični, temveč tudi **biološki in varnostni**.

- Preprečevanje fotoreaktivacije (vpliv modre svetlobe)

Eden ključnih razlogov za večerno uporabo UV-C je prisotnost naravnega mehanizma popravljanja DNK škode pri mikroorganizmih – ta proces imenujemo fotoreaktivacija.

UV-C svetloba povzroči poškodbe DNK patogenov, vendar lahko mikroorganizmi te poškodbe popravijo s pomočjo encima fotolize, ki se aktivira ob prisotnosti modre svetlobe (400–500 nm).

Če je mikroorganizem po UV-C obsevanju izpostavljen sončni svetlobi (ki vsebuje modro komponento), se lahko DNK poškodbe popravijo, s čimer je učinek UV-C izničen.

Zato je ključnega pomena, da UV-C svetlobo apliciramo zvečer ali ponoči, ko ni več modre svetlobe, s čimer onemogočimo popravljanje DNK in zagotovimo uničenje patogenov.

- Manjša občutljivost rastlin

Rastline so čez dan aktivne v procesu fotosinteze in bolj občutljive na dodatni stres, vključno z UV-C svetlobo. Večerna uporaba zmanjša tveganje za poškodbe rastlinskega tkiva, saj so takrat fiziološki procesi umirjeni, listne pore zaprte, svetlobna signalizacija pa manj aktivna.

- Biološki cikel patogenov

Številne glive in bakterije sproščajo spore ali se aktivno razmnožujejo v večernih urah. Če UV-C obsevanje poteka v tem času, deluje v najbolj občutljivi fazi razvoja patogenov, kar poveča učinkovitost obravnave.

3. TEHNIČNE REŠITVE UV-C OSVETLJEVANJA GLEDE NA PRIDELOVALNO OKOLJE IN KULTURO

Poglavje vam bo pomagalo prepoznati, katera rešitev je najprimernejša za vaše razmere, kako jo ustrezno prilagoditi ter na kaj biti pozoren pri načrtovanju, vgradnji in uporabi UV-C osvetljevalnega sistema. Cilj je omogočiti samostojno uporabo ali izgradnjo UV-C sistema, ki je prilagojen kulturi, prostoru in razpoložljivim virom na kmetiji.

3.1 Mobilni traktorski priključek za UV-C osvetljevanje

Mobilni traktorski priključek za UV-C osvetljevanje je namenjen uporabi na poljih in v trajnih nasadih, kjer je potrebna večja pokritost površin in kjer rastline rastejo v vrstah, med katerimi lahko potuje vozilo. Tak način je primeren za:

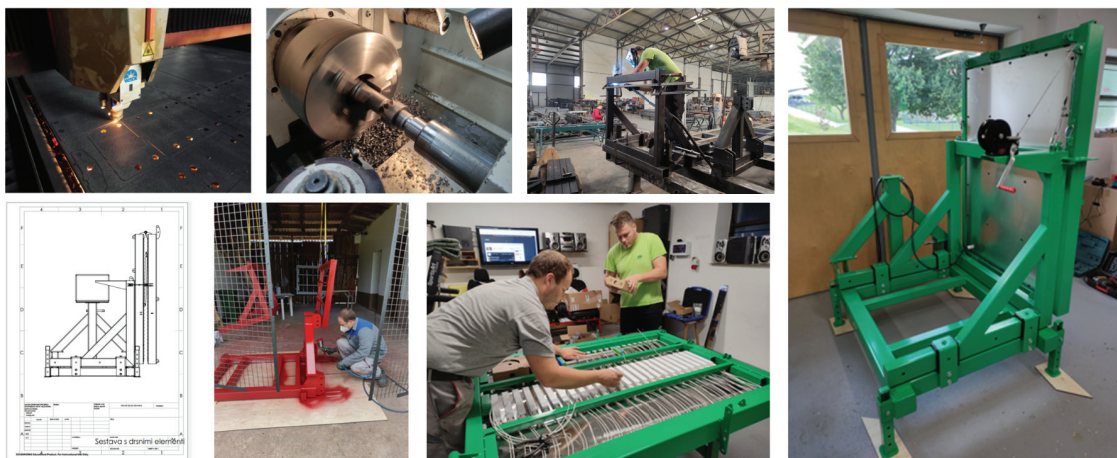
- poljske vrtnine (npr. krompir, buče),
- sadna drevesa in grmovnice (npr. jablane, hruške, ribez),
- trajne nasade (npr. ameriške borovnice, maline).

UV-C obsevanje se izvaja ponoči ali zvečer, da se prepreči fotoreaktivacija in da rastline niso v aktivni fotosintetski fazi. Naprava je zasnovana za horizontalno ali vertikalno osvetljevanje, kar omogoča učinkovito delovanje tako pri nizkih kot višjih kulturah.

Osnovne značilnosti:

- Nosilna konstrukcija: priklopna rama iz jekla ali aluminija, ki se namesti na zadnji del traktorja.
- Svetilni sistem: več UV-C svetilk (fluorescenčne cevi ali LED) nameščenih v horizontalni (nad vrstami) in/ali vertikalni legi (bočno ob rastlinah).
- Napajanje: baterijskega sistema ali zunanjega agregata.
- Zaščita: UV-odbojni ščiti, pokrovi nad svetilkami (za zaščito pred točo in vlago).
- Prilagodljivost: nastavljiva višina, nagib in oddaljenost svetilk za optimalno doziranje.

Izdelava traktorskega priključka



NAČRTI ⇒ MEH. OBDELAVA ⇒ VARJENJE ⇒ BARVANJE ⇒ MONTAŽA

Slika 4: Razvoj in izdelava traktorskega priključka za UV-C osvetljevanje v okviru projekta UV4PLANTS

Praktične funkcionalnosti:

- Nastavitev širine pokritosti glede na razmik med vrstami.
- Označbe za pomoč pri določanju oddaljenosti svetilk od rastlin.
- Možnost izklopa posameznih segmentov (delno osvetljevanje).

Za pravilno in učinkovito uporabo mobilne naprave je treba upoštevati naslednje:

- Hitrost vožnje naj bo prilagojena ciljni dozi UV-C (npr. pri 11 W/m^2 potrebujemo 18 sekund za dozo $\sim 200 \text{ J/m}^2$ – hitrost prilagodimo glede na širino pokritosti).
- Oddaljenost svetilk od rastlin naj bo med 20–35 cm. Višje razdalje zmanjšajo intenziteto.
- Pogostost osvetljevanja: priporočljivo 2–3× tedensko v fazi visoke občutljivosti rastlin na okužbe.
- Prižiganje ponoči, po sončnem zahodu, običajno ob 22. uri, da se prepreči popravljanje DNK poškodb pri patogenih.

Prednosti:

- Primerno za večje površine in trajne nasade.
- Mobilno in večnamensko – lahko se uporabi na različnih kulturah.
- Možnost natančnega doziranja UV-C svetlobe.

Omejitve:

- Zahteva usposobljenost uporabnika glede varnosti in pravilne uporabe.
- Manj primerna za neurejen teren ali zelo goste zasaditve.
- Potrebna zaščita pred neugodnimi vremenskimi pogoji (dež, toča, megla).



Slika 5: Traktorski priključek za UV-C osvetljevanje razvit in izdelan v okviru projekta UV4PLANTS



Slika 6: Prikaz uporabe traktorskega priključka za UV-C osvetljevanje v nasadu jablan (praktični preizkus v okviru projekta UV4PLANTS)

Načrti za izdelavo traktorskega priključka za horizontalno in vertikalno UV-C osvetljevanje rastlin so prosto dostopni na:

https://slokva.si/wp-content/uploads/2025/05/TRAKTORSKI-PRIKLJUCEK-ZA-UV-OSVETLJEVANJE-RASTLIN_zdruzeni_nacrti.pdf

3.2 Stacionarne UV-C rešitve za rastlinjake in trajne nasade

Stacionarne UV-C naprave so namenjene uporabi na lokacijah, kjer so rastline stalno umeščene in je omogočen dostop do električne energije. Najpogosteje jih najdemo v rastlinjaki, vendar so uporabne tudi v manjših trajnih nasadih, na eksperimentalnih površinah ali ob poljskih robovih. Njihova prednost je v tem, da omogočajo **redno, natančno in enakomerno osvetljevanje rastlin**, brez potrebe po premikanju opreme.

Naprave so sestavljene iz:

- **nosilne konstrukcije** (npr. stojala, okvirji, loki), na katero so nameščene svetilke,
- **UV-C svetilk**, najpogosteje fluorescentnih cevi ali LED modulov,
- **napajalnega sistema**, ki je običajno priključen na električno omrežje (220 V),
- **časovnega ali ročnega stikala**, ki omogoča avtomatsko vklopjanje v določenih terminih.

Za učinkovito delovanje morajo biti svetilke nameščene **na višini med 20 in 35 cm** nad površino listov. Pomembno je, da je svetloba enakomerno razporejena, brez senc ali prekrivanj, zato priporočamo uporabo več svetilk v vrsti ali paralelnih linijah. Svetilke naj bodo zaščitene s prozornimi pokrovi, odpornimi na UV-C žarke, vlago in mehanske vplive (npr. pleksi steklo, UV-odporna plastika).

Ključna priporočila za uporabo stacionarnih naprav:

- Osvetljevanje izvajajte **po sončnem zahodu**, najbolje med 22.00 in 01.00 uro.
- Osvetlite rastline **vsakodnevno**, v fazi, ko so najbolj občutljive za bolezni.
- Prilagodite **čas osvetljevanja** glede na moč svetilk in razdaljo (npr. 10–20 sekund za dozo 200 J/m²).
- Redno **očistite svetilke**, saj prah in umazanija znatno zmanjšata učinkovitost.
- Preverjajte, ali je **moč svetilk** še znotraj optimalnih vrednosti, saj se z uporabo zmanjšuje.

Stacionarne UV-C naprave so posebej primerne za uporabnike, ki želijo tehnologijo **rutinsko vključiti v zaščito rastlin**, brez zamud pri pripravi in z minimalnimi posegi v delovni proces. Zaradi preproste konstrukcije in možnosti samogradnje so dostopne tudi manjšim kmetijam. Potrebno pa je zagotoviti ustrezno zaščito pred vremenskimi vplivi, če so nameščene na prostem.

Prednosti:

- Enostavna uporaba in minimalno vzdrževanje,
- Visoka natančnost doziranja UV-C,
- Primerna za redno in ponovljivo uporabo,
- Ugodna rešitev za manjše površine ali posamezne vrste rastlin.

Slabosti oziroma omejitve:

- Potreba po električni infrastrukturi,
- Fiksna postavitev – omejena pokritost večjih površin,
- Potrebna zaščita naprav v odprtem prostoru.

Z nekaj prilagoditvami in osnovnim tehničnim znanjem lahko kmetje sami postavijo učinkovit stacionarni sistem, prilagojen njihovim kulturam. Pomembno je, da se pri tem dosledno upošteva pravilen način osvetljevanja in varnostna priporočila, saj gre pri UV-C svetlobi za tehnologijo z močnim biološkim učinkom.



Slika 7: Stacionarni sistem za UV-C osvetljevanje v rastlinjaku Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije

3.3 Osvetljevanje s premično rampo v rastlinjaki

Osvetljevanje s premično rampo predstavlja rešitev, ki omogoča **enakomerno in natančno UV-C obsevanje rastlin v vrstah** znotraj rastlinjakov. Takšna postavitve je posebej primerna za pridelavo paradižnika, kumar, solate in drugih vrst, kjer rastline rastejo v vzporednih linijah in je možno nad njimi voditi premično konstrukcijo. Sistem temelji na **vodoravni konstrukciji**, na katero so nameščene UV-C svetilke, celotna enota pa se lahko **ročno ali mehansko premika** nad rastlinami.

Glavni cilj takšne postavitve je zagotoviti, da so rastline izpostavljene kontrolirani dozi UV-C svetlobe, ne glede na njihovo natančno lego, velikost ali razmak. Sistem je posebej primeren za večje rastlinjake, kjer se želi doseči visoko ponovljivost in optimalen izkoristek UV-C svetilk.

Tehnična zasnova premične rampe vključuje:

- **vodilni okvir** (iz aluminija ali pocinkanega jekla), ki poteka nad vrstami,
- **nosilno rampo** z več UV-C svetilkami, nameščenimi vzdolž osi gibanja,
- možnost **ročnega premikanja** (potiskanje) ali **pogona z motorjem** (kolesa, vodila),
- **časovni krmilnik** za nastavitev trajanja osvetljevanja na posamezni točki.

UV-C svetilke so običajno nameščene na višini 25–35 cm nad rastlinami. Da se doseže ciljna doza (npr. 200 J/m²), se rampa pomika s predvideno hitrostjo, ali pa se za določen čas ustavi nad posamezno vrsto. Osvetljevanje se izvaja **ponoči**, enako kot pri drugih UV-C rešitvah, običajno **vsakodnevno**.

Prednosti premičnih ramp v rastlinjaki:

- **Enakomerna izpostavljenost** vseh rastlin v vrsti.
- Možnost osvetljevanja več vrst z eno napravo.
- Visoka **ponovljivost in nadzor** nad dozo.
- Možnost **avtomatizacije** procesa v večjih sistemih.

Za učinkovito uporabo je ključno, da se rampa **počasi in enakomerno pomika**, pri čemer se lahko uporabi tudi postopek "postanek–premik", če ni vgrajenega pogona. Uporabnik mora poznati moč svetilk in na podlagi razdalje ter hitrosti izračunati primeren čas osvetljevanja. Priporočljivo je, da se ob rampi označijo **referenčne točke**, ki pomagajo pri ponovljivosti postopka.

Pomembno za varno in učinkovito delovanje:

- Redno preverjajte **čistost svetilk** – umazanija zmanjša UV učinkovitost.
- Poskrbite, da v času obsevanja **ni ljudi v območju ramp**, saj UV-C svetloba predstavlja tveganje za zdravje.
- Po potrebi namestite **opozorilne znake ali svetlobna opozorila**, da se prepreči nenamerna izpostavljenost.

Osvetljevanje s premično rampo predstavlja rešitev, ki je **učinkovita, a hkrati zelo praktična**. Primerna je tako za **profesionalne pridelovalce** kot tudi za **raziskovalne namene**, kjer je potrebno dosledno primerjanje rezultatov med vrstami in cikli. V manjšem obsegu jo je možno izdelati tudi kot **samogradnjo**, z uporabo običajnih materialov in UV svetilk, ki so že na voljo na trgu.



Slika 8: Sistem za UV-C osvetljevanje na premični rampi v rastlinjaku Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.

3.4 Osvetljevanje z mobilnimi roboti in droni – prihodnost UV-C varstva rastlin

Z napredkom robotike, senzorike in umetne inteligence se v kmetijstvu vse bolj uveljavljajo **avtonomne mobilne rešitve** za UV-C obsevanje rastlin. Takšni sistemi omogočajo natančno, ciljno in samostojno izvajanje zaščite rastlin pred boleznimi brez potrebe po neposredni prisotnosti človeka.

Mobilni roboti z UV-C svetilkami

Avtonomni mobilni roboti delujejo na tleh in se gibljejo **med vrstami rastlin** v rastlinjaki ali na prostem. Opremljeni so z UV-C svetilkami in pogosto tudi s kamerami, senzorji ter navigacijskim sistemom (GPS, LIDAR ali vizualno sledenje).



Slika 9: Mobilni robot za UV-C osvetljevanje jagod (vir: FUTURE FARMING <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/field-robots/robot-combats-powdery-mildew-in-strawberries-using-uv-c-treatment/>)

Prednosti:

- Popolnoma **avtonomno delovanje** – brez traktorja ali ročnega premikanja,
- **ciljno osvetljevanje** – le tam, kjer je potrebno (npr. bolne rastline),
- **stalno spremljanje rastlin** (npr. z računalniškim vidom),
- **možnost delovanja tudi v zapletenih postavitvah** (npr. vertikalne zasaditve).

Droni z UV-C svetilkami

Letalniki (droni) z nameščenimi UV-C svetilkami omogočajo obsevanje rastlin iz zraka, kar je posebej zanimivo za **večje poljske površine ali težje dostopna območja** (npr. strmi vinogradi).

Izzivi in zahteve:

- Potrebna je **natančna kontrola višine in hitrosti** zaradi ustrezne doze,
- UV-C svetilke morajo biti **lahke in učinkovite**, da ne zmanjšajo dosega drona,
- Zahtevana **varnostna oprema** in omejitve glede delovanja v bližini ljudi.



Slika 10: Brezpilotni letalnik za UV-C osvetljevanje

Trenutno so to predvsem **eksperimentalne rešitve**, a imajo velik potencial za hitro, širokopovršinsko ukrepanje pri pojavih bolezni.

Perspektiva razvoja

Čeprav tovrstne rešitve v Sloveniji še niso uveljavljene, je pričakovati, da bodo:

- z razvojem **cenejših robotov in dronov** postale dostopne tudi manjšim kmetijam,
- z integracijo umetne inteligence omogočale **natančno, podatkovno vodeno UV-C obsevanje**,
- ključni del **pametnih rastlinjakov in robotiziranih ekosistemov pridelave**.

4. MERITVE UV-C DOZE PRI OSVETLJEVANJU RASTLIN

Za uspešno in varno uporabo UV-C svetlobe v kmetijstvu je ključnega pomena, da uporabnik pozna in nadzira **dozo UV-C sevanja**, ki jo prejmejo rastline. UV-C svetloba ima dokazano protimikrobno delovanje, vendar mora biti doza natančno prilagojena, da je učinkovita proti patogenom in hkrati varna za rastlino.

Doza UV-C sevanja se izraža v enotah **J/m^2 (jouli na kvadratni meter)** in je odvisna od dveh glavnih parametrov:

$$\text{Doza } [J/m^2] = \text{Intenziteta } [J/s \cdot m^2] \times \text{Čas osvetljevanja } [s]$$

Kadar doza ni ustrezna (prenizka ali previsoka), so lahko učinki neučinkoviti ali celo škodljivi za rastline. Zato so **točne meritve in razumevanje vpliva časa na jakost svetlobe bistveni za dobro prakso**.

Enota $J/s \cdot m^2$ (jouli na sekundo na kvadratni meter) pomeni gostoto moči UV-C sevanja – to je, koliko energije vsako sekundo doseže $1 m^2$ površine. Gre za enakovredno obliko enote W/m^2 (vata na kvadratni meter), saj velja:

$$1 J/s \cdot m^2 = 1 W/m^2$$

Zato merilne naprave v praksi lahko prikazujejo moč UV-C svetlobe kot $J/s \cdot m^2$, W/m^2 ali $\mu W/cm^2$, pri čemer velja:

$$1 \mu W/cm^2 = 0.01 J/s \cdot m^2$$

Če želimo izračunati skupno dozo (J/m^2), moramo jakost ($J/s \cdot m^2$) pomnožiti s časom trajanja osvetljevanja (v sekundah).

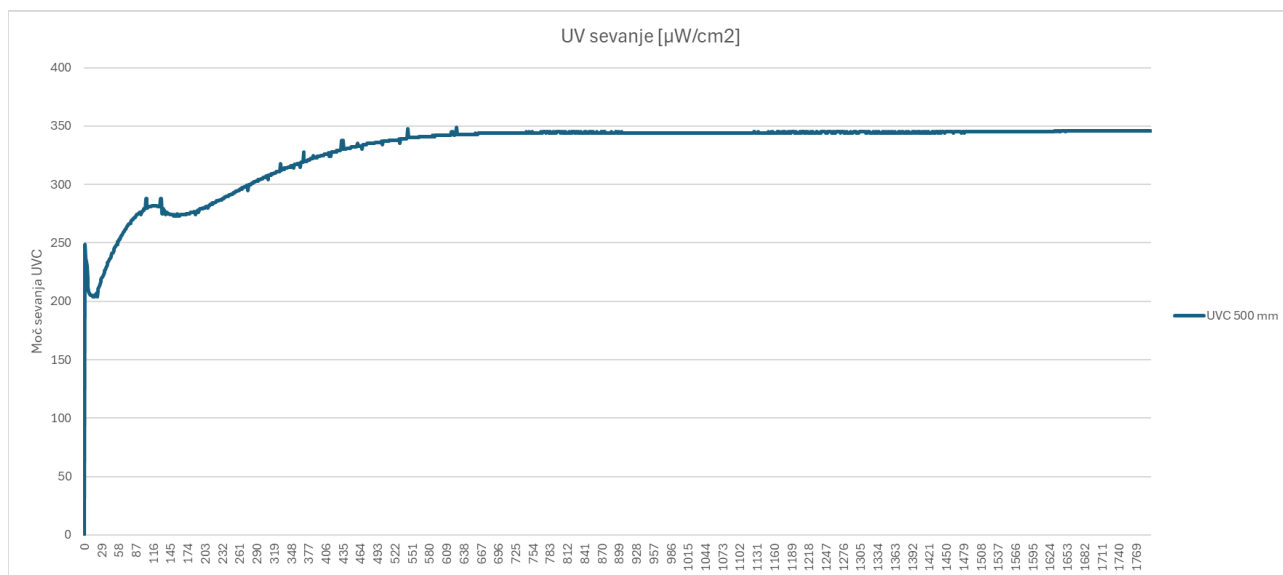
4.1 Stabilnost vira svetlobe: nihanje jakosti skozi čas

Jakost UV-C svetlobe se **ne začne takoj z maksimalno vrednostjo**, ampak se postopoma stabilizira. To je še posebej izrazito pri fluorescenčnih UV-C ceveh, kjer v prvih sekundah po vklopu svetilka oddaja šibkejšo svetlobo, ki se nato v 1–2 minutah stabilizira.

Tudi **LED UV-C moduli** lahko ob daljšem neprekinjenem delovanju ali visokih temperaturah kažejo rahle spremembe v izhodni moči.

Pomembno:

- Ob **vklopu svetilke** UV-C moč lahko v nekaj sekundah naraste tudi za 20–40 %.
- Pri **daljšem delovanju (npr. več minut)** se lahko jakost rahlo zmanjša zaradi segrevanja.
- Z **uporabo skozi življenjsko dobo svetilke** UV-C moč počasi upada – to imenujemo degradacija.
- Zato moramo pri meritvah in pri načrtovanju časa **osvetljevanja upoštevati dinamične spremembe jakosti** in uporabljati **stabilizirano jakost** za izračun doze.



Slika 11: Primer meritev jakosti UV-C sevanja (intenziteta sevanja v odvisnosti od časa pri razdalji 500 m od izvora UV-C svetlobe).

Priporočila za meritve v praksi

Da zagotovimo pravilno vrednotenje UV-C doze, priporočamo naslednji postopek:

1. **Vklopite svetilko in počakajte 1–2 minuti**, da se moč stabilizira.
2. **Uporabite UV-C merilnik** ali senzor, občutljiv na valovno dolžino 254–280 nm.
3. **Postavite senzor** na površino rastline ali v višino, ki ustreza vrhu listov.
4. **Zabeležite povprečno jakost sevanja** v $\text{J}/\text{s}\cdot\text{m}^2$ (če merilnik to omogoča).
5. **Nastavite čas osvetljevanja** tako, da bo rezultat ustrezal ciljni dozi.

Primer:

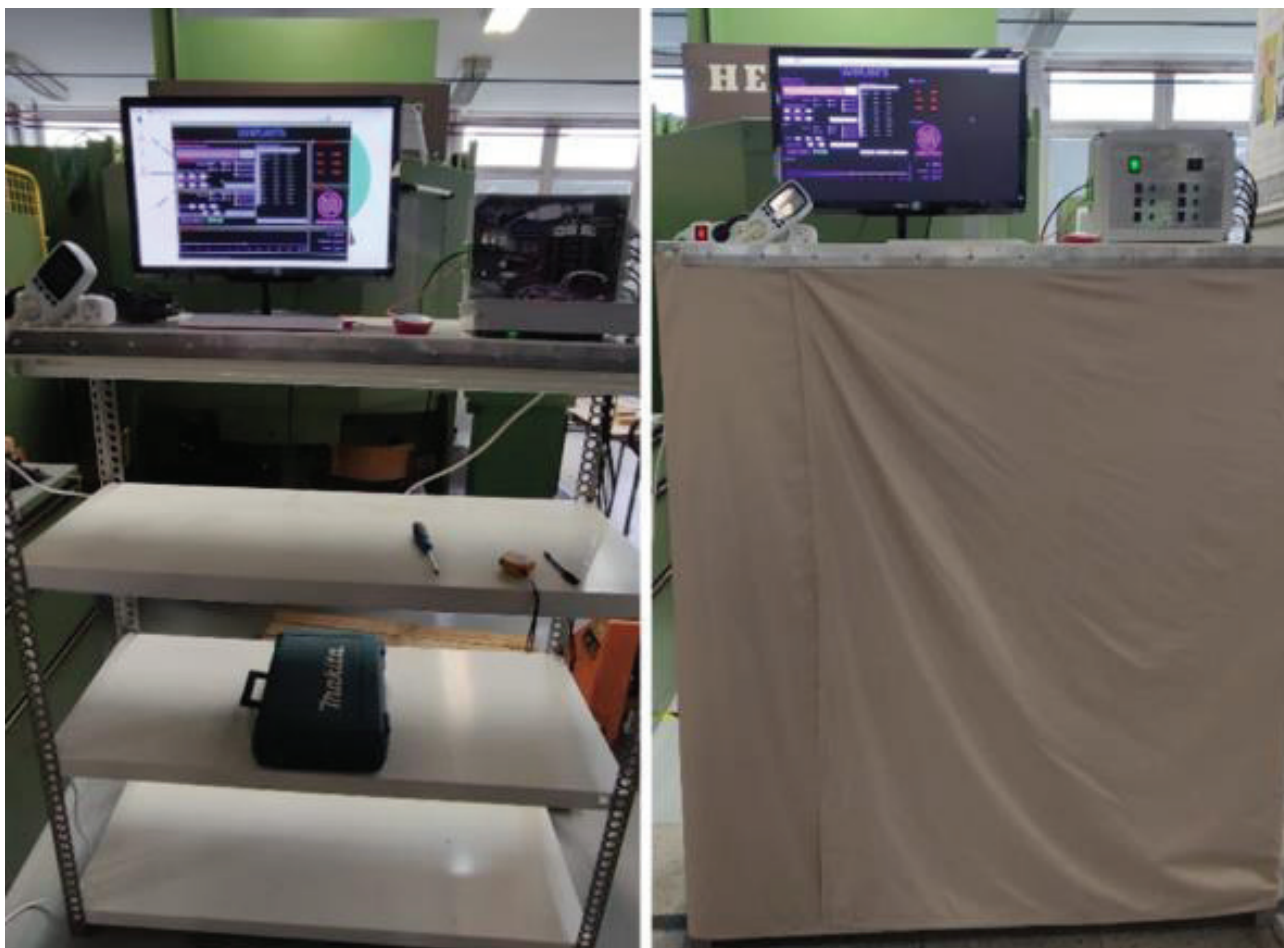
- Stabilizirana intenziteta: $17 \text{ J}/\text{s}\cdot\text{m}^2$
- Zelena doza: $200 \text{ J}/\text{m}^2$
- Izračun časa osvetljevanja: $200 / 17 \approx 11,8 \text{ s}$

5. LABORATORIJSKE ANALIZE VPLIVA UV-C SVETLOBE NA RAZLIČNE POVZROČITELJE RASTLINSKIH BOLEZNI

V okviru projektnih aktivnosti smo v Diagnostičnem laboratoriju za varstvo rastlin IHPS (DL) preskušali učinkovitost UV-C svetlobe v različnih odmerkih na treh različnih bolezenskih modelih:

- Pepelasta plesen (*Podosphaera macularis*) na hmelju
- Siva plesen (*Botrytis cinerea*) – uničenje viabilnosti spor
- Črna listna pegavost paradižnika (*Alternaria alternata*) – uničenje viabilnosti spor in preprečevanje razvoja na listnem tkivu paradižnika

Pri tem smo obsevanja izvajali s pomočjo računalniško vodene komore, ki omogoča nadzorovano izvajanje obsevanja v različnih odmerkih (Slika 12).



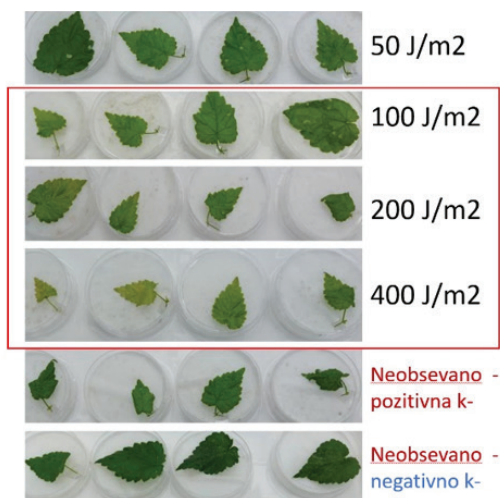
Slika 12: Obsevalna komora za laboratorijsko preskušanje učinkovitosti UV-C odmerkov za preprečevanje povzročiteljev rastlinskih bolezni.

Povzetek rezultatov:

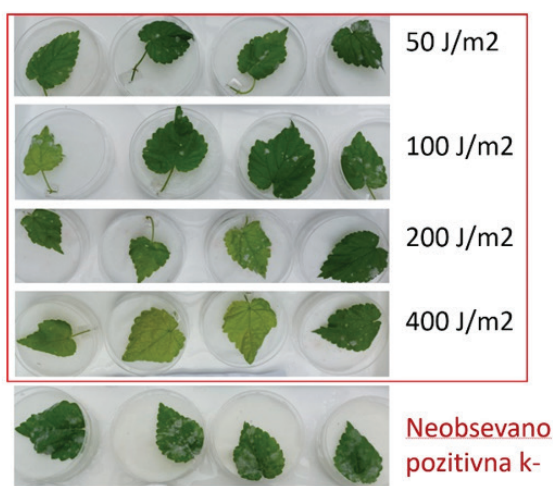
(1) Model pepelasta plesen na hmelju:

V primeru preprečevanja pepelaste plesni na hmelju smo v prvi fazi izvedli serijo preskušanj UV-C obsevanja v 3 dnevnih intervalih z odmerki od 50 – 400 J/m². Pri tem smo v prvem poskusu ocenjevali vpliv na preprečevanje nastanka okužb, v drugem poskusu pa vpliv UV-C na upočasnjevanje razvoja bolezni. Rezultati obsevanj so v obeh poskusih pokazali najprimernejši odmerek od 100 - 200 J/m². V primeru odmerka 400 J/m² smo dosegli najvišjo učinkovitost, vendar smo hkrati opazili tudi pojav poškodb in ožigov, kar pomeni, da smo ta odmerek izločili iz nadaljnjih preskušanj.

Poskus 1 – Preprečevanje nastanka okužb pepelaste plesni

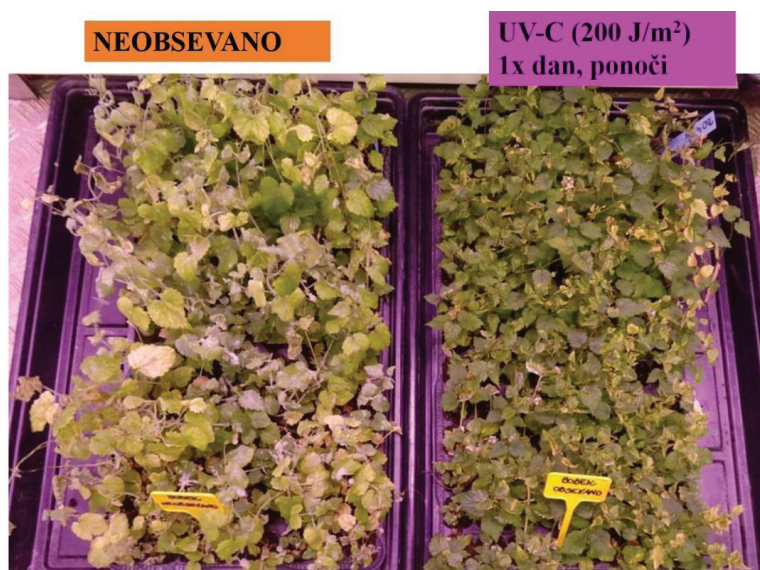


Poskus 2 – Preprečevanje razvoja pepelaste plesni



Slika 13: Preizkušanje različnih odmerkov UV-C svetlobe za preprečevanje pepelaste plesni na hmelju.

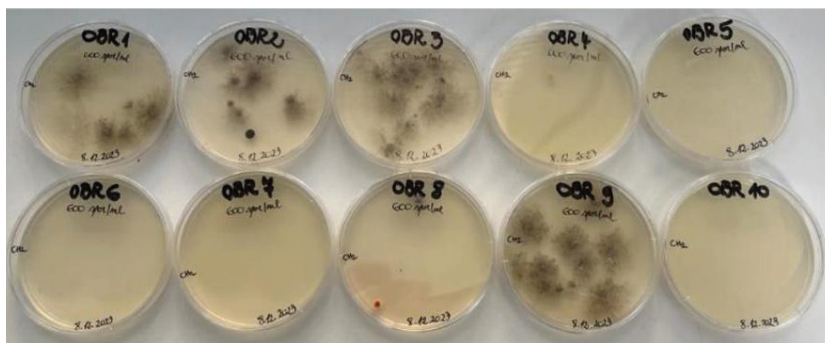
Na osnovi določitve ustreznih odmerkov smo izvedli dodatni poskus vsakodnevne obsevanja (1 mesec, ponoči) z odmerkom 200 J/m². Pri tem smo potrdili visoko stopnjo učinkovitosti UV-C za preprečevanje pepelaste plesni in primernost te terapije za inštalacijo v rastlinjake.



Slika 14: Preizkušanje učinkovitosti UV-C svetlobe v odmerku 200 J/m² in vsakodnevni terapiji za preprečevanje pepelaste plesni na hmelju.

(2) Model siva plesen:

V primeru sive plesni smo določali odmerke s katerim lahko uničimo spore glive *Botrytis cinerea*. Omenjena gliva je polifag, ki lahko povzroči okužbe različnih tkiv več kot 300 rastlinskih vrst. Na osnovi obsevanj smo ugotovili, da odmerki nad 1000 J/m² zadostujejo za uničenje viabilnosti spor, kar bi lahko izkoristili pri podaljševanju obstojnosti plodov kot je npr. jagodičevje.



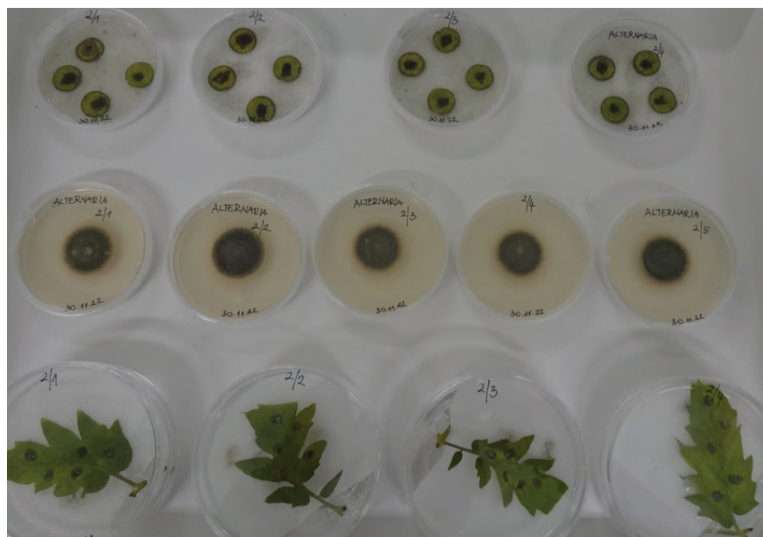
Odmerki obsevanja:

1. 100 J/m² (11s)
2. 200 J/m² (20s)
3. 400 J/m² (37s)
4. 1000 J/m² (1 min 19s)
5. 1500 J/m² (1 min 59 s)
6. 2000 J/m² (2 min 38 s)
7. 3000 J/m² (3min 57 s)
8. 4000 J/m² (5 min 16 s)
9. Neobsevano - pozitivna kontrola
10. Neobsevano – negativna kontrola

Slika 15: Preizkušanje učinkovitosti UV-C svetlobe za uničenje spor sive plesni.

(3) Črna listna pegavost paradižnika (*Alternaria alternata*)

UV-C obsevanja listov paradižnika niso pokazala učinkovitosti preprečevanja črne listne pegavosti. Vzrok je najverjetneje v toleranci glive *Alternaria alternata* na UV svetlobo, ki je pogojeno s tvorbo črnega pigmenta melanina. Iz omenjenega lahko zaključimo, da UV-C obsevanja v primeru okužb, ki jih povzroča omenjena gliva niso smiselna.



Odmerki obsevanja:

1. 100 J/m² (11s)
2. 200 J/m² (20s)
3. 300 J/m² (28s)
4. Neobsevano - pozitivna kontrola
5. Neobsevano – negativna kontrola

Slika 16: Preizkušanje učinkovitosti UV-C svetlobe za preprečevanje črne listne pegavosti paradižnika.

6. PRAKTIČNA UPORABA NA TERENU – IZKUŠNJE KMETIJ

6.1 Opis poskusov in pogojev (lokacije, kulture, bolezni)

V okviru projekta UV4PLANTS so bili v letih 2023 in 2024 izvedeni praktični preizkusi UV-C osvetljevanja na petih demonstracijskih kmetijah po Sloveniji. Namen preizkusov je bil preveriti učinkovitost UV svetlobe kot metode varstva rastlin pred boleznimi v realnih razmerah, ob uporabi različno zasnovanih naprav in na različnih kulturah.

Izvedba osvetljevanja

Na vseh kmetijah smo testirali dozo **200 J/m²**, kar se je v praksi dosegalo z različnim **časom osvetljevanja** glede na **oddaljenost svetilke** od rastline. Trajanje osvetljevanja je bilo prilagojeno glede na intenziteto svetlobnega vira, kar je pomenilo, da se je v odvisnosti od razdalje gibalo med **10 in 50 sekundami**.

Praktična navodila za izvajanje osvetljevanja

Za doseg enotne in učinkovite doze UV-C svetlobe priporočamo naslednji postopek:

♦ Namestitev svetilke:

- Svetilko postavite v neposredno bližino rastline, ki jo želite obsevati.
- Če je mogoče, naj bo osvetljevanje usmerjeno **od zgoraj navzdol**, saj je tako pokritost najboljša.
- Poskrbite, da bodo svetilke **zaščitene pred vremenskimi vplivi** (dež, toča).

♦ Meritev razdalje:

- Ocenite ali izmerite **povprečno razdaljo** med svetilko in rastlinsko površino (npr. vrhom listov).

♦ Določitev trajanja osvetljevanja:

- Na podlagi razdalje določite **čas, ko mora biti lučka prižgana**, da bo doza ustrezna (glej tabelo spodaj).
- Svetilko vklopite ob **mraku ali v nočnih urah** (npr. ob 22. uri), da preprečite popraviljanje DNK poškodb pri patogenih (fotoreaktivacija).

Primeri časa osvetljevanja za ciljno dozo 200 J/m²:

Oddaljenost svetilke	Moč (J/s•m ²)	Čas osvetljevanja	Doza (J/m ²)
35 cm	11,2	18 s	202
30 cm	12,3	16 s	197
25 cm	17,0	12 s	204
19 cm	22,1	9 s	199
8 cm	42,5	5 s	212

♦ Priporočena frekvenca osvetljevanja:

Osvetljevanje rastlin naj poteka 2- do 3-krat tedensko, v obdobju povečane nevarnosti okužb ali v zgodnjih fazah razvoja bolezni.

V nadaljevanju so predstavljene kmetijske kulture in uporabljena tehnična rešitev za izvedbo UV-C osvetljevanja:

1. sezona (2023)

Kmetija	GERK	Kultura	Naprava
Brili	GERK 7328272	jablana	mobilna UV-C
Radej	GERK 6558795	hruška	stacionarna UV-C
Štumpfl Prevorčič	GERK 1181800	krompir	stacionarna UV-C
Klemenc	GERK 1135297	konoplja	stacionarna UV-C

2. sezona (2024)

Kmetija	GERK	Kultura	Naprava
Brili	GERK 7328272	jablana	mobilna UV-C
Radej	GERK 6558795	paradižnik, kumare	stacionarna UV-C
Štumpfl Prevorčič	GERK 1181800	paradižnik, jajčevci, kumare	stacionarna UV-C
Šerbec	GERK 6224601	kivi	stacionarna UV-C
Klemenc	GERK 1135297	konoplja	stacionarna UV-C

6.2 Opazovanja, rezultati in interpretacija

V okviru obeh sezon praktičnih preizkusov so bila sistematično beležena opazovanja o učinkih UV svetlobe na rastline in razvoj bolezni. Rezultati kažejo, da ima UV-C osvetljevanje pomemben vpliv na zmanjšanje simptomov določenih glivičnih bolezni, še posebej, če je uporabljeno pravočasno in redno. Uporabljena doza je bila 200 J/m².

PARADIŽNIK

Na paradižnikih na prostem:

- Hitrejša dozorevanje plodov pri osvetljenih rastlinah.
- Na kontrolnih rastlinah je bila opazna plesen na listih, medtem ko je osvetljene rastline niso kazale.

Na paradižnikih v rastlinjaku:

- Osvetljene rastline so ostale zdrave, brez znakov bolezni.
- Plesen je bila opažena na sosednjih rastlinah, kar kaže, da bi UV-osvetljevanje lahko zmanjšalo tveganje za širjenje bolezni.



PRAKTIČNI PREIZKUS: OSVETLJEVANJE PARADIŽNIKA Z UV SVETLOBO



OSVETLJEVANA RASTLINA - ZDRAVA



KONTROLNA RASTLINA (brez UV) - RAZVILA SE JE PLESEN



Slika 17: Prikaz izvajanja praktičnih preizkusov – kultura paradižnik

Dva meseca kasneje se je pokazala ogromna razlika, in sicer so bile osvetljene rastline izrazito bolj zdrave od tistih, ki niso bile osvetljene (te so se že popolnoma posušile)

Paradižnik – 2 meseca po koncu osvetljevanja (16. 10. 2024)



Kontrola



UV



Slika 18: Prikaz izvajanja praktičnih preizkusov – kultura paradižnik

JAJČEVCI

Na jajčevcih na prostem ni bilo opaziti nobenih razlik med osvetljenimi in kontrolnimi rastlinami glede bolezni ali zorenja.

KONOPLJA

Na osvetljeni rastlini ni bilo opaziti nobenih znakov bolezni, kot so siva plesen ali listna pegavost, ki sta običajni bolezni na konoplji.

KUMARE

UV-osvetljevanje ni pokazalo vpliva na preprečevanje kumarne plesni, saj so se bolezenski znaki pojavili na vseh rastlinah enako. Zaradi hitrega širjenja bolezni in propadanja rastlin UV-osvetljevanje ni prispevalo k izboljšanju zdravja ali podaljšanju življenjske dobe kumar.

JABOLKA

Med potekom poskusa sprva ni bilo razlik večjih razlik. Po 1 mesecu osvetljevanja so se videle manjše razlike. Ko smo avgusta prenehali z osvetljevanjem, je bilo osvetljeno drevo **bolj zdravo** od okoliških.

Največja razlika pa se je pokazala kasneje, po mesecu oz. mesecu in pol. Takrat je bilo osvetljeno drevo **izrazito bolj zdravo** od kontrolnih. Na vseh sosednjih jablanah je na jabolkah bila zelena plast, na osvetljenem drevesu pa so bila jabolka praktično brez obarvanja.

Jabolka – 2 tedna po koncu osvetljevanja (21. 8. 2024)



Kontrola



UV



Slika 19: Prikaz izvajanja praktičnih preizkusov – kultura jablana

Jabolka – 2 tedna po koncu osvetljevanja (21. 8. 2024)



Kontrola



UV



Slika 20: Prikaz izvajanja praktičnih preizkusov – kultura jablana

Jabolka – 1,5 meseca po koncu osvetljevanja (22. 9. 2024)



Kontrola



UV



Slika 21: Prikaz izvajanja praktičnih preizkusov – kultura jablana

7. ZAKLJUČKI PROJEKTA IN NADALJNJE SMERNICE

Projekt UV4PLANTS je prvi v Sloveniji sistematično preizkusil uporabo UV-C svetlobe kot inovativen pristop za varstvo rastlin. V dveh sezonah laboratorijskih testiranj tehnološkega razvoja in terenskih preizkusov na petih kmetijah smo dokazali, da je UV-C osvetljevanje učinkovito, uporabljen in dostopen pristop za zmanjševanje nekaterih pomembnih glivičnih bolezni rastlin – predvsem pepelaste in sive plesni.

Ključno spoznanje projekta je, da lahko UV-C osvetljevanje – ob ustrezni dozi, pravilni uporabi v biološki zakonitosti – predstavlja varno in v okolju prijazno dopolnitev klasičnih ukrepov varstva rastlin, zlasti z namenom zmanjševanja uporabe fitofarmacevtskih sredstev (FFS).

Z razvojem različnih tehničnih rešitev – mobilnega traktorskega priključka, stacionarnih sistemov – smo zagotovili uporabne modele za kmetije različnih velikosti, pridelovalnih tipov in tehnološke razvitosti. Poudarek je bil na dostopnosti, enostavni uporabi in možnostih samogradnje. Uspešno smo dosegli raziskovalne inštitucije, svetovalce, izobraževalne ustanove in kmetovalce, kar je omogočilo učinkovit prenos znanja v praksi.

Ključne ugotovitve

- Najvišja doza UV-C osvetlitve znaša 200 J/m^2 , poleg tega pa je treba uporabiti daljšo svetilko, močnejšo in čas osvetljevanja.
- UV-C je pokazal visoko učinkovitost pri pepelasti in sivi plesni, medtem ko so patogeni, kot je *Alternaria alternata*, zaradi vsebnosti melanina bistveno bolj odporni.
- Praktične izkušnje s kmetijo tako dokazano izboljšajo zdravstveno stanje rastlin in počasnejši razvoj bolezni pri rednem, ciljno usmerjeni uporabi UV-C.
- Razvite tehnične rešitve za uporabo tako na odprtem kotu v rastlinjakih, z možnostjo samogradnje v prilagoditvenih različnih razmerah.

Tehnična dostopnost in prenos znanja

Pri razvoju prav smo zasledovali cilj, da so rešitve tehnično preproste, cenovno dostopne in primerne za samogradnjo, kar je omogočilo njihovo neposredno vključitev v prakso na demonstracijskih kmetijah. S tem smo dosegli znanost, prakso in izobraževanje v skupnem procesu uvajanja nekaterih pristopov k varstvu rastlin.

Uspehi za prihodnji razvoj

Na podlagi pridobljenih izkušenj in odzivov s terena priporočamo naslednje razvojne usmeritve:

1. Tehnološki razvoj in avtomatizacija

- Razvoj avtonomnih UV-C robotov in dronov za ciljno osvetljevanje na podlagi znanih poškodovanih ali vremenskih pogojev.
- Povečanje energetske učinkovitosti z uporabo UV-C LED svetilk in razvoj inovativnih tehničnih rešitev za različne vrste pridelave.

2. Digitalizacija in pametno kmetijstvo

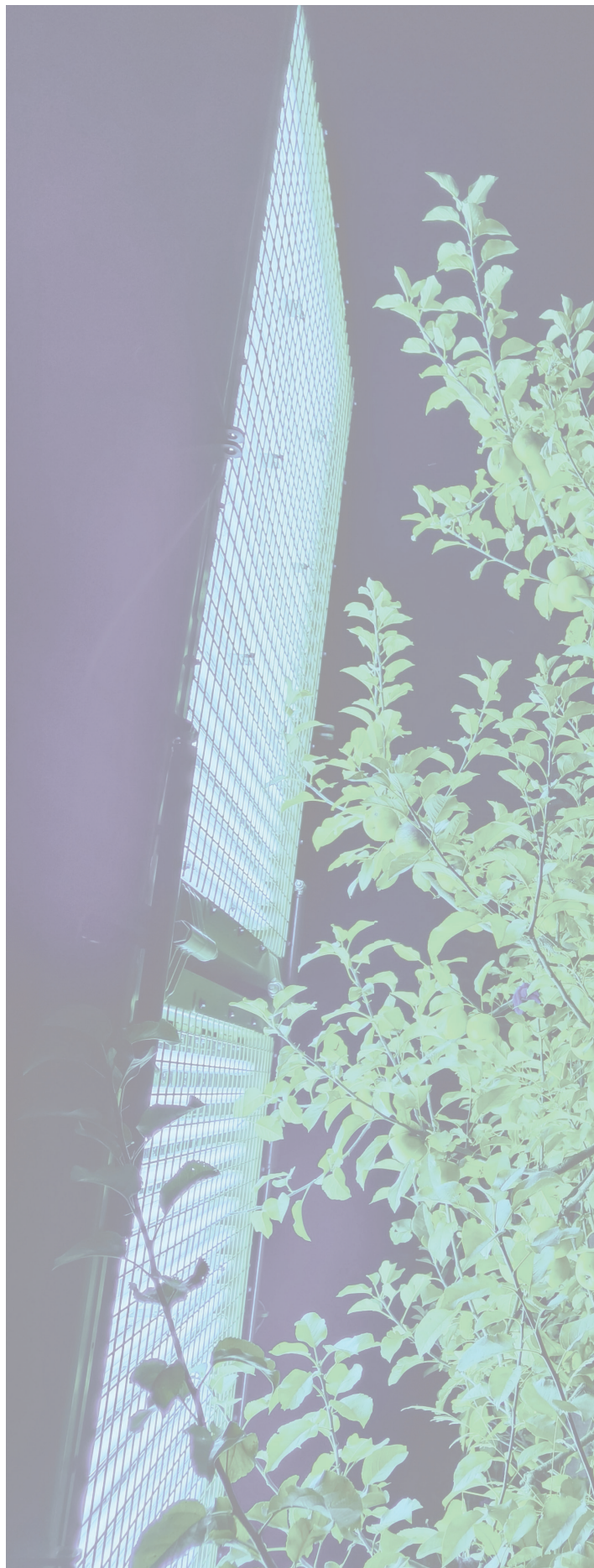
- Integracija UV-C naprav v digitalne platforme pametnega kmetovanja, s povezavami na:
 - * napovedni modeli bolezni,
 - * vremenske počte,
 - * fenološke podatke in senzorje.
- Razvoj uporabniku prijaznih aplikacij za načrtovanje, izvajanje in beleženje UV-C osvetljevanja.

3. Raziskave biološkega odziva rastlin

- Nadaljnje raziskave o:
 - * indukciji škodljivih rastlin zaradi UV-C,
 - * vpliv na kakovost in obstojnost predelkov,
 - * spremembah mikroflore na rastlinah in v tleh,
 - * potencialnih dolgoročnih učinkov na agroekosisteme.

4. Varnost in standardizacija

- Priprava jasnih smernic za varno uporabo UV-C, zlasti na prostem in pri avtonomnih napravah.
- Razvoj tehničnih standardov za merjenje doze in oceno učinkovitosti.
- Vključitev varnostnih mehanizmov (senzorji gibanja, opozorilni znaki, časovna krmiljenja) v napravah.





5. Izobraževanje in razširjanje dobrih praks

- Vključitev UV-C tehnologije v učne programe strokovnih in visokošolskih ustanov.
- Priprava digitalnih priročnikov, izobraževalnih videov, delavnic in svetovanj.
- Vzpostavitev učnih demonstracijskih nasadov, kjer bodo uporabniki lahko tehnologijo izkusili v praksi.

6. Povezovanje z drugimi trajnostnimi ukrepi

- UV-C osvetljevanje naj dopolnjuje druge nekateremične metode rastlinstva, kot so:
 - * biotična sredstva,
 - * biofumigacija,
 - * mehansko odstranjevanje okuženih delov rastlin.
- Poudarek na celostnem pristopu sonaravne pridelave, kjer je UV-C del širšega sistema trajnostnega kmetovanja.

Sklepna misel

Projekt UV4PLANTS je s tem priročnikom postavil trdne temelje za širšo uporabo UV-C tehnologije v slovenskem kmetijstvu. Praktične izkušnje, tehnične rešitve in priporočila bodo prispevale k večji nevarnosti rastlin, zmanjšanju porabe FFS ter bolj trajnostni in pametni pridelavi hrane.

Verjamemo, da bo z nadaljnjim razvojem, raziskavami in izobraževanjem UV-C osvetljevanje postalo standardni del varnega in naprednega varstva rastlin, ne le v Sloveniji, temveč tudi širše.



To gradivo lahko prosto uporabljate, kopirate, delite, navajate in uporabljate tudi v komercialne namene, pod pogojem, da navedete avtorje izvirnega dela.

Strokovna monografija Dobre prakse za uporabo UV svetlobe v kmetijstvu je nastala v okviru projekta z naslovom "Trajnostno varstvo rastlin z uvajanjem UV osvetljevanja (UV4PLANTS)", ki je potekal v okviru Programa razvoja podeželja, ukrepa 16.5 Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb in prilagajanje nanje ter za skupne pristope k okoljskim projektom in stalnim okoljskim praksam za projekte EIP. Projekt sofinancirata Evropski kmetijski sklada za razvoj podeželja in proračun Republike Slovenije.





 PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje