

Tehnološka navodila



EIP Pospešeno okopavanje zelenjave

Robotska okopalna roka Motika

18.05.2025

KAZALO VSEBINE

Vsebina

NAMEN IN TEMELJNA IZHODIŠČA POSPEŠENEGA OKOPAVANJA ZELENJAVE	3
1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	3
2 PREDSTAVITEV TEHNOLOŠKE REŠITVE	4
2.1. Opis zasnove stroja in njegovega delovanja.....	4
2.2. Opis tehničnih specifikacij motike.....	6
2.3. Opis postopka upravljanja motike.....	7
2.4. Opis orodij, ki so bila uporabljena med delovanjem motike.....	7
3 UPORABNOST IN NAMEMBNOST	8
3.1 Zmanjšanje negativnih vplivov kmetijstva na okolje	8
3.2 Izvajanje skupnih pristopov na področju kmetijstva za varstvo biotske raznovrstnosti ...	9
3.3 Izvajanje okoljsko učinkovite kmetijske pridelave na vodovarstvenih in drugih varovanih območjih.....	10
3.4 Analiza vplivov na okolje.....	10
3.5 Zmanjšanju ali blažitvi oziroma prilagajanju na podnebne spremembe v kmetijstvu	12
4 POMEN RAZVITIH REŠITEV	13
4.1 Priporočila za uporabo motike	13
4.2 Rešitve v praksi z vidika končnega uporabnika (kmetijsko gospodarstvo).....	14
5 NAČRT TRŽENJA (vstop na trg - proizvodnja)	15
5.1 Predstavitev uporabnosti razvite rešitve.....	15
5.2 Cilji trženjskega načrta.....	15
5.3 Ciljni trg.....	15
5.4 Konkurenčne prednosti motike	16
5.5 Trženjske strategije.....	16
5.6 Načrt razvoja in rasti.....	17
6 IZDELAVA PRIPOROČIL ZA UPORABNIKE REZULTATOV PROJEKTA (kmete, ministrstvo in ostalo)	18
6.1 Priporočila za Ministrstvo za kmetijstvo.....	18
6.2 Priporočila za proizvajalce kmetijske opreme	18
6.3 Priporočila za kmete (končni uporabniki)	18
7 SLIKOVNO GRADIVO, KI PONAŽARJA UPORABO V OKVIRU PROJEKTA RAZVITIH REŠITEV V PRAKSI	19

8	VIRI	22
---	------------	----

KAZALO SLIK

Slika 1	Razlogi za določitev smernic za izbiro tehničnih karakteristik motike.....	4
Slika 2	Konstrukcija motike: (a) mehanizem delovanja, (b) 3D model; (c) motika med okopavanjem...	5
Slika 3	Shema delovanja: (a) odstranjevanje plevela med vrstami in (b) odstranjevanje plevela znotraj vrste.....	6
Slika 4	Na motiki uporabljena orodja in glavne dimenzije	8
Slika 5	Predstavitev motike konzorcijskim partnerjem na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani	19
Slika 6	Testiranje motike za potrebe razvoja elektromotorjev in njihovih pogonov	19
Slika 7	Predstavitev na kmetiji Šabeder, Sp. Duplek	19
Slika 8	Predstavitev na kmetiji Majnika, Žiče	19
Slika 9	Predstavitev na kmetiji Kerin, Raka.....	20
Slika 10	Predstavitev na kmetiji Kastelic, Mirna Peč	20
Slika 11	Predstavitev na kmetiji 7čez9, Cerknica.....	20
Slika 12	Predstavitev na Vranskem (Čarna d.o.o.).....	20
Slika 13	Predstavitev Zeliščni vrt Majnika, Žiče	21
Slika 14	Predstavitev na sejmu Agra, Gr. Radgona.....	21
Slika 15	Okopavanje in merjenje delovanja, BC Naklo	21
Slika 16	Diskusija med razvojem motike, BC Naklo	21

KAZALO TABEL

Tabela 1	Tehnične specifikacije motike	7
----------	-------------------------------------	---

NAMEN IN TEMELJNA IZHODIŠČA POSPEŠENEGA OKOPAVANJA ZELENJAVE

1 OPREDELITEV PROBLEMA

Pridelava zelenjave je delovno intenzivna panoga, kjer stroški dela predstavljajo večino vseh stroškov. V ekološkem kmetovanju, ki v Sloveniji poteka predvsem na manjših kmetijah, je ta delež še večji. Največji izziv za ekološke pridelovalce zelenjave ostaja zatiranje plevelov. Zaradi majhnosti kmetij te običajno niso opremljene s sodobnimi okopalnimi stroji. Poleg tega veliko potencialnih njivskih površin zaradi strmega terena ni primernih za strojno okopavanje s traktorji in specializiranimi priključki. Medvrstno in znotrajvrstno okopavanje zato pogosto poteka ročno, kar pa ni ekonomsko vzdržno niti za konvencionalno niti za ekološko kmetovanje.

Brez manjših in cenejših strojev, ki bi omogočali učinkovito medvrstno in znotrajvrstno okopavanje z manj poškodbami, manj plevela ter z zmanjšano potrebo po herbicidih, ni mogoče pričakovati bistvenega zmanjšanja uporabe pesticidov v kmetijstvu in širšega obsega ekološke pridelave zelenjave. Takšna situacija z vidika ekonomske učinkovitosti ni sprejemljiva.

Ob tem je treba izpostaviti tudi socialni problem: veliko kmetij temelji na neplačanem delu družinskih članov. Mnogi mladi zapuščajo kmetije, saj se raje odločajo za poklice, ki so zanje privlačnejši in bolj sprejemljivi. Demografska slika v kmetijskem sektorju se zato iz leta v leto slabša.

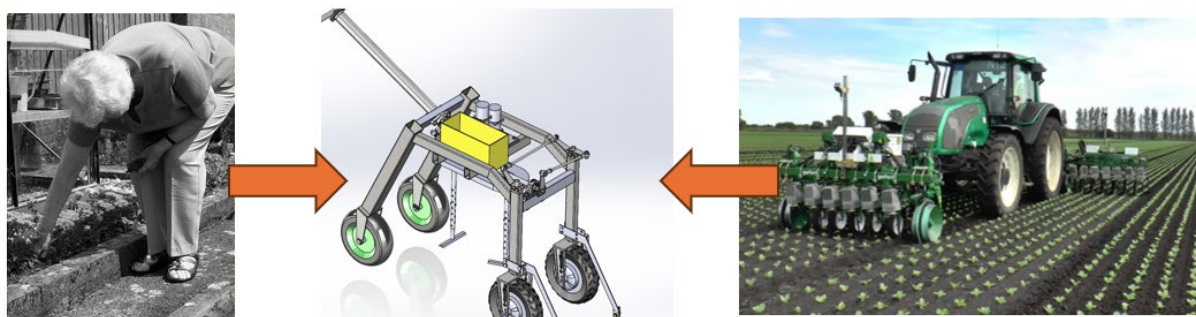
Z razvojem in uporabo delno avtomatizirane okopalne roke, v nadaljevanju »motika« smo v praktičnih preizkusih uskladili tehnične zahteve stroja s potrebami pridelovalcev ter tako ustvarili ekonomsko, tehnično in ekološko sprejemljiv pripomoček za uporabo na kmetijah. Mehanska motika bo predstavljala energetsko učinkovit način okopavanja kot alternativo traktorjem z motorji na fosilna goriva. Delovala bo na električni oziroma akumulatorski pogon, energijo za katerega bodo kmetje lahko pridobivali iz obnovljivih virov energije (OVE).

Takšna rešitev bo ekološkim pridelovalcem zelenjave omogočila večjo konkurenčnost, saj bo okopavanje plevela učinkovitejše in izvedljivo z manjšo delovno silo, ki je na kmetijah še posebej dragocena. Z delno avtomatizirano okopalno roko bodo kmetje lahko obdelali večje površine ali povečali obstoječe, kar bo prispevalo k višjim prihodkom v konkurenčnem okolju. Uporaba sodobnih in učinkovitih strojev bo na dolgi rok pritegnila več mladih k delu na kmetijah, kar bo pripomoglo k izboljšanju demografskih kazalnikov v kmetijstvu in na podeželju.

2 PREDSTAVITEV TEHNOLOŠKE REŠITVE

Manjše kulture, ki večinoma vključujejo zelenjavo in sadje, predstavljajo več kot 20 % vrednosti celotne kmetijske proizvodnje v EU. Te kulture večinoma pridelujejo mali kmetje, pri katerih obstajajo velike razlike v načinih upravljanja kmetij in stopnji sprejemanja tehnologije. Posledično na strategije zatiranja plevela pri manjših kulturah vplivajo tako tehnični kot ekonomski dejavniki.

V projektu je bila zasnovana nova energetske učinkovita motika za spodbujanje trajnostnih kmetijskih praks, saj prispeva k ohranjanju rodovitnosti tal ter preprečuje erozijo in degradacijo. Motika omogoča energetske učinkovito okopavanje in predstavlja izvedljivo alternativo traktorjem z motorji z notranjim zgorevanjem. Pogone, ki so baterijsko gnani, je mogoče polniti z obnovljivimi viri energije, odvisno od razpoložljivih energetskih virov kmetije. Cilj študije je bil oceniti novo zasnovano motiko (slika 1), namenjeno zatiranju plevela tako med vrstami kot znotraj vrst, posebej prilagojeno malim kmetom. Možnost enostavne zamenjave orodja pri motiki nam je omogočila eksperimentalno oceno učinkovitosti treh različnih oblik rezil pri štirih različnih hitrostih vrtenja. Učinkovitost motike je bila preizkušena s pridelavo umetnih plevelov v nadzorovanem okolju rastlinjaka. Parametri delovanja so bili analizirani na podlagi izmerjenega navora motorja, hitrosti vrtenja in porabe energije.



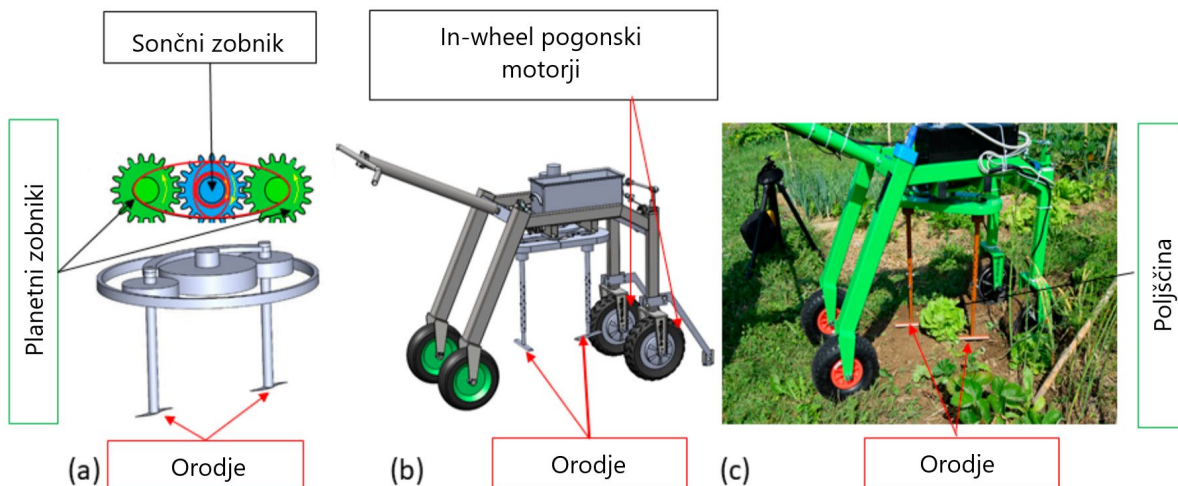
Slika 1 Razlogi za določitev smernic za izbiro tehničnih karakteristik motike

Motika je bila zasnovana kot lahko orodje za domačo uporabo ali občasno uporabo na majhnih družinskih kmetijah. Pri njenem oblikovanju je bil poudarek na stroškovno učinkoviti proizvodnji in enostavnem upravljanju, hkrati pa omogoča mehansko odstranjevanje plevela tako med vrstami kot znotraj vrst. Njena vsestranskost omogoča uporabo pri širokem spektru pridelave vrtnin.

2.1. Opis zasnove stroja in njegovega delovanja

Da bi omogočili odstranjevanje plevela tako med vrstami kot znotraj vrst ter hkrati ohranili preprostost motike, je bila zasnovana robustna platforma s planetnim menjalnikom, ki ima tri stopnje prostosti (3 DOF), in dvema vrtljivima orodjema, kot je prikazano na Sliki 2 a in b. Planetni menjalnik omogoča vrtenje in kroženje orodij (1. in 2. prostostna stopnja). Medtem

je premikanje naprej in nazaj nadzorovano s kolesi, kar predstavlja tretjo prostostno stopnjo. Prva prostostna stopnja planetnega reduktorja je centralno nameščen sončni zobnik. Druga prostostna stopnja prostosti je nosilec planetnih zobnikov, ki je prav tako nameščen centralno.



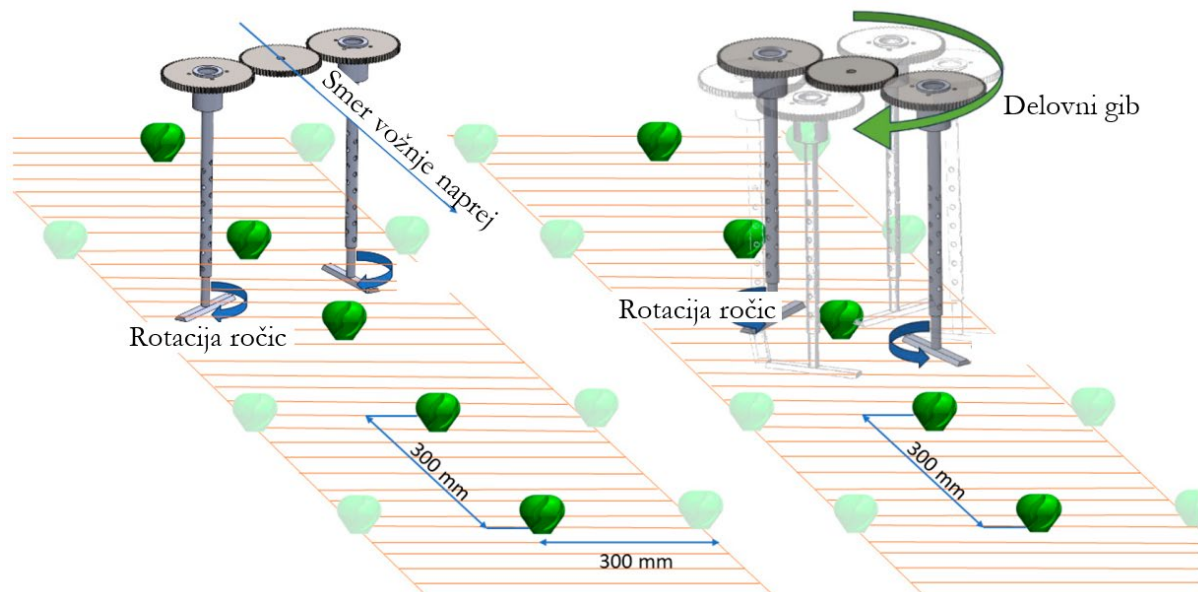
Slika 2 Konstrukcija motike: (a) mehanizem delovanja, (b) 3D model; (c) motika med okopavanjem

Delovanje motike lahko najboljše razložimo na način, da delovanje razdelimo na:

- odstranjevanje plevla med vrstami in
- odstranjevanje plevla znotraj vrste.

Odstranjevanje plevla med vrstami: Ko je aktivirana 1. prostostna stopnja planetnega menjalnika, medtem ko je 2. prostostna stopnja zadržana v mirovanju, motika izvaja odstranjevanje plevla med vrstami (Slika 3a). V tem načinu se orodje vrti okoli svoje osi, ne da bi krožilo okoli rastline. S prilagajanjem kota kroženja (ki določa tudi bočno razdaljo do vrste posevkov) je mogoče nastaviti položaj končnih efektorjev znotraj prostora med vrstami. Med odstranjevanjem plevla med vrstami je hitrost kroženja enaka nič, orodja pa se vrtijo samo okoli svojih osi. Celotna platforma motike se lahko premika naprej ali nazaj (3. prostostna stopnja) s pomočjo pogonskih motorjev koles.

Odstranjevanje plevla znotraj vrste: Pri odstranjevanju plevla znotraj vrste se aktivira nosilec planetnih zobnikov («sončno» kolo, 2. prostostna stopnja) (Slika 3b). Pri tem poteka hkratno kroženje nosilca planetnih zobnikov in vrtenje planetnih zobnikov. Planetni zobniki z orodji se vrtijo okoli svojih osi, hkrati pa krožijo okoli sončnega kolesa, s čimer ustvarjajo krožno gibanje okoli rastline. Za učinkovito odstranjevanje plevla znotraj vrste mora platforma motike ostati na mestu in se ne sme premikati naprej.



Slika 3 Shema delovanja: (a) odstranjevanje plevela med vrstami in (b) odstranjevanje plevela znotraj vrste

Za prilaganje postopka odstranjevanja plevela je mogoče 1. prostostno stopnjo (vrtenje) in 2. prostostno stopnjo (kroženje) planetnega menjalnika aktivirati tudi ločeno. Na primer, uporabnik lahko spreminja hitrost kroženja orodij okoli rastline, medtem ko ohranja konstantno hitrost vrtenja orodja okoli njegove osi. Z uravnavanjem hitrosti vrtenja obeh prostostnih stopenj je mogoče izbrati poljubno razmerje med vrtenjem orodja okoli osi in kroženjem okoli rastline.

2.2. Opis tehničnih specifikacij motike

Motiko poganjajo brezkrtačni enosmerni (BLDC) motorji z zobniškim prenosom za vse tri prostostne stopnje. Motorja za 1. in 2. prostostno stopnjo sta 24 V, 220 W BLDC motorja z zobniškim prenosom in redukcijskim razmerjem 50:1 za sončno kolo (1. prostostna stopnja) ter 10:1 za nosilec planetnih zobnikov (2. prostostna stopnja). Vsako pogonsko kolo je opremljeno s 24 V, 350 W BLDC motorjem z zobniškim prenosom v pestu, ki omogoča premikanje celotne platforme naprej ali nazaj. Najpomembnejše specifikacije motike so prikazane v Tabeli 1.

Med eksperimentalnimi testi (ne pa tudi med predstavitvami in uporabo na kmetijskih gospodarstvih) sta bila izmerjena električna poraba in skupna poraba energije vsakega motorja z uporabo digitalnega analizatorja električne moči, natančneje GPM-8330 Digital Power Analyser podjetja Good Will Instrument Co., Ltd., New Taipei City 236, Tajvan. Hitrost zajema podatkov je bila 10 Hz, pri čemer so bili zabeleženi podatki shranjeni na računalnik, povezan z analizatorjem prek USB kabla za nadaljnjo analizo.

Delovanje in hitrost elektromotorjev je pri vsakokratni uporabi (med eksperimentalnimi testiranjem, med predstavitvami in uporabo na kmetijskih gospodarstvih) nadzoroval mikromikrnik (Teensy 4.1, 600 MHz Cortex-M7, PJRC, OR 97140, ZDA) prek BLDC gonilnikov.

Tabela 1 Tehnične specifikacije motike

mehansko		električno	
mere	L1,3 × W0,52 × H1,2 m	moč motorja (3rd DOF)	2 × 350 W
teža	92 kg	moč motorja (2nd DOF)	220W
širina kolesa	280 mm	moč motorja (1st DOF)	220W
kolotek	350 mm	kapaciteta baterije	423 Wh
hitrost premikanja naprej	1 – 6 km/h		
največja dovoljena globina okopavanja	10 – 30 mm		
največja dovoljena hitrost (1st DOF)	3,2/s		
največja dovoljena hitrost (2nd DOF)	0,5/s		

2.3. Opis postopka upravljanja motike

Med obratovanjem motike na predstavitvah in partnerskih kmetijah, je bila motika upravljana tako, da se je najprej začela premikati proti prvi rastlini s pomočjo dveh motorjev v kolesih, nameščenih na sprednjem delu platforme (3. prostostna stopnja). Hkrati se je sprožilo vrtenje obeh orodij (1. prostostna stopnja – planetni zobnik) skupaj s premikom naprej, pri čemer je potekalo odstranjevanje plevela med vrstami, medtem ko je osrednji nosilec planetnih zobnikov ostal v mirovanju (2. prostostna stopnja). Ko sta se orodji približali položaju tik nad rastlino, je operater zaustavil premikanje naprej (3. prostostna stopnja) in aktiviral vrtenje nosilca planetnih zobnikov (2. prostostna stopnja). Planetni zobniki in pritrjena orodja so se tako vrteli okoli svojih osi in hkrati krožili okoli rastline, kar je omogočilo odstranjevanje plevela znotraj vrste. Po zaključeni polni rotaciji nosilca planetnih zobnikov se je cikel končal in motika se je ponovno začela premikati naprej proti naslednji rastlini (3. prostostna stopnja).

Vse zgoraj navedene premike je moral operater sprožiti ročno, kar je običajna praksa pri delovanju na terenu. Z uporabo kontrol lahko operater ročno prilagodi hitrost vrtenja vseh treh prostostnih stopenj, sproži vse zgoraj opisane premike ali jih kombinira za učinkovito odstranjevanje plevela.

2.4. Opis orodij, ki so bila uporabljena med delovanjem motike

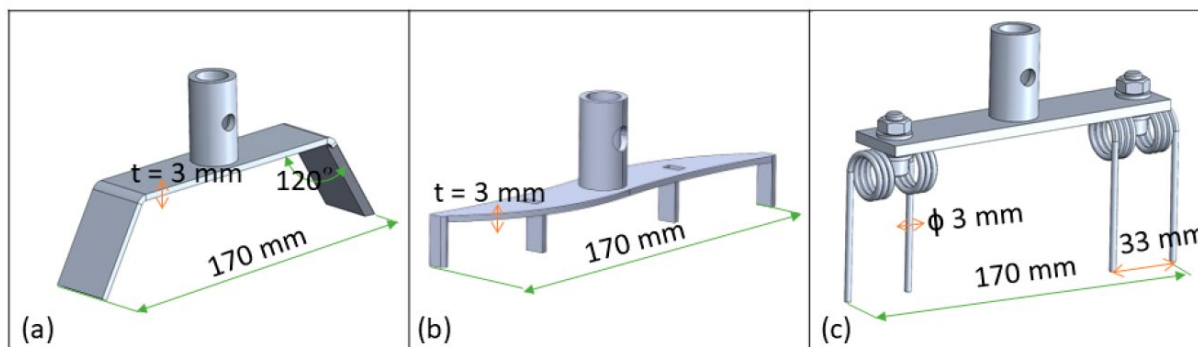
Motika omogoča osnovne mehanske prilagoditve orodja, in sicer obliko okopalnih elementov ter delovno globino okopavanja. Za namen ocenjevanja motike so bili v tem projektu predlagani, zasnovani in ocenjeni trije tipi orodij (Slika 4 a–c). Prva dva tipa (Slika 4 a-b) temeljita na tradicionalni obliki motike in sta izdelana iz nerjavečega jekla debeline 3 mm.

Orodje 1 je bilo robustno, s stranskim rezalnim zobom, upognjenim pod kotom 120° .

Orodje 2 je bilo modificirana različica orodja 1, z ukrivljenim rezilom in štirimi rezalnimi zobmi, upognjenimi pod kotom 90° .

Orodje 3 je temeljilo na povsem drugačnem principu – uporabi prožnih vzmetnih žbic. Izdelano je bilo iz nerjavečega jekla, s premerom 3 mm in dolžino 75 mm, oblikovano kot ravne vzmetne žbice, ki so nameščene na obeh koncih vrtljivega orodja, na razdalji 33 mm, pravokotno na tla.

Med vsemi eksperimenti je bila delovna globina konstantna – za orodji tipa 1 in 2 je znašala 30 mm, medtem ko je bila višina orodja 3 nastavljena tako, da so se vzmeti le rahlo dotikale tal.



Slika 4 Na motiki uporabljena orodja in glavne dimenzije

3 UPORABNOST IN NAMEMBNOST

3.1 Zmanjšanje negativnih vplivov kmetijstva na okolje

Uporaba pametnih tehnologij v kmetijstvu, kamor prištevamo tudi robotsko roko za okopavanje - motika, prinaša prednosti in nove izzive. V kontekstu tehnološkega napredka in učinkovitega izvajanja pomembnih agrotehničnih ukrepov, se znižujejo obremenilni vplivi kmetijstva na okolje. Uporaba okopalne roke pri ekološki pridelavi zelenjave, zmanjšuje količino ročnega dela in povečuje produktivnost. Ugoden učinek na okolje je prenos dobre prakse na kmetije s konvencionalno pridelavo, kjer je velik potencial za zmanjšanje uporabe fitofarmaceutskih sredstev (FFS). Uporaba motike je tudi učinkovita alternativa uporabi herbicidov, saj se s tehnologijo mehanskega zatiranja plevla doseže večji obseg obdelanih kmetijskih površin. Prav tako se zmanjšuje količina vnosa zastirnih folij v okolje in trajne zapleveljenosti. Znano je, da pri uporabi zastirnih folij ostajajo med kulturami neobdelani pasovi, ki negativno vplivajo na ohranjanje semenske banke v tleh. Z okopalno roko je pravočasno in



učinkovito obdelana celotna površina zemljišč, s čimer se prepreči osemenjevanje in širjenje plevelnih vrst.

Z mehaničnim okopavanjem je doseženo povečanje površin v okviru ohranitvenega in trajnostnega kmetijstva, in sicer zaradi uporabe lahkih strojev z zmanjšanim tlačenjem tal, zmanjšanjem ali ukinitvijo uporabe FFS, itd. Površine so manj zapleveljene, tla bolj zračna in s tem je povečan dostop rastlinskih hranil. Motika vsebuje baterijo, ki se napaja z električno energijo, in tako zmanjšuje porabo fosilnih goriv ter podpira rabo alternativnih virov energije. Neposredni učinek se kaže v večji energetske učinkovitosti in prilagajanju podnebnim spremembam.

Tehnologije, kot so okopalni roboti, lahko povečajo privlačnost kmetijstva za mlade in tehnološko usmerjene posameznike, kar prispeva k trajnostni prihodnosti kmetijstva.

3.2 Izvajanje skupnih pristopov na področju kmetijstva za varstvo biotske raznovrstnosti

V zadnjem času se v številnih evropskih državah, tudi v Sloveniji, opaža upadanje pestrosti opraševalcev. Vzroki so izguba življenjskega prostora zaradi intenzivnega kmetijstva in urbanizacije ter degradacije tal in s tem povezane izgube prehranskih virov in gnezdišč, FFS, bolezni in podnebne spremembe. Uporaba okopalne roke prispeva k ohranjanju biotske pestrosti v tleh in znižanju uporabe FFS v kmetijski pridelavi. Iz dosedanjih raziskav je znano, da prekopavanje in zračenje tal ugodno vpliva na ohranjanje mikroorganizmov v tleh. V povezavi z uporabo dosevkov v zelenjadarstvu in posledičnemu dvigu organske snovi, se tako vpliva na večjo biotska pestrost v tleh.

Mehansko okopavanje zmanjšuje uporabo fitofarmaceutskih sredstev, s tem pa se ohranja številčnost čebel in ostalih divjih opraševalcev, ki z opraševanjem skrbijo za ohranjanje pestrosti rastlinskih vrst in biotske pestrosti.

Zaradi lažjega in učinkovitejšega načina okopavanja kmetijskih površin z motiko se ohranjajo kmetijske površine (ekološke in konvencionalne), kar vpliva na izboljšanje stanja biotske raznovrstnosti habitatov in vrst. Gre za ciljno naslavljanje površin z visoko naravovarstveno vrednostjo na območjih Natura 2000, vodovarstvenih območjih, kjer se zaznava upadanja populacij travniških ptic in metuljev ter slabšanja stanja habitatov.

Kmetje so vključili cvetoče mešanice na intenzivnih zelenjadarskih površinah. To je prispevalo k biotski pestrosti kmetijske krajine, ki je ključen habitat za številne vrste organizmov. Pticom se nudi primerno mesto za gnezdenje, kritje pred plenilci, semena in plodovi pa so tudi bogat vir hrane. Na primer za rjavega srakoperja (*L. collurio*), poljskega škranca (*Alauda arvensis*) so bile zasajene nove površine porasle z pestrimi mešanicami rastlin, povečan je bil prehranjevalni in gnezditveni habitat, ki pozitivno vpliva na ohranjenost posameznih vrst ptice. Cvetovi novo zasajenih mešanic so skozi sezono ponujali opraševalcem pelod in sladki nektar Kranjski čebeli (*Apis mellifera carnica*), in drugim opraševalcem (divje čebele, čmrlji, muhe trepetavke, metulji...) ter tako prispevali k izboljšanju stanja opraševanja v kmetijski krajini.

Na področju ohranjanja biodiverzitete je izrednega pomena svetovanje in prenos dobrih praks vključenim kmetijah. Teme svetovanj se osredotočajo na ohranjanja in varstva biodiverzitete na poudarku mehanskega okopavanja, ki pri pridelavi zelenjave lahko trajno vpliva na rodovitnost kmetijskih površin in posledično na naše okolje. Temelj je poznavanje raznovrstnosti rastlin in živali in

kako ravnati, da jih zaščitimo. Poudarek je na zaščiti živih organizmov v tleh, ki poskrbijo, da so tla živa in rodovitna, kot tudi oprasovalcev in ptic, uporaba vrstno pestrih mešanic, pestrega kolobarja, dosevky za manj plevela, poznavanju invazivnih vrst in njihovo odstranjevanje. Na poskusne površine je potrebno vključiti nabor biotsko pestrih rastlin (metuljnice, križnice...), katere bodo služile kot življenjski prostor oprasovalcem, povečevale delež organske mase v tleh ter skrbele za vezavo dušika v tleh.

3.3 Izvajanje okoljsko učinkovite kmetijske pridelave na vodovarstvenih in drugih varovanih območjih

Z ekološko in okolju prijazno pridelavo zelenjave se ohranja trajnostno kmetovanje na območjih z omejitvami. Istočasno se prispeva k spodbujanju trajnostnega razvoja kmetijstva, poseljenosti podeželja in učinkovitemu upravljanju naravnih virov, kot so voda, tla in zrak.

Razvita okopalna roka omogoča okopavanje večjih površin, ob manjši uporabi FFS in manjša uporaba mineralnih gnojil (možna je vdelava peletiranih gnojil v tla ob okopavanju) zmanjšuje onesnaženje podzemnih vod z ostanki FFS in odvečnim dušikom. Mehansko zatiranje plevelnih vrst vpliva tudi na količino in ceno pridelka ter celotno ekonomiko pridelave.

Ekološka pridelava se kaže kot edina dolgoročna in alternativna rešitev za trajnostno upravljanje z naravnimi viri, blaženje podnebnih sprememb ter prilagajanju nanje. Uporaba motike razbremenjuje fizični napor kmetov in optimira proizvodni proces, s tem pa prispeva k večji privlačnosti ekološke pridelave in tako k napredku in trajnostnemu upravljanju z naravnimi viri.

3.4 Analiza vplivov na okolje

Ekološka pridelava zelenjave že v svojih temeljih in osnovah temelji na trajnostnih praksah, ki minimizirajo negativne vplive na okolje. V pridelovalnih praksah z vpeljavo in z uporabo integriranega pristopa v varstvu rastlin pred škodljivimi organizmi, ne le da sledimo zakonodajnim zahtevam, ampak v praksi uporabljamo način, ki temelji k prednostni uporabi vseh agrotehničnih postopkov za pridelavo zelenjave, prednostno se tako upoštevajo vsi postopki v pridelavi zelenjave, kot je pravi čas setve in sajenja, izbor vrst in sort zelenjadnic, primerna sadilna razdalja (v in med vrsto), globina sajenja, primerna časovna razporeditev v kolobarju in v njem optimalno vrstenje zelenjadnic, gnojenje, spremljanje rasti in razvoja posevkov in pravočasno spremljanje pojava škodljivih organizmov, tudi plevelnih rastlin. Prednostna raba metod z majhnim tveganjem v pridelavi ekološke zelenjave je ključen pripomoček, ki pridelovalcu pomaga v celotnem obdobju v pridelavi kakovostnih zelenjadnic za prodajo na trgu. Uporaba mehanskega načina zatiranja konkurenčnih plevelnih rastlin gojenim zelenjadnicam, ni le ključna za borbo proti konkurenci plevelov, ampak hkrati na optimalen okoljski način poskrbi za ohranjanje talne vlage in tako zagotavlja tudi dolgotrajno oskrbo zelenjadnic z vodo in hranili iz talnih rezerv.

V ekološki pridelavi upoštevamo vse okoljske vidike, kot so tipu tal prilagojena raba tal (vpliv na rodovitnost, strukturo tal in zmanjševanje posegov v globino tal s ciljem preprečevanja erozije tal), ohranjanje zaloga vode v tleh in ob namakanju, vpliv na živost ali biodiverzitetu tal (vpliv na talno mikro in makro favno in floro) ter s tem hkratio skrbimo za zmanjšanje emisija toplogrednih plinov, ko v živa

tla lahko vežemo CO₂ in s tem vplivamo na emisije toplogrednih plinov. Bistvo dosežemo z uporabo mehanskega načina zatiranja plevelov, ki ima v okolju zelo pozitiven učinek, tako na pridelavo zelenjadnic, kot na vse dele okolja (tla, voda in zrak), saj omejimo porabo inputov za pridelavo ekološke zelenjave in hkrati pozitivno vplivamo na izboljšanje trajne rodovitnosti tal, na bolj okolju in kmetijskim vrstam prilagojeno rabo npr. vode za namakanje. Ohranjanje talne vlage s plitvo mehansko obdelavo je ključni cilj dela z mehansko roko, kjer istočasno uničimo konkurenco plevelov, tla s rahljanjem zračimo in s pomočjo ugodnega razmerja zraka in vode v tleh celo pospešujemo rast in razvoj pridelovane zelenjave.

Pri analizi vplivov smo se osredotočili na naslednje vplive:

- vpliv na povečanje količine pridelkov zelenjave;
- vpliv na kakovost pridelkov zelenjave;
- izboljšana in trajnostna raba tal.

Vsekakor ocenjujemo, da smo z uporabo motike odločilno vplivali na vse tri zgoraj navedene vplive. Natančno, redno, sprotno odstranjevanje konkurenčnih plevelnih rastlin s hkratnim plitvim rahljanjem zgornjega setveno sadilnega sloja tal je pomagal pri pospeševanju rasti in razvoja okopanih zelenjadnic in zelišč. Saj smo z odstranitvijo plevelov odstranili konkurenco za hranila, vodo, svetlobo in pridelovalni prostor so posajene in okopane rastline bolje izkoriščale za svojo rast in oblikovanje npr. glav ali rozet solatnic in dober razvoj vegetativnih delov vseh okopanih rastlin (npr. kapusnic, zelišč in dišavnic). Hkrati smo s takšnim okopavanjem vplivali tudi izboljšano rabo tal, saj v njih nismo posegali globlje od nekaj cm, ampak smo celo prekinjali trdo in zbito talno skorjo i s tem postopkom vplivali na zadrževanje talne vlage na talno rezervo, namesto, da bi se le ta zaradi evapotranspiracije izgubljala ob sončni pripeki in vetrovnih ter toplih dneh.

Z uskladitvijo spremenjenega načina gojenja zelenjave (1 Ha) in okopavanja dosežemo povečano količino pridelave kg/ha:

- dosežena natančnost pozicioniranja na njivi boljša od 10 cm v trajanju 95% časa;
- dosežena avtonomija delovanja najmanj 2 uri pri okopavanju zelenjave;
- samohodna platforma skupaj z integriranim okopalnikom s porabo električne energije okopalnika 120 W pri okopavanju solate.

Z uskladitvijo spremenjenega načina gojenja zelenjave in z okopavanjem, npr. čebule in zelja ocenjujemo, da se lahko dosežejo naslednji pozitivni vplivi:

- zmanjša se potreben čas za okopavanje za 30% časa v primeru, da ročno okopavanje nadomestimo s strojnim z motiko;
- nadomestitev s trojnim okopavanjem vpliva na racionalno uporabo delovne sile;
- izboljša se trajnostna raba kmetijskih zemljišč;
- zmanjšanje izpustov CO₂ za cca 50% (raba elektrike za baterijo e-motike, namesto pogonskega goriva v primeru okopavanja s traktorjem);
- Poveča se konkurenčnost in neodvisnost kmetij;
- Hitro in učinkovito zmanjšanje zapleveljenosti na kratek in dolgi rok (od 50 do 80%);
- Poraba FFS zmanjšana na 0 in posledično ničelni izpust FFS v podtalnico in zrak (ni potreb za rabo herbicidov).

Ekološka pridelava zelenjave ima potrjen potencial za trajnostno kmetijstvo. Če v takšno ekološko pridelavo zelenjave in zelišč vključimo in vpeljemo uporaba naprednih orodij kot je izboljšane postopke okopavanja z motiko, bomo pridelovalcem omogočili izboljšanje njihovih pridelovalnih praks, ki bodo

hkrati imele tudi odločilne vplive na zmanjšanje morebitnih še obstoječih negativnih vplivov na okolje, kot so zmanjšana poraba FFS in pogonskih sredstev za traktorske ali druge strojne priključke.

Merila in ocenjevanje

- Primerjava z referenčnimi vrednostmi ali konvencionalno pridelavo.
- Uporaba standardiziranih testov za kakovost tal in vode.

Orodja za oceno

- LCA (Life Cycle Assessment – analiza življenjskega cikla).
- GIS sistemi za spremljanje sprememb v prostoru.
- Vzorčenje in laboratorijske analize tal, vode in zraka.

Praktične smernice za optimizacijo

- Izboljšanje rodovitnosti tal: mehansko okopavanje, uporaba rastlinskih ostankov, zeleni podor, kompostiranje.
- Spodbujanje biodiverzitete: travne mešanice - zasaditev mejic.

Ekološka pridelava zelenjave ima potencial za trajnostno kmetijstvo, vendar je ključno izvajati redne analize vplivov. Uporaba naprednih orodij omogoča izboljšanje prakse in zmanjšanje negativnih vplivov na okolje.

3.5 Zmanjšanju ali blažitvi oziroma prilagajanju na podnebne spremembe v kmetijstvu

Kmetijska pridelava je eden najbolj občutljivih sektorjev vezano na posledice podnebnih sprememb, hkrati pa ima omejene zmožnosti za prilagajanje. Na drugi strani pa kmetijstvo zavezano k trajnostni prehranski varnosti prebivalcev Slovenije. Cilj kmetijske politike je povečanje samooskrbe z zdravo in kakovostno hrano, konkurenčni sposobnosti kmetijstva in živilstva, trajnostni rabi proizvodnih zmožnosti ter zagotavljanju skladnega in socialno vzdržnega razvoja podeželja in stabilnega dohodkovnega položaja kmetijskih gospodarstev in kmetijstva.

Z razvojem okopalne roke motika se uvaja sodobna tehnologija za ustrežnejšo obdelavo tal. Okopalna roka med obdelavo povzroča manj tlačenja in poškodb tal, tla so zato rahla in zračna. Zaradi preciznosti obdelave je pridelovalna površina manj zapleveljena.

Motika je primer energetsko učinkovitega okopavanja, alternativa traktorjev na motorni pogon, ki deluje na električen oz. akumulatorski pogon, katerega pogonska energija je lahko, po zmožnosti kmetov, pridobljena iz obnovljivih virov energije (OVE).

Na kmetijah so vzpostavljene dobre prakse, kot je manjša raba FFS. Z okopalno roko je uporabljena lažja kmetijska mehanizacija za odstranjevanje plevela, kar pripomore k manjši zbitosti tal in varnejši uporabi kmetijskih strojev. S tem se prispeva k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov in povečanju organske snovi v tleh.

Uporaba okopalne roke prispeva k večji pridelavi na ekološki način pridelane zelenjave, posledično k višji prehranski samooskrbi in h krajšim lokalnim prehrabnim verigam. Delo v pridelavi zelenjave bo z okopalno roko olajšano z zamenjavo ročnega dela s strojnimi, kar prispeva k ohranjanju lokalnih delovnih mest na podeželju in manjši migraciji mladih v mesta. Prav tako se zmanjšala zastopanost

plevelnih vrst, blažila zbitost tal, povečala zračnost tal in s tem dostopnost hranil v tleh. S hitrejšim, bolj učinkovitim okopavanjem in manjšo potrebo po delovni sili bo kmetovanje, tudi na območjih z omejeno rabo FFS-jev, ekonomsko bolj privlačno, tako da ga kmetje na teh območjih ne bodo opuščali.

4 POMEN RAZVITIH REŠITEV

4.1 Priporočila za uporabo motike

Z razvojem motike in njenim testiranjem na kmetijskih gospodarstvih so se oblikovala priporočila, kako motiko uporabljati. Ob rokovanju z motiko je potrebno biti pozoren na višino plevela, čas okopavanja, tip tal, medvrstno in vrstno razdaljo, pripravo obdelovalne površine in način namakanja.

Optimalna višina plevela za obdelavo

Motiko uporabimo, ko plevel še ni viden oziroma ko ni višji kot 1 cm. V času intenzivne rasti plevela to pomeni, da je priporočeno vse površine okopavati enkrat tedensko ali vsaj na 10 dni. Tako bo okopavanje dovolj učinkovito, plevel ne bo mašil delovnih teles e-motike, zato bo motika lahko učinkovito odstranila in preprečevala nadaljnjo rast plevelnih rastlin. Okopavamo lahko tudi "višji" plevel, a delo ne bo učinkovito, prihajalo bo do nabiranja plevela med okopalne elemente, zato se lahko zgodi, da plevelne rastline z globljimi koreninami ne bodo kakovostno in popolnoma odstranjene.

Če bomo motiko preobremenili, lahko uničimo varovalni člen, ki preprečuje večje poškodbe v primeru preobremenitve.

Čas okopavanja

Okopavamo takrat, ko se pleveli lahko posušijo. To pomeni, da je priporočljivo okopavati, ko so dnevi brez napovedanih padavin, ko bo sonce zaradi okopavanja poškodovane plevele čim prej posušilo. Vsekakor po okopavanju ta dan nekaj ur po okopavanju ne namakamo oz. izvedemo namakanje ko se večina plevelov na površini tal posuši.

Primerni tipi tal

Najbolj primerna so peščena do zmerno težka tla. Če želimo motiko uporabljati v težkih tleh, je potrebna skrbna obdelava tal, da so tla dovolj rahla. Za obdelavo takih tal je potrebno izbrati tudi primerne okopalne motikice. Če so tla pretežka, se lahko motika poškoduje ali zaradi prešibkega motorja ne zmore obdelave.

Optimalna medvrstna in vrstna razdalja

Optimalna vrstna razdalja je XXXX = 30 cm. MOTIKA namreč obdelava eno vrsto naenkrat, zato je med vsako vrsto potreben prostor za širino kolesa. Večja širina ni smotrna. Optimalna razdalja med rastlinami v vrsti je YYYY = 30 cm. Med rastlinami naj bo dovolj prostora, da bodo krožeče okopalne motikice obdelale prostor primerno in brez poškodb za posajene zelenjadnice ali zelišča.

Priprava njive

Tla morajo biti čim bolj poravnana in brez večjih kamnov z motiko obdelovanje dvignjenih gred ni smiselno, saj stranskih nagnjenih površin dvignjenih gred z njo ni mogoče obdelati.

Namakanje

Priporočeno je namakanje z razpršilci, ki ne motijo procesa okopavanja z e-motiko. Če imamo položene cevi za kapljično namakanje je možno le medvrstno okopavanje, a pri tem še vedno obstaja večja nevarnost, da pride do poškodb položenih cevi za kapljično namakanje zaradi vrtečih okopalnih motikic na e – motiki. Znotrajvrstno okopavanje pri kapljičnem namakanju zato ni mogoče.

4.2 Rešitve v praksi z vidika končnega uporabnika (kmetijsko gospodarstvo)

Digitalna okopalna roka – e-motika je bila v letih 2023 in 2024 testirana neposredno na kmetijskih gospodarstvih z namenom ugotavljanja funkcionalnosti in uporabnosti v praksi. Kmetje so v sklopu testiranja podali dragocene povratne informacije, ki so bile ključne za nadaljnji razvoj naprave.

Uporabniške izkušnje in mnenja

E-motika se uporablja za mehansko odstranjevanje plevela in rahljanje zemlje med vrstami različnih kultur, kot so zelje, brokoli, zelišča in drugo. Rastline so bile v času okopavanja visoke od 4 do 25 cm, pleveli pa od 1 do 20 cm.

Uporabniki so največkrat odstranjevali ozkolistne (trave), širokolistne in koreninske plevelce. Uspešnost odstranjevanja je bila največja pri manjših ozkolistnih plevelih in delno pri koreninskih plevelih, medtem ko je bila pri večjih ali globljih plevelih učinkovitost slabša – pogosto je bilo treba okopavanje večkrat ponoviti.

Upravljanje in ergonomija

Motika je bila ocenjena kot lahka za uporabo, tudi brez predhodnega znanja. Upravljanje pogonov in krmiljenje je bilo ocenjeno kot preprosto, čeprav je bilo na neravnem terenu težje ohraniti smer. Menjava nožev je ocenjena kot srednje zahtevna do preprosta.

Učinkovitost

Razpleveljenje je bilo ocenjeno kot delno do srednje uspešno, predvsem zaradi konstrukcijskih omejitev motike na težjih tleh in pri večjih plevelih.

Prednosti za uporabnika

- Znatno zmanjšanje fizičnega napora v primerjavi z ročnim delom.
- Hitrejše delo na večjih površinah (npr. 10 arov naenkrat).
- Prezračevanje tal.
- Dobra manevrirnost zaradi premičnih sprednjih koles.

Slabosti in izzivi v praksi

- Manj učinkovita pri manjših površinah ali zelo nizkem plevelu.
- Neprimerni noži za težko zemljo.
- Težave z močjo pogona pri večjih grudah zemlje.
- Visoko težišče povzroča nestabilnost smeri.
- Preveč časa za nastavitve funkcij.
- Slaba preglednost območja okopavanja.

Predlogi za izboljšave

- Položaj vpetja volanske ročice delno zakriva pogled proti obdelovalnemu delu.
- Problem počasne nastavitve višine okopavanja.
- Nestabilno vpetje okopalnih palic.
- Premalo različnih oblik okopalnih nožev (oblike in velikosti).

- Premajhna kolesa.
- Nestabilen volanski mehanizem.
- Možnost nastavitve širine orodja.
- Močnejši pogon in izboljššan krmilni sistem.

Sprejem in vrednost

Večina uporabnikov bi motiko uporabljala, predvsem na večjih površinah, kjer se njene prednosti najboljše izkažejo. Po izboljšavah bi bili zanjo pripravljene odšteti med 1.500€ in 5.000€.

Nadgradnja – motika 2.0

Na podlagi priporočil uporabnikov je bila motika nadgrajena, kot sledi:

- prevezava krmilnikov elektromotorjev,
- obnova in dodelava programske kode,
- izdelava programske kode za zajem meritev,
- nastavev naprave za krmiljenje in zajem meritev skupaj z nosilcem na napravo,
- izris in izdelava novih oblik okopalnih nožev,
- testiranje v predelanem sestavu in ugotovitev pravilnosti delovanja
- dodan mehanizem za hitro ročno spuščanje in dviganje okopalnih orodij.

5 NAČRT TRŽENJA (vstop na trg - proizvodnja)

5.1 Predstavitev uporabnosti razvite rešitve

Motika predstavlja inovativno tehnološko rešitev, prispeva k ekonomičnejši pridelavi na ekološki način pridelane zelenjave. Delo v pridelavi zelenjave bo z okopalno roko olajšano z zamenjavo ročnega dela s strojnimi za energetsko učinkovito obdelavo tal. Uporaba motike ima vse prednosti ročne obdelave, kot so minimalno tlačenje in poškodbe tal, tako jo je možno uporabljati tudi pri večji vlažnosti tal. Njena uporaba izboljšuje njihovo zračnost ter omogoča boljše odstranjevanje plevela brez uporabe fitofarmacevtskih sredstev (FFS). Motika deluje na električni oz. akumulatorski pogon.

5.2 Cilji trženjskega načrta

- Prehod iz prototipa v serijsko proizvodnjo.
- Vzpostavitev distribucijske mreže na slovenskem in sosednjih trgih.
- Povečanje ozaveščenosti o prednostih MOTIKE med kmetijskimi gospodarstvi.
- Učinkovita prodajna strategija s poudarkom na trajnostnih in ekonomskih koristih.
- Vzpostavitev podpornega sistema za uporabnike (servis, svetovanje, razvoj,...).

5.3 Ciljni trg

Ciljni trgi so kmetije, kjer trenutno veliko razpleveljenja znotraj vrst opravljajo ročno. To so kmetije s prihodki od prodaje, ki ne opravičuje nabave specialnih traktorskih priključkov za znotraj vrstno okopavanje. Odstranjevanje plevela je največji problem pri ekološki pridelavi, tako, da so ekološke kmetije ključni potencialni kupci. Velikost prihodkov oziroma velikost obdelovalnih površin je odvisna od vrste zelenjave, pa tudi od stroškov dela. V Sloveniji velikost takih kmetij ocenjena od 0,5 do 4 ha obdelovanih površin z zelenjavo. Na trgih, kjer so stroški dela višji, bi tak stroj lahko bil še bolj ekonomsko privlačen, pa tudi tam, kjer ni moč najeti delavcev za delo na polju.

Motiko je smiselno tržiti v Sloveniji, hkrati pa prodajo usmeriti tudi na sosednje trge, kot so Hrvaška, Avstrija, Italija, Madžarska.

Omenjeni trgi so bližnji in rastoči trgi, kjer je na pridelovalni strani povečana potreba po zniževanju ročnega dela in optimiranju pridelovalnih stroškov zelenjave. Na strani povpraševanja pa je zaznan trend večjega povpraševanja kupcev po ekološke pridelavi zelenjavi.

5.4 Konkurenčne prednosti motike

- Manjši stroški delovne sile – avtomatizacija dela zmanjšuje potrebo po ročnem delu.
- Okolju prijazna tehnologija – zmanjšanje porabe FFS in emisij toplogrednih plinov.
- Možnost obdelave večjih površin – večji prihodki kmetije ob enakem vložnem delu.
- Večja pridelava ekološke zelenjave – podpora povečanju prehranske samooskrbe.
- Povečana organska snov v tleh - boljša kakovost tal je dosežena ob manjši zbitosti, večji zračnosti in izboljšanju dostopnosti hranil.
- Energetska učinkovitost – majhna poraba energije in možnost napajanja iz obnovljivih virov energije.

5.5 Trženjske strategije

5.5.1 Distribucija in prodaja

Distribucija in prodaja se organizira preko neposrednih in posrednih prodajnih poteh, kot so:

- neposredne prodaje kmetom s trgovskimi in servisnimi mrežami ter distributerji kmetijske opreme,
- partnerstva s kmetijskimi zadrugami in drugimi distributerji kmetijske opreme,
- preko spletnih platform in kmetijskih sejmov,
- preko demonstracijskih kmetij,
- preko strojnih krožkov.

5.5.2 Promocija in ozaveščanje

V želji po čim bolj uspešnem in optimalnem trženju predlagamo naslednje promocijske aktivnosti:

- promocija na demonstracijskih dnevih in na kmetijah. Direktni&Digitalni marketing: ciljno usmerjeni oglasi, vsebinsko trženje.

- Udeležba na kmetijskih sejmih in drugih promocijskih dogodkih.
- Kakovostne poprodajne aktivnosti (garancija, dober/dostopen servis in mreža, rezervni deli). Poudarek na možnostih, da kmet sam popravi stroj (navodila, rezervni deli) omogočanje sofinanciranja nakupa preko javnih razpisov.

5.5.3 Cenovna strategija

Na podlagi izračuna lastne cene okopalne roke in izsledki analize trga se cenovna strategija oblikuje v naslednjih korakih:

- začetna faza: promocijske cene za prve kupce.
- Redna prodaja: konkurenčna cena glede na ekonomske in tehnološke prednosti.
- Možnost financiranja: leasing, subvencioniranje preko programov&projektov EU, držav in lokalnih skupnosti.

5.6 Načrt razvoja in rasti

Razvojni načrt vsebuje aktivnosti vezane na:

- prilagoditev robotske roke specifičnim potrebam posameznih trgov.
- Razvoj dodatnih tehnoloških izboljšav&nadgradenj vezano na potrebe kupcev.
- Povezovanje z raziskovalnimi institucijami za nenehne izboljšave.
- Razvoj servisne mreže in trgovin z rezervnimi deli.
- Izobraževanje.

Zaključujemo, da s serijsko proizvodnjo in strukturiranim trženjskim načrtom lahko motika postane pomemben pripomoček pri pridelavi slovenske zelenjave, posledično tudi trajnostnemu kmetijstvu. Njena uporaba bo prispevala k višji samooskrbi, večji ekonomski učinkovitosti in dolgoročni vzdržnosti kmetijskih gospodarstev.

6 IZDELAVA PRIPOROČIL ZA UPORABNIKE REZULTATOV PROJEKTA (kmete, ministrstvo in ostalo)

6.1 Priporočila za Ministrstvo za kmetijstvo

Finančna podpora in subvencioniranje

- Zagotovitev subvencij za nakup motike.

Spodbujanje razvoja in testiranja

- Podpora raziskovalnim in demonstracijskim projektom v sodelovanju s kmeti in institucijami.

Izobraževanje in informiranje

- Vključevanje predstavitev in demonstracij motike v programe kmetijskega svetovanja, izobraževanja.
- Podpora dogodkom (npr. dnevi odprtih vrat, sejmi) za prikaz uporabe motike v praksi.

6.2 Priporočila za proizvajalce kmetijske opreme

Tehnična nadgradnja na osnovi povratnih informacij

- Nadaljnje testiranje na kmetijah z različnimi tipi tal in kultur.
- Upoštevanje realnih pogojev (neraven teren, različne kulture, površine, ...).

Cenovna prilagoditev

- Razvoj različnih modelov za različne profile kmetij (osnovni in napredni model).

6.3 Priporočila za kmete (končni uporabniki)

Aktivno sodelovanje pri razvoju

- Sodelovanje v testiranjih, oddajanje povratnih informacij in predlogov za izboljšave.

Izmenjava izkušenj in dobre prakse

- Udeleževanje na delavnicah, predstavitev in izmenjava izkušenj z drugimi uporabniki.

Strojni krožki

- Vključevanje v obstoječe strojne krožke ali vzpostavitev novih, za skupen nakup in uporabo motike.
- Delitev stroškov nakupa, vzdrževanja in nadgradenj.

7 SLIKOVNO GRADIVO, KI PONAŽARJA UPORABO V OKVIRU PROJEKTA RAZVITIH REŠITEV V PRAKSI



Slika 5 Predstavitev motike konzorcijskim partnerjem na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani



Slika 6 Testiranje motike za potrebe razvoja elektromotorjev in njihovih pogonov



Slika 7 Predstavitev na kmetiji Šabeder, Sp. Duplek



Slika 8 Predstavitev na kmetiji Majnika, Žiče



Slika 9 Predstavitev na kmetiji Kerin, Raka



Slika 10 Predstavitev na kmetiji Kastelic, Mirna Peč



Slika 11 Predstavitev na kmetiji 7čez9, Cerknica



Slika 12 Predstavitev na Vranskem (Črna d.o.o.)



Slika 13 Predstavitev Zeliščni vrt Majnika, Žiče



Slika 14 Predstavitev na sejmu Agra, Gr. Radgona



Slika 15 Okopavanje in merjenje delovanja, BC Naklo



Slika 16 Diskusija med razvojem motike, BC Naklo

8 VIRI

- [1] Akhter, M.J.; Sønderskov, M.; Loddo, D.; Ulber, L.; Hull, R.; Kudsk, P. Opportunities and challenges for harvest weed seed control in European cropping systems. *Eur. J. Agron.* 2023, 142, 126639.
- [2] Esposito, M.; Crimaldi, M.; Cirillo, V.; Sarghini, F.; Maggio, A. Drone and sensor technology for sustainable weed management: A review. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2021, 8, 18.
- [3] Melander, B.; Lattanzi, B.; Pannacci, E. Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Prot.* 2015, 72, 1–8.
- [4] Chandel, N.S.; Chandel, A.K.; Roul, A.K.; Solanki, K.R.; Mehta, C.R. An integrated inter- and intra-row weeding system for row crops. *Crop Prot.* 2021, 145, 105642.
- [5] Slaughter, D.C.; Giles, D.K.; Downey, D. Autonomous robotic weed control systems: A review. *Comput. Electron. Agric.* 2008, 61, 63–78.
- [6] Visentin, F.; Cremasco, S.; Sozzi, M.; Signorini, L.; Signorini, M.; Marinello, F.; Muradore, R. A mixed-autonomous robotic platform for intra-row and inter-row weed removal for precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.* 2023, 214, 108270.
- [7] Dedousis, P.A. An Investigation into the Design of PrecisionWeeding Mechanisms for Inter or Intra-Row Weed Control. Ph.D. Thesis, Cranfield University, Bedford, UK, 2007.
- [8] Tillett, N.D.; Hague, T.; Grundy, A.C.; Dedousis, A.P. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosyst. Eng.* 2008, 99, 171–178.
- [9] Alba, O.S.; Syrový, L.D.; Duddu, H.S.N.; Shirliffe, S.J. Increased seeding rate and multiple methods of mechanical weed control reduce weed biomass in a poorly competitive organic crop. *Field Crops Res.* 2020, 245, 107648.
- [10] Rao, A.N.; Singh, R.G.; Mahajan, G.; Wani, S.P. Weed research issues, challenges, and opportunities in India. *Crop Prot.* 2020, 134, 104451.
- [11] Van Der Weide, R.Y.; Bleeker, P.O.; Achten, M.; Lotz, L.A.P.; Fogelbergà, F.; Melander, B. Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Res.* 2008, 48, 215–224.
- [12] Pannacci, E.; Tei, F.; Guiducci, M. Mechanical weed control in organic winter wheat. *Ital. J. Agron.* 2017, 12, 900.
- [13] Gobor, Z.; Schulze Lammers, P.; Martinov, M. Development of a mechatronic intra-row weeding system with rotational hoeing tools: Theoretical approach and simulation. *Comput. Electron. Agric.* 2013, 98, 166–174.
- [14] Kumar, S.P.; Tewari, V.K.; Chandel, A.K.; Mehta, C.R.; Nare, B.; Chethan, C.R.; Mundhada, K.; Shrivastava, P.; Gupta, C.; Hota, S. A fuzzy logic algorithm derived mechatronic concept prototype for crop damage avoidance during eco-friendly eradication of intra-row weeds. *Artif. Intell. Agric.* 2020, 4, 116–126.
- [15] Strateški načrti SKP 2023-2027
<https://skp.si/skupna-kmetijska-politika-2023-2027>



[16] Podnebne spremembe in obvladovanje tveganj v kmetijstvu

<https://www.gov.si/podrocja/kmetijstvo-gozdarstvo-in-prehrana/kmetijstvo-in-razvoj-podezelja/podnebnne-spremembe-in-obvladovanje-tveganj-v-kmetijstvu/>