



Vladimír Mašán, Patrik Burg, Vlastimil Slaný,
Robert Pokluda, Milan Kroulík, Vojtěch Ferby,
Jan Janča, Jan Kodýtek

Nasazení robotických platforem v zelinářské produkci

Certifikovaná metodika

Mendelova univerzita v Brně

Vladimír Mašán, Patrik Burg, Vlastimil Slaný,
Robert Pokluda, Milan Kroulík, Vojtěch Ferby,
Jan Janča, Jan Kodýtek

Nasazení robotických platforem v zelinářské produkci

Certifikovaná metodika

2025



Zpracovali:

Ing. Vladimír Mašán, Ph.D.¹

prof. Ing. Patrik Burg, Ph.D.¹

Ing. Vlastimil Slaný, Ph.D.²

Bc. Ing. Jan Janča²

Ing. Jan Kodýtek²

prof. Ing. Robert Pokluda Ph.D.¹

Ing. Vojtěch Ferby¹

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.³

¹ Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Valtická 337,
691 44 Lednice, Česká republika

² Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Zemědělská 1,
613 00 Brno, Česká republika

³ Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Kamýcká 129,
165 21 Praha 6 Suchbátka



Metodika je výstupem řešení výzkumného projektu NAZV QK23020097 s názvem „Udržitelnost pěstebních postupů v zelinářství s využitím cílených aplikací a robotických platforem“.

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

ISBN 978-80-7701-059-7 (tisk)

Oponenti

Ing. Zuzana Příbylová¹

Ing. Lucie Peklová, Ph.D.²

¹ Zelinářská unie Čech a Moravy (ZUČM), Wolkerova 17, 779 00 Olomouc 9

² Ministerstvo zemědělství (MZe ČR), Těšnov 65/17, Nové Město, 110 00 Praha 1

Metodika je určena zelinářským subjektům v ČR i zahraničí, s přesahem i do dalších resortních oblastí, v nichž lze uplatnit. Další uplatnění nalezne u orgánů státní správy, v oblasti zemědělského poradenství a u dalších subjektů zabývajících se problematikou zelinářské produkce.

Všechna práva vyhrazena. Bez písemného svolení autorů je zakázáno reprodukovat a jinak přebírat jakékoliv části této publikace včetně textů, obrázků, grafů, tabulek a schémat.

Metodika byla schválena MZe ČR, Odborem rostlinných komodit pod č.j. MZE-85504/2025-13134, ze dne 15.12.2025

MZe ČR doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

ABSTRAKT

NASAZENÍ ROBOTICKÝCH PLATFORM V ZELINÁŘSKÉ PRODUKCI

Metodika s názvem „Nasazení robotických platform v zelinářské produkci“ popisuje možnosti zavádění progresivních technologií do procesu pěstování vybraných druhů zeleniny v podmínkách České republiky. Zaměřuje se na využití poloautonomních a autonomních robotických systémů při zajištění klíčových pěstitelských operací, jako je výsadba, ošetřování porostu, selektivní sklizeň a cílená aplikace prostředků na ochranu rostlin. Využití těchto systémů vede ke zvýšení přesnosti zásahů, omezení spotřeby vstupů a snížení závislosti na ruční práci.

Metodiku lze využít jako praktický návod při rozhodování o uplatnění a následném zavádění robotizovaných pěstebních postupů do provozní praxe, s možností zhodnocení reálných dopadů zejména na ekonomiku provozu, spotřebu pracovních sil a environmentální zátěž. Současně poskytuje informace o technických a ekonomických aspektech provozu jednotlivých technologií, včetně výpočtů nákladů na pracovní operace a stanovení výkonnosti.

Metodika je určena zelinářským subjektům v ČR i zahraničí, s přesahem do dalších resortních oblastí, kde lze využít pokročilé technologie precizního zemědělství. Další uplatnění nalezne u orgánů státní správy, v oblasti zemědělského poradenství, výzkumu a vývoje nebo při přípravě koncepcí a strategií modernizace agrotechnických postupů.

Klíčová slova: zelinářství, automatizace, robotizace, zemědělství 4.0

ABSTRACT

DEPLOYMENT OF ROBOTIC PLATFORMS IN VEGETABLE PRODUCTION

The methodology titled „Deployment of Robotic Platforms in Vegetable Production“ describes the potential for introducing advanced technologies into the cultivation process of selected vegetable species under the conditions of the Czech Republic. It focuses on the use of semi-autonomous and autonomous robotic systems in key cultivation operations such as planting, crop care, selective harvesting, and targeted application of plant protection products. The use of these systems leads to greater precision in interventions, reduced input consumption, and decreased dependence on manual labor.

The methodology can serve as a practical guide for decision-making regarding the implementation and subsequent integration of robotic cultivation practices into commercial operations, with the possibility of assessing real impacts, particularly on operational economics, labor requirements, and environmental load. It also provides information on the technical and economic aspects of operating individual technologies, including cost calculations for work operations.

The methodology is intended for vegetable production stakeholders both in the Czech Republic and abroad, with overlap into other sectors where advanced precision agriculture technologies can be applied. It is also applicable for public administration bodies, agricultural advisory services, research and development institutions, and in the preparation of concepts and strategies for the modernization of agrotechnical practices.

Keywords: vegetable production, automation, robotics, Agriculture 4.0

OBSAH

1 CÍL METODIKY	9
2 PROBLEMATIKA VYUŽITÍ CÍLENÝCH APLIKACÍ A ROBOTICKÝCH PLATFOREM V ZELINÁŘSTVÍ	10
2.1 Definice a rozdělení robotických platforem	11
2.2 Hlavní skupiny robotických systémů v zelinářství	14
2.3 Robotické systémy pro setí a sázení	14
2.4 Robotické systémy pro likvidaci plevelných rostlin	15
2.5 Robotické systémy pro hnojení	16
2.6 Robotické systémy pro chemickou ochranu	17
2.7 Robotické systémy pro sklizeň	18
3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ZAVÁDĚNÍ ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ V ZELINÁŘSKÝCH PROVOZECH	19
3.1 Vnější faktory zavádění robotizace	19
3.2 Vnitřní faktory zavádění robotizace	20
4 POPIS METODIKY	22
5 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ V ZELINÁŘSKÝCH PROVOZECH	29
6 ZDŮVODNĚNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	40
7 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	41
8 EKONOMICKÉ ASPEKTY	43
ZÁVĚR	45
LITERATURA	46
PUBLIKACE PŘEDCHÁZEJÍCÍ METODICE	48
PŘÍLOHY	49

Seznam grafů

Graf 1	Procentický podíl robotických systémů v různých zemědělských prostředích.....	12
Graf 2	Vnější a vnitřní faktory při zavádění robotických systémů.	19
Graf 3	Hodnocení zelinářského subjektu z hlediska možnosti implementace robotizace a potenciálního výběru robotických zařízení.....	28
Graf 4	Porovnání nákladů robotické a ruční okopávky hlávkového zelí ...	32
Graf 5	Porovnání nákladů tradiční a robotické sklizně hlávkového zelí	34
Graf 6	Porovnání provozních nákladů univerzálního robotu a kolového traktoru	35
Graf 7	Rozdělení nákladových položek do skupin pro technologický postup s využitím standardní mechanizace	37
Graf 8	Rozdělení nákladových položek do skupin pro technologický postup s využitím progresivní mechanizace pro chemickou ochranu.....	38

Seznam tabulek

Tab. I	Hodnocení provozu A podle kritérií (1–5 body)	27
Tab. II	Investiční a provozní parametry systémů	31
Tab. III	Investiční a provozní parametry systémů	33
Tab. IV	Investiční a provozní parametry systémů	34
Tab. V	Náklady technologických operací na 1 ha pro zelí hlávkové, var. konvenční – s orbou	49
Tab. VI	Náklady technologických operací na 1 ha pro zelí hlávkové, var. s uplatněním robot. techniky	50

1 CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout pěstitelům zeleniny, poradcům, výzkumným institucím i dalším zainteresovaným subjektům v České republice i zahraničí ucelený metodický návod pro uplatnění moderních robotických a automatizačních technologií v zelinářské produkci. Metodika přináší přehled technických řešení, provozních možností a ekonomických aspektů spojených se zařazením těchto technologií do klíčových pěstitelských operací – výsadby, ošetřování porostu, cílené aplikace přípravků a sklizně.

Cílem je rovněž podpořit informované rozhodování o investicích do moderních technologií pomocí modelových technologických variant, které umožňují zhodnocení spotřeby práce, materiálových vstupů, provozních nákladů i dopadů na životní prostředí. Důraz je kladen na praktickou využitelnost v provozních podmínkách, přínosy pro efektivitu a udržitelnost pěstebních systémů, ale také na limity spojené s jejich nasazením, včetně požadavků na obsluhu, organizaci práce a integraci do stávajících technologií.

2 PROBLEMATIKA VYUŽITÍ CÍLENÝCH APLIKACÍ A ROBOTICKÝCH PLATFORM V ZELINÁŘSTVÍ

Významný technologický pokrok v zemědělství v posledních desetiletích drasticky transformoval řadu procesů, a to jak v systémech rostlinné, tak i živočišné výroby. Tento pokrok se týká především minimalizace provozních a výrobních nákladů, snižování dopadu na životní prostředí a optimalizace celého výrobního cyklu. Se zaměřením na produkci plodin byla dosud vyvinuta řada optimalizačních modelů a softwarových nástrojů na úrovni polních operací. Tento pokrok, souběžně s technologickým pokrokem a vybavením polních strojů, poskytl radikální řešení několika výzev, kterým moderní zemědělci čelí. V systémech produkce plodin je jedním z nejvýznamnějších problémů spojen s operacemi náročnými na lidskou práci. Jedná se především o polní úkoly (jako je sklizeň citlivých plodů a hubení plevele v řádcích), které je obtížnější provádět tradičními polními stroji, a proto jsou zaměstnání lidští pracovníci. To vedlo ke zvýšené potřebě autonomních traktorů a robotických platform pro použití v polních operacích, které jsou v současné době ve fázi výzkumu [1] a postupného zavádění do praxe.

Polní operace v zemědělství jsou poměrně složité a je třeba řešit řadu otázek, aby byl umožněn efektivní přechod do éry robotiky. Pro vytvoření robotického řešení by měla být provedena celková systémová analýza polních operací spolu s analýzou nákladů a přínosů [2,3]. Takový systém by měl splňovat velmi specifické požadavky, jako je nízká hmotnost, malá velikost, autonomie, inteligence, komunikace, bezpečnost a přizpůsobivost, aby mohl potenciální úkol efektivně plnit [4]. Pro automatizaci těchto polních operací by měla být provedena dekompozice těchto úkolů, aby se transformovaly do diskrétních robotických funkcí. Toho lze dosáhnout klasifikací zemědělských úkolů na deterministické (úkoly, které lze předem navrhnout a optimalizovat) a reaktivní (úkoly, které jsou spojeny s chováním, jež by se mělo zabývat neočekávanými podmínkami) [5].

Hlavní výzvy, kterým čelí zemědělství roboti, jsou spojeny s univerzálními i specifickými otázkami. Univerzální problémy se týkají hodnocení terénu [6,7], plánování tras [8,9], bezpečnostních otázek, zejména se zaměřením na detekci lidí [10], a flotily robotů [11,12]. Problémy specifické pro daný úkol se týkají specifikací týkajících se architektury plodin, detekce a klasifikace plodin nebo škůdců a přesné aplikace vstupů. Většina těchto problémů se týká systému vidění, robotického akčního systému (výkonové prvky), navigačního systému v částečně strukturovaném zemědělském prostředí a inteligence pro řízení robotické platformy i nářadí.

Existuje několik přehledových článků zaměřených na zemědělské roboty pro polní operace [13-15] založené na specifických úkolech (jako je zemědělská navigace, přesazování/setí, prořezávání, likvidaci plevelu [16], sklizeň, sledovatelnost a interakce s více roboty) a hodnocení systémů [17], nebo snížení jejich negativních vlivů na půdu (zejména erozi půdy a zhutňování půdy) [18].

Přestože je vědecký přínos těchto přehledů velmi důležitý, přínosem této studie je poskytnout ucelený přehled zemědělských robotických systémů, které provádějí všechny hlavní operace, pro systémy pěstování vybraných zeleninových druhů, a to jak v prostředí polní produkce, tak i ve sklenících.

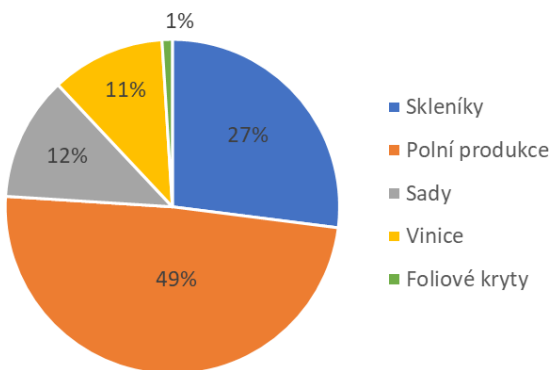
V posledních letech se v oblasti zelenářství stále více prosazuje využívání cílených aplikací a robotických platform, které přinášejí inovativní přístupy k pěstování zeleniny. Tyto technologie umožňují efektivnější a udržitelnější způsoby hospodaření, čelí však i určitým výzvám.

2.1 Definice a rozdělení robotických platform

Robotickou platformu v zahradnické produkci lze definovat jako technicky integrovaný, autonomní nebo dálkově ovládaný systém určený k provádění pěstitelských operací. Platforma se obvykle skládá z mobilní nebo stacionární základny, řídicí jednotky, senzorické a kamerové vybavy, akčních členů a komunikačních prvků. Jejím hlavním cílem je zvýšení provozní efektivity, snížení závislosti na lidské práci a optimalizace využití vstupních zdrojů (např. vody, hnojiv, chemických přípravků, energie) prostřednictvím přesně cílených zásahů.

Zahradnická produkce je výrazným způsobem ovlivněna řadou faktorů, především půdními podmínkami a meteorologickými vlivy, které zásadně určují růst a vývoj pěstovaných rostlin. Právě z uvedených důvodů je obtížné robotizovat, nebo automatizovat komplexní soubor prováděných pracovních operací. Růst rostlin nelze přesně předvídat, překážky se mohou objevit náhle (zvířata, kameny atd.) a zakrytí výhledu na cílenou oblast listy, nebo plevelem je častým problémem. Zejména v polních podmínkách se i světelné podmínky neustále mění v důsledku oblačnosti a denního cyklu. Proto by se dalo předpokládat, že jednodušší bude vývoj robotů pro kryté plochy, nebo vytrvalé kultury jako např. sady a vinice. S ohledem na velikosti polních ploch se ale téměř polovina vyvinutých robotů se zaměřuje na tuto oblast (Graf 1).

Systémy robotických platform vykazují značnou variabilitu v závislosti na zamýšleném způsobu využití, provozních podmínkách a konstrukčním provedení. Z pohledu konstrukce a mechanismu



1: Procentický podíl robotických systémů v různých zemědělských prostředích

pohybu lze identifikovat několik základních kategorií, jež reflektují odlišné uspořádání pěstitelských ploch. Jedná se zejména o mobilní autonomní robotické systémy, stacionární portálové systémy, vertikálně orientované systémy a kombinované hybridní systémy.

Mobilní autonomní robotické systémy

Tato skupina zahrnuje pohyblivé robotické platformy, které se samostatně přesouvají po pěstitelské ploše pomocí kolového nebo pásového podvozku. Jsou určeny zejména pro venkovní prostředí (např. zelinářské plochy), ale využívají se také ve větších skleníkových komplexech. Navigace probíhá pomocí kombinace GNSS technologií, kamerových systémů, LiDARu a dalších senzorů, což umožňuje přesné zajištění pracovních operací jako je monitoring porostu, odstraňování plevelných rostlin, selektivní chemická ochrana, zavlažování a sklizeň produkce. Výhodou těchto systémů je vysoká míra autonomie a flexibilita nasazení v různých agrotechnických podmínkách.

Stacionární portálové systémy

Tento typ robotických platform je charakteristický pro prostředí s řízenými podmínkami, zejména pro skleníky, fóliovníky a indoor pěstírny. Tyto systémy využívají nejčastěji portálovou konstrukci a využívají kartézský souřadnicový systém, kde se pracovní jednotka pohybuje ve dvou (X, Y) nebo třech osách (X, Y, Z) nad pěstební plochou – obdobně jako u CNC zařízení. Typickým příkladem tohoto technického řešení je open-source systém FarmBot. Tyto platformy umožňují s vysokou přesností vykonávat činnosti jako výsev, cílené zavlažování, přihnojování, senzorickou diagnostiku nebo odstraňování plevelných rostlin. Jejich hlavní výhodou je možnost vysoké opakovatelnosti

prováděných operací, predikovatelnost zásahů a nízká provozní náročnost, nevýhodou pak omezená velikost ošetřované pěstitelské plochy. Jejich pohyb je zajištěn po stabilně uložených kolejnicích, což jim umožňuje využívat zjednodušenou navigaci. Díky tomu jsou tyto systémy konstrukčně méně složité a zároveň vysoce provozně spolehlivé. Software, který jejich činnost řídí, bývá navíc napojen na cloudové rozhraní, umožňující vzdálenou správu, centralizované řízení více jednotek i archivaci provozních dat.

Vertikálně orientované systémy

S rozvojem technologií pěstování v indoor podmínkách se lze stále častěji setkat se skupinou robotických systémů navržených pro obsluhu a ošetřování vertikálně uspořádaných pěstitelských ploch. Tyto platformy zahrnují různé typy automatizovaných výtahů, manipulačních ramen nebo mobilních jednotek, které se pohybují mezi jednotlivými patry a zajišťují monitoring porostu, zavlažování, sklizeň a transport produkce. Nasazení těchto systémů je typické zejména v produkci komodit s krátkou pěstitelskou dobou, kde je důležité efektivní využití prostoru a přesné řízení mikroklimatu, jako je např. listová zelenina, microgreens a vybrané druhy léčivých rostlin.

Hybridní systémy

Kombinací výše uvedených systémů vznikají tzv. hybridní platformy, které integrují více technologií v rámci jednoho produkčního celku. Příkladem může být skleník vybavený vertikálně uspořádanými pěstebními plochami, kde mobilní robot s manipulačním ramenem zajišťuje sklizeň, inspekci nebo péči o rostliny v jednotlivých patrech. Dalším příkladem je kombinace stacionárních systémů pro setí, zavlažování a dopěstování výsadbového materiálu, s mobilními roboty pro výsadbu, monitoring a cílené zásahy na poli. Výhodou hybridního přístupu je vysoká míra přizpůsobitelnosti, optimalizace prostoru a možnost nasazení v různých pěstitelských režimech.

Vývoj a využití robotických systémů byl zpočátku zaměřen na realizaci nejnáročnějších operací u konkrétního druhu pěstovaných rostlin se specifickými pěstitelskými nároky. Soudobé vývojové trendy směřují ve větší míře k uplatnění modularity a k vyššímu univerzálnímu využití progresivních robotických systémů. To umožňuje nasazení i na menších plochách, u širšího spektra druhů pěstovaných rostlin, s uplatněním rozdílných technologických postupů. Jedna robotická platforma může být osazena různými druhy pracovních orgánů, které umožňují zajistit rozdílné pracovní operace. Tato variabilita umožňuje celoroční využití platformy a nahrazuje potřebu pořizovat více úzce specializovaných robotických zařízení.

S rozvojem AI a IoT (z angl. Internet of Things) se také zjednodušuje jejich nasazení a zlepšuje adaptabilita a schopnost autonomně reagovat na proměnlivé podmínky, které již nevyžadují korekce obsluhy.

2.2 Hlavní skupiny robotických systémů v zelinářství

Robotizace v oblasti zelinářství představuje klíčovou inovaci, která zásadně mění tradiční přístupy k pěstování zeleniny. Využití autonomních systémů umožňuje automatizaci mnoha pracovně náročných operací, přináší jejich precizaci a šetří vstupy zejména u používaných agrochemikálií, snižuje nároky zejména na počet brigádníků či sezónních pracovníků, a především zvyšuje udržitelnost celého systému. V následující části textu jsou jednotlivé skupiny robotických systémů v zelinářství stručně rozděleny a charakterizovány.

2.3 Robotické systémy pro setí a sázení

Robotické systémy pro výsev osiva a výsadbu předpěstované sadby představují u zeleniny důležitou součást automatizace zahradnické výroby. Optimalizace výsevu, stejně jako založení kultury z předpěstované sadby s potřebným počtem rostlin vysázených v požadovaném sponu má přímý dopad na provádění dalších navazujících pracovních operací (zejména správnou orientaci řádků, která umožňuje plynulý a efektivní pohyb techniky), na zdárný vývoj porostu, optimalizaci spotřeby materiálových vstupů včetně vlivu na kvalitu a výnos produkce. Moderní secí a sázeční roboti využívají kombinaci pokročilých senzorů (např. RGB kamer, infračervených senzorů, snímačů síly, tlaku, úhlu a posunu) a počítačového vidění ke sledování vlastností půdy i k přesné lokalizaci místa výsevu nebo výsadby. Informace z enkodérů kol a gyroskopu umožňují korekci trajektorie a přesné řízení pohybu po poli. Využití senzorů vytváří předpoklady pro provázání stanovištních podmínek se správnou hloubkou výsevu osiva, či výsadbou sadby konkrétní plodiny. Vysoká cena hybridního osiva u zelenin zvyšuje požadavek na přesný výsev. Tento trend je v posledních letech ještě podpořen rostoucím zájmem o optimalizaci výnosu, neboť četné studie potvrzují souvislost mezi hustotou rostlin a výslednou produkcí. Kromě strojového vidění se zvažuje i využití nových technik, např. spektroskopie pro odhad textury a vlastností půdy, což by umožnilo dynamicky upravovat hloubku výsevu. Před výsevem by systémy měly být schopny rozpoznat kvalitu povrchu, přítomnost plevelů nebo překážky, zatímco po výsevu by měly vyhodnotit úspěšnost operace i případné odchylky způsobené nerovností terénu.

2.4 Robotické systémy pro likvidaci plevelných rostlin

Robotické systémy pro likvidaci plevelných rostlin mají z hlediska pěstitelských technologií v zelinářství nezastupitelnou roli. Současné konstrukce těchto zařízení jsou založeny na mechanickém, fyzikálním nebo chemickém principu, z nichž každý má své výhody i limity. Mechanické metody jsou energeticky méně náročné a vhodné pro ekologické pěstování, chemické přinášejí vysokou efektivitu při nižší potřebě práce a fyzikální metody umožňují bezkontaktní a šetrný zásah bez chemické kontaminace. Společným rysem všech těchto systémů je cílený a efektivní zásah, tj. pouze v místech kde se plevel nachází, v dávkách odpovídající jeho velikosti, odolnosti, nebo predikci vývoje a vlivu na cílový porost.

Mechanická likvidace plevele

Princip jejich činnosti spočívá v mechanickém narušení půdy v okolí kulturních rostlin s cílem odstranit nežádoucí vegetaci pomocí radliček, prstové plečky, rotačního kypřiče nebo flexibilního kartáče. Klíčovým faktorem efektivity je včasnost provedení zásahu a schopnost rozpoznat plevelný porost o cílové plodiny.

Přesnost detekce řádků se u moderních systémů pohybuje často pod 25 mm, některé dosahují přesnosti i pod 6 mm. Účinnost mechanického odplevelení bývá vysoká – některé studie uvádějí úspěšnost přes 90 %.

Chemická likvidace plevele pomocí cílené aplikace

Intenzivně se rozvíjí také chemické odplevelování prostřednictvím robotů vybavených systémy cílené aplikace herbicidů. Tyto roboty využívají pokročilé systémy strojového vidění v kombinaci s algoritmy umělé inteligence a spektrální analýzy nejenom k rozlišení plevelů od kulturních rostlin, ale také k vyhodnocení potřebného množství herbicidu dle druhu a velikosti plevele. Tento způsob aplikace výrazně snižuje celkovou spotřebu chemických přípravků, omezuje kontaminaci prostředí a snižuje náklady na ochranu rostlin.

Technologie Drop on Demand (DoD) umožňuje aplikovat herbicid pouze tehdy, když je plevel jednoznačně identifikován. Systémy pracují s mikrotřyskami řízenými např. pulzní modulací (z angl. PWM – Pulse Width Modulation), která umožňuje přesné dávkování nezávisle na rychlosti pohybu stroje. Účinnost chemického odplevelení pomocí těchto systémů se běžně pohybuje nad 85 %, v ideálních podmínkách dosahuje až 100 % účinnosti.

Fyzikální metody likvidace plevele

Stále více je zkoumána fyzikální likvidace plevelů zejména v kontextu ekologického zemědělství. Zde se využívá energie laseru, horkého

vzduchu, vody, přehřáté vodní páry nebo mikrovlnného záření k likvidaci plevelných rostlin bez chemického zásahu a bez přímého narušení půdy. Laserové roboty pracují s přesnými zaměřovacími systémy a výkonnými lasery, které umožňují zacílit energetický paprsek přímo na plevel a způsobit poškození buněčné struktury. Tyto systémy jsou mimořádně přesné, ale energeticky náročné. Alternativně se uplatňují systémy využívající termické poškození pletiv plevelných rostlin pomocí plynových hořáků, horké vody nebo vodní páry aj. Mezi hlavní nevýhody těchto metod patří nižší přesnost a omezenou účinnost. Účinek se často projevuje jako povrchový a efektivita zásahu se projevuje v řádech hodin až dní po aplikaci.

2.5 Robotické systémy pro hnojení

Moderní zemědělství klade stále větší důraz na přesné a efektivní hospodaření se živinami a robotické systémy mají umožnit cílenou a vysoce přesnou aplikaci hnojiv v souladu s aktuálními potřebami rostlin a půdními podmínkami. Základním principem těchto systémů je lokalizovaná aplikace živin na základě detailních datových vstupů, mezi které patří půdní senzory, výživové mapy, multispektrální a hyperspektrální snímky porostu nebo data z družic a dronů. Tato data umožňují vytvoření tzv. výživového profilu pole, který odráží heterogenitu podmínek a potřeby rostlin v jednotlivých částech pozemku, nebo na základě jejich potřeb v průběhu vegetace. Na základě těchto informací systémy vyhodnocují optimální dávky hnojiv a aplikují je cíleně, s ohledem na lokalitu a aktuální výživový stav porostu.

Robotické systémy pro hnojení mohou mít různou konstrukční podobu, od autonomních pozemních vozidel, přes zařízení nesená traktorem až po letecké platformy, jako jsou drony. Klíčovým prvkem těchto zařízení jsou přesné dávkovací mechanismy. Pro kapalná hnojiva se využívají trysky s proměnnou aplikací, u granulovaných forem se uplatňují mikrodávkovače nebo šnekové dopravníkové systémy, u hloubkového hnojení pak injektážní systémy schopné dopravit živinu přímo ke kořenové zóně.

Technologický pokrok umožňuje stále častější nasazení principu SSM (z angl. „Site-Specific Management), tedy zónové aplikace hnojiv v rámci jednoho pole podle konkrétních výživových potřeb. Například v každé části pozemku může být aplikována různá dávka dusíku, nebo současná aplikace několika živin současně. Tato precizní aplikace výrazně snižuje ztráty živin, plýtvání hnojivy a ekologickou zátěž způsobenou jejich vymýváním nebo emisemi do ovzduší.

Značný rozvoj zaznamenává také automatická kalibrace dávkování podle rychlosti pojezdu, aktuálních povětrnostních podmínek nebo

parametrů vegetace (např. index NDVI). Díky tomu je možné provádět aplikaci i při proměnlivém zatížení pozemku nebo nerovnostech, což zvyšuje přesnost a účinnost systému.

Kromě primární aplikace makroprvků (dusík, fosfor, draslík) se v zelinářství stále častěji využívají robotické systémy i pro dávkování mikroprvků a stopových prvků, nebo dalších podpůrných látek a organizmů často formou listové výživy, injektaže nebo hloubkového zapravení. Tímto způsobem lze rychle reagovat na projevy nedostatku živin a efektivně zasáhnout ještě před propuknutím viditelných příznaků nebo poklesem výnosu.

Trendem je také slučování operací do jednoho pojezdu. Příkladem je diferencované hnojení, nebo sítě spojené s aplikací startovací dávky hnojiva a vody.

2.6 Robotické systémy pro chemickou ochranu

Robotická řešení pro cílenou chemickou ochranu představují významný posun od tradičních metod plošného postřiku k technologiím umožňujícím precizní a selektivní aplikaci pesticidních látek. Roboti jsou navrženi tak, aby rozpoznali konkrétní symptomy chorob nebo přítomnost škůdců, vyhodnotili optimální dávku přípravu a následně ošetřili pouze postižené rostliny či jejich části, čímž se zvyšuje účinnost zásahu a snižuje riziko rozvoje rezistence u patogenů. Roboti navíc přispívají k včasné aplikaci, protože nejsou závislí na pracovní době, mnohdy projíždějí porostem v krátkých časových intervalech a jsou schopni zaznamenávat a vyhodnocovat i drobné odchylky od normálu.

Základním prvkem těchto systémů je vysoce přesná detekční technologie, využívající kamerové systémy s vysokým rozlišením, často v kombinaci s infračerveným nebo multispektrálním zobrazováním. Tyto vstupy jsou zpracovávány algoritmy umělé inteligence, které umožňují identifikaci typu poškození, např. plísní, bakteriálních infekcí nebo napadení hmyzem. Detekce může probíhat buď v reálném čase přímo na poli, nebo se snímky předem vyhodnotí v datovém centru, přičemž výsledky slouží k plánování zásahu.

V rámci samotné aplikace se využívají automatizované postřikové systémy, které umožňují dávkování pesticidů přesně na místo výskytu patogenu. K aplikaci se používají mikrotrysky řízené systémem pulzní modulace (PWM, z angl. Pulse-Width Modulation). U vybraných systémů je aplikační tryska umístěna na robotickém manipulátoru s různými stupni volnosti (z angl. DOF – Degrees of Freedom), což umožňuje dosažení obtížně přístupných částí rostlin. V některých případech je chemická ochrana kombinována s mechanickým odstraněním škůdců, např. pomocí podtlakových jednotek, které vysávají hmyz ze svrchních částí rostlin.

2.7 Robotické systémy pro sklizeň

Sklizeň patří k nejvíce časově, organizačně i finančně nejnáročnějším pracovním operacím v rámci zelinářské produkce. Náklady na sklizeň mohou často tvořit až 50 % celkových pracovních nákladů. To je hlavním důvodem, proč se právě na tuto oblast zaměřuje intenzivní vývoj autonomních a robotických systémů. Cílem je nahradit opakující se a fyzicky náročnou lidskou práci technologiemi, které zajistí efektivní, šetrné a selektivní sklizení jednotlivých zeleninových druhů s vysokou přesností.

Moderní robotické sklízeče pracují na základě pokročilého optického rozpoznávání zralosti plodů pomocí RGB kamer, hyperspektrálních snímačů či strojového učení. Rozpoznání zahrnuje parametry jako barva, tvar, velikost či polohová orientace. Po lokalizaci plodu systém aktivuje speciálně navržený manipulátor s měkkým koncovým efektem (např. podtlakové přísavky nebo silikonové „prsty“), který plod uchopí a šetrně oddělí od rostliny. Tento postup je využíván např. u rajčat, paprik, nebo okurek.

V případě listové zeleniny (např. salát, špenát) se používají žací mechanismy, které pracují na základě přesného navádění podle polohy jednotlivých listů. Některé pokročilé robotické systémy kromě samotné sklizně zároveň provádějí i automatickou vizuální selekci plodů – třídění podle kvality (např. velikost, barva, poškození), což umožňuje zvýšit podíl tržní produkce a eliminovat defektní kusy již v průběhu sklizně.

Právě selektivní sklízecí roboty, které se zaměřují výhradně na plody v optimálním stádiu sklizně, přitahují největší pozornost výzkumu, jelikož umožňují minimalizaci ztrát a poškození plodiny. Klíčovými metrikami jsou rychlost sklizně (čas potřebný na sklizeň jednoho plodu) a míra sklizně (procento úspěšně sklizených plodů z celkového počtu připravených ke sklizni). Přestože současné robotické sklízeče nedosahují úrovně plně nahrazující lidskou práci, jejich výkon se neustále zlepšuje. Hlavními výzvami zůstává překonání omezení způsobených zakrytím plodů listy, nutnost sklizně ve shlučích a snaha o minimalizaci poškození sklizených plodů.

Do budoucna se očekává, že roboti budou schopni pracovat nepřetržitě, čímž se jejich nižší rychlost vykompenzuje delší provozní dobou. Další optimalizace může být dosažena kombinací lidské a robotické práce, kdy lidé sklízí méně přístupná místa, nebo dosbívají ponechané plody. Úprava pěstitelských technologií a šlechtění jsou také cestou, příkladem je optimalizace porostu tak aby byl porost přístupnější, nebo nové odrůdy rajčat, které vytvářejí dlouhá vřetena a roboti tak sklízí vícero plodů současně.

3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ZAVÁDĚNÍ ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ V ZELINÁŘSKÝCH PROVOZECH

Zavádění robotických systémů do zelinářské produkce, resp. do konkrétního zelinářského provozu představuje proces, který souvisí s řadou vnějších a vnitřních faktorů (Graf 2). Vnější faktory hrají zásadní roli a často představují rozhodující impuls pro přijetí nebo odmítnutí inovovaných technologií s podporou robotických systémů. Vnitřní faktory naopak odrážejí podmínky a možnosti samotného podniku – zahrnují zejména ekonomické hledisko (cenu zařízení a dostupnost investičních prostředků), organizační připravenost (rozsah robotizace, do kterého je podnik schopen vstoupit), personální zajištění (kvalifikace pracovníků a schopnost obsluhy nových technologií) a strategické zaměření podniku (na jakou část produkce nebo technologického procesu budou robotické systémy nasazeny). Tyto faktory již ovlivňují rozhodnutí, jakou formu podnik využije, jaké konkrétní technologie uplatní, nebo na jakou část produkce. Úspěšné zvládnutí transformace podniku vyžaduje nejen dostupné technologie, ale i komplexní podporu ze strany státu, výzkumu, školství a poradenských služeb.



2: Vnější a vnitřní faktory při zavádění robotických systémů

3.1 Vnější faktory zavádění robotizace

Mezi klíčové faktory ovlivňující zavádění robotizace v zelinářství patří ekonomické, politicko-legislativní, technologické, demografické a environmentální aspekty, které se navzájem prolínají.

Z ekonomického hlediska je zásadní především nedostatek pracovní síly. Ruční práce, zejména při sklizni, je náročná, drahá a málo atraktivní, přičemž závislost na sezónních dělnících se ukazuje jako neudržitelná. Růst mezd a tlak na efektivitu proto zvyšují zájem o robotické systémy, které mohou přinést dlouhodobé úspory a vyšší výnosnost.

Politicko-legislativní rámec hraje dvojí roli – dotace a podpůrné programy usnadňují investice do modernizace, naopak regulace (např. bezpečnostní předpisy či schvalování autonomních strojů) mohou proces zpomalovat.

Technologická připravenost je dalším předpokladem. Kromě samotných strojů je nutná dostupná inovační infrastruktura, servisní zázemí a vyškolený personál. Digitalizace, přístup k internetu a softwarovým systémům jsou nezbytné, zejména ve venkovských oblastech.

Demografické změny – stárnutí populace a odchod mladých lidí z venkova – zvyšují tlak na nahrazování lidské práce stroji. Automatizace umožňuje menšímu počtu pracovníků obsloužit větší plochy a zároveň může zatraktivnit zemědělství pro mladší generace díky technologiím s vyšší přidanou hodnotou.

Významné jsou i environmentální faktory. Robotické systémy umožňují přesnější hospodaření, snižují spotřebu vody, hnojiv a pesticidů a podporují využití obnovitelných zdrojů. To přispívá nejen k ekonomické efektivitě, ale i k naplňování požadavků na udržitelnost a cílů Zelené dohody pro Evropu.

3.2 Vnitřní faktory zavádění robotizace

Úspěšné zavádění robotizace v zelinářství závisí do značné míry na vnitřních faktorech podniku, které určují jeho připravenost na technologickou transformaci a schopnost efektivně integrovat nové technologie.

Klíčovou roli hraje technologická vybavenost – stávající mechanizace, úroveň digitalizace a zkušenosti s moderními systémy (GPS, senzory, ISOBUS). Vyšší technická infrastruktura umožňuje přesnou lokalizaci, evidenci výnosů a řízení vozového parku, přičemž efektivní robotizace vyžaduje standardizaci procesů a organizaci práce.

Personální kapacita a odborné znalosti pracovníků jsou dalším zásadním faktorem. Robotické systémy vyžadují znalosti provozu, diagnostiky a softwarového ovládání, což často znamená školení či najímání nových specialistů. Úroveň kompetencí zaměstnanců přímo ovlivňuje bezpečnost a efektivitu implementace.

Důležitá je rovněž otevřenost managementu vůči inovacím a ekonomická kondice podniku. Finančně stabilní a progresivně vedené provozy mají větší prostor investovat, plánovat návratnost

a postupně ověřovat nové technologie, zatímco menší či nestabilní provozy mohou vnímat robotiku jako riziko.

Strukturální vlastnosti provozu – velikost a členitost polí, skladba plodin, logistika a organizace sklizně – ovlivňují vhodnost a efektivitu autonomních strojů. Adaptace provozu, například změna rozestupů řádků, úprava úvratí či přenastavení logistických toků, často výrazně zvyšuje účinnost robotizace.

Nezanedbatelná je i firemní kultura a ochota ke změně. Robotizace mění pracovní procesy, zvyšuje transparentnost a odhaluje nedostatky v řízení. Úspěch závisí na otevřené komunikaci, jasné strategii zavedení a podpoře zaměstnanců.

4 POPIS METODIKY

Zavedení robotických systémů do zemědělských provozů představuje významný krok směrem k modernizaci a zvýšení efektivity produkce. Aby však bylo možné optimálně rozhodnout o investici do robotizace, je nezbytné objektivně zhodnotit aktuální podmínky a připravenost podniku. Následující hodnotící postup slouží jako systematický nástroj, který umožňuje analyzovat klíčové faktory ovlivňující úspěšnost implementace robotických technologií.

Hodnocení probíhá na základě předem definovaných kritérií, která zahrnují jak technické, ekonomické, tak personální aspekty provozu. Každému kritériu je přiřazeno bodové hodnocení podle předem stanovené stupnice, což umožňuje jednoznačně vyčíslit míru připravenosti a identifikovat oblasti vyžadující zlepšení. Výsledné bodové hodnocení pak poskytuje přehledný nástroj pro rozhodování, který pomáhá majitelům a manažerům zemědělských podniků efektivně plánovat zavádění robotických systémů s ohledem na specifika jejich provozu. Tento postup lze uplatnit jak na celý podnik (typicky kryté pěstební plochy kde se produkuje pouze jedna kultura), tak na dílčí části (a to jak konkrétní plodiny, operace společné pro vícero druhů, plochy s podobným managementem atd.). Metodika má být návodná, a proto lze hodnocení přizpůsobit dle záměru rozvoje, nebo vybavení konkrétního podniku.

Postup hodnocení podniku pro zavedení robotického systému sestává z následujících kroků:

1) Shromáždění objektivních dat o podniku

Nejprve by měly být získány relevantní a aktuální informace o podniku, včetně velikosti a rozlohy pozemků, terénních podmínek, dostupnosti infrastruktury, počtu a kvalifikace pracovníků, ekonomické situace, technologické úrovně a dalších faktorů, které ovlivňují možnosti zavedení robotizace.

2) Výběr hodnotících kritérií a přidělení bodů

Měla by být zvolena vhodná kritéria pro hodnocení robotizace v podniku (např. přístupnost, personální kapacita, finanční možnosti, technologická připravenost apod.), přičemž by měla být použita předem stanovená škála hodnocení pro každé kritérium (některé kritérium může být pro podnik zásadní a může vyžadovat navýšení bodů).

3) Výsledné bodové hodnocení a interpretace výsledků

Výsledné hodnocení představuje součet bodů za jednotlivá kritéria. Vyšší hodnota obvykle značí příznivější podmínky pro zavedení robotického systému, nižší hodnoty pak mohou naznačovat omezení nebo překážky.

Na základě celkového bodového součtu se posuzuje vhodnost implementace:

- **> 30 bodů** – velmi příznivé podmínky, podnik by měl rozvíjet stávající robotizaci nebo plánovat nové zavedení.
- **15–29 bodů** – středně příznivé podmínky, vyžadující úpravy a opakované hodnocení po provedených změnách; podnik nevyužívá plně potenciál robotizace.
- **< 15 bodů** – nepříznivé podmínky, investice je třeba důkladně zvážit, doporučuje se využít poradenských služeb a analyzovat důvody dosavadního nevyužití robotizace. Takový podnik čelí riziku zaostávání, ale zároveň má možnost zavést robotiku „na zelené louce“ bez omezení stávajícími technologiemi.

Je rovněž důležité sledovat strukturu bodů – kritéria s nejnižším hodnocením je nutné řešit operativně, zatímco vyšší hodnocení lze rozvíjet v dlouhodobém horizontu.

4) Doporučení dalšího postupu, dokumentace a revize

Na základě hodnocení by měla být navržena opatření, například investice do infrastruktury, školení personálu nebo úpravy pěstebních ploch. V případě nepříznivých podmínek by měla být zvážena prioritizace zavedení robotizace nebo volba jiných řešení. Všechny získané informace, body a závěry by měly být řádně zdokumentovány a hodnocení by mělo být pravidelně aktualizováno. Investice by se měly plánovat až na základě provedeného hodnocení. V řadě případů je totiž samotný robot pouze částí investice, další část tvoří zázemí, provázané technologie, nebo proškolení obsluhy.

Kritéria rozhodování a bodová stupnice

Celkem 8 hodnotících kritérií má bodovou váhu 1–5, přičemž 5 bodů získá subjekt, který plně splňuje všechna požadovaná opatření. Hodnocený subjekt může v celkovém součtu získat min. 8 bodů a max. 40 bodů. Kritéria i jejich dílčí části jsou vzájemně provázána, proto nelze hodnotit pouze jednu stránku (např. ucelená plocha pozemku je výhodná, ale při mnoha překážkách je hodnocení nutné snížit) ani opomenout souvislosti mezi kritérii (např. vysoká technologická implementace bez odpovídajícího personálního zajištění).

1. Terénní podmínky, přístupnost ploch, překážky v porostu

Hodnotí se velikost a organizace pěstitelské plochy, její dostupnost pro techniku a vnější infrastruktura (např. přístup dodavatelů). Posuzují se faktory jako vzdálenost od centra podniku, celistvost a pravidelnost pozemků, svažitost, přístupnost pro stroje, úvratě, struktura porostu,

zastoupení překážek či nerovnosti terénu. Roboti vyžadují rovné, ucelené a dobře přístupné plochy s minimem překážek. Naopak pohyblivé či chaotické překážky, nerovnoměrný vzrůst porostu nebo zaplevelení mohou významně omezit efektivitu nasazení robotických systémů.

2. Infrastruktura a technologická připravenost, současné pěstitelské technologie

Hodnotí se kompletní technické, IT a softwarové zázemí podniku, nebo hodnocené pěstební plochy. Příkladem moderních technologií je stabilní GNSS a internetový signál, IoT zařízení, dostupnost nabíjecích stanic, nebo decentralizované zdroje energií, energomanagement, inteligentní řízení závlah, nebo mikroklimatu krytých ploch, meteostanice ideálně s predikcí a ukládáním historických dat pro další analýzy, technologie umožňující využívat lokalizaci pro cílené zásahy a tvorbu různých mapových podkladů, výkazů, řízení pracovníků, nebo techniky. Progresivní podniky by měly mít ve zmíněných oblastech alespoň základní zkušenosti s vizí dalšího rozvoje.

3. Personální kapacity na všech úrovních, odborné znalosti a specializace pracovníků, dodavatelé

Základním předpokladem je vysoká kvalifikace a dostatek personálu na všech pozicích. Robotizace má za cíl snížit zátěž pracovníků při nejtěžších a monotónních činnostech, zároveň však vyžaduje kvalifikovanou sílu schopnou kreativně řešit vzniklé problémy. Typickým příkladem je přesun pracovníků z výroby do servisního zázemí nebo řídicích pozic. Uplatní se zejména specialisté v oblastech IT, rostlinolékařství, servisu strojů či elektrotechniky. V rámci řízení je nezbytná znalost softwarových nástrojů pro efektivní plánování, analýzy, statistiku a vyhodnocování, stejně jako přehled o technice pro strategický rozvoj.

4. Ekonomická kondice podniku, schopnost získávání podpor a kapitálu, zvyšování efektivity

Vysoká finanční stabilita a schopnost investovat jsou dobrým předpokladem, ale ne nutností. Stabilní podnik může investovat průběžně. Podnik bez robotizace, a dokonce s horší finanční stabilitou má také šanci na restrukturalizaci. V kontextu předchozího kritéria, nejvyšší náklady tvoří běžně pracovní síla. Při uplatnění robotizace je předpoklad snížení zejména personálních nákladů a zvýšení tak celkové efektivity podniku. Dále i nákladů na materiál jako jsou pesticidy, hnojiva atd. Toto dnes chápou jak grantové agentury, tak bankovní domy a podporují zavádění robotizace a automatizace.

Potřebné je si také uvědomit, že instalace technologií, proškolení a osvojení si znalostí a dovedností zaměstnanci, odladění veškerých procesů zabere mnoho času. Běžně po nasazení robotizace ve velkém rozsahu je první sezona testovací a tomuto je potřebné se v rámci podniku přizpůsobit i finančně. Nižší výnos z důvodu útlumu produkce na dané ploše i vyšší náklady na testování a zavádění vyžadují jistou rezervu.

5. Druhové složení pěstovaných plodin, operace a nároky plodin, velikost ploch, nebo objem produkce

Obecně se robotizace dlouhodobě řeší u celosvětově nejpěstovanějších plodin, u nichž je implementace technologií na vysoké úrovni. Pokud podnik pěstuje například rajčata, okurky či listovou zeleninu, zavedení robotických systémů je relativně snadné. Lze také využít dílčí systémy a operace (výsev, sázení, chemická ochrana, odplevelování), které jsou společné pro různé druhy. Efektivní je zaměření na plodiny s podobnými pěstitelskými nároky (např. spon výsadby, výška porostu, tvar a velikost produkční části aj.), ale také nároky na konstrukci robotických systémů, což umožňuje standardizaci a zvyšuje účinnost robotizace. Výsledkem je konsolidace ploch do větších celků (ekonomicky zajímavé nad 20 ha), které lze snadněji obhospodařovat a robotizovat.

6. Využití technologií současnosti a digitalizace, AI, deep learning, real-time data

Současným trendem je práce s velkými objemy dat, jejich analýza statistickými metodami a nasazení umělé inteligence v reálném čase. Ta umožňuje vyhodnocovat komplexní i obrazová data a operativně podporovat rozhodování. Již dnes se například závlaha řídí podle požadavků plodiny a aktuálních klimatických podmínek. Do budoucna je ale nezbytné zavádět technologie pro ještě efektivnější řízení a predikci, které pomohou udržet či zvýšit výnosy a zároveň snížit plýtvání vodou, hnojivy a energiemi.

7. Možnost přizpůsobení techniky pro robotizaci

Kritérium souvisí se stávajícím vybavením podniku (agrotechnika, hmotný majetek, stavby, konstrukce, pěstované kultury) i s plánovanou investicí do robotizace. Na trhu existují samojízdné robotické systémy s příslušenstvím, které zvládají široký sortiment pracovních operací v rámci uplatňovaných technologických postupů, tak portálové či záhonové systémy pro kryté pěstitelské plochy, případně technika, která robotizuje jen samostatně vybrané operace.

U dílčích řešení je výhodné, pokud stroje disponují elektrickým nebo hydraulickým ovládáním, pohonem, řízením či senzory – taková

technika se dá snadno modernizovat. Příkladem je nahrazení hydraulického pohonu elektrickým, nebo mechanická hnojící botka variabilně řízenou jednotku. Podobné upgrady představují cenově dostupný první krok k robotizaci a umožňují ověřit vlastní připravenost. Inovace často rychleji zavádějí subjekty s menšími obhospodařovanými plochami s neoriginálním příslušenstvím než tradiční zahradnické subjekty Naopak stroje zastaralé, čistě mechanické či s uzavřeným systémem, který nedovoluje další rozšiřování funkcí, nejsou vhodné a vyžadují vyšší investice do nové techniky.

8. Přístup majitele k inovacím a ochota ke změnám, okolní prostředí, dostupnost technologií

Toto kritérium je vysoce individuální, ale zásadní. Klíčovou roli hraje vedoucí osoba – může ostatní nadchnout pro inovace, ale také projevit toleranci při komplikacích. Ochota ke změnám se odvíjí nejen od postoje majitele, ale i od kolektivu spolupracovníků, dostupnosti služeb, informací, technologií a servisu.

Významné jsou i regionální rozdíly. Ve prospěch podniků působí současná podpora rozvoje venkova, snaha udržet mladou generaci prostřednictvím pracovních příležitostí s vyšší přidanou hodnotou, důraz na ekologizaci i rostoucí podpora inovací. Vysoká ochota ke změnám je proto klíčovým předpokladem úspěšné robotizace.

Uvedená kritéria budou prezentována na modelovém příkladu pro lepší názornost a praktickou aplikaci.

Modelový příklad zelinářského provozu (tradiční rodinná farma)

Středně velká rodinná farma hospodaří na 25 ha, z čehož 10 ha je určeno pro pěstování zeleniny jako jsou cibule, mrkev a zelí. Farma disponuje základní mechanizací, ale moderní technologie zatím využívá minimálně. Pracuje zde průměrně 12 zaměstnanců s různou úrovní odborných znalostí. Provoz se nachází v rovinatém terénu s dobrým přístupem, avšak infrastruktura je základní.

Interpretace výsledku

Rodinná farma má poměrně dobré předpoklady pro zavedení robotizace, zejména díky rovinatému terénu a druhům pěstovaných plodin. Také inovativní myšlenky se lépe zavádí v užším, nebo rodinném kruhu. Infrastruktura a technologická úroveň jsou však omezené a investiční možnosti střední, což může implementaci zpomalit. Personál má střední znalosti, ale je třeba posílit vzdělávání v oblasti nových technologií. Výzvou bude získat dostatečné finanční prostředky pro zavedení robotických systémů. Rizika s ní spojené jsou ale s ohledem na podnik nižší.

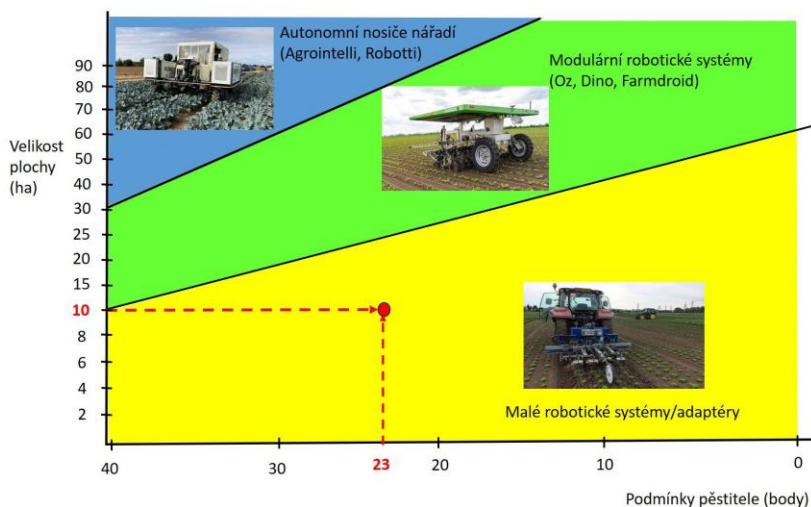
I: Hodnocení provozu A podle kritérií (1–5 body)

Kritérium	Popis situace	Body
Terénní podmínky, přístupnost ploch, překážky v porostu, dostupnost podniku	Rovina, bez omezení přístupu, ucelená plocha, minimum překážek, v dobré dojezdové vzdálenosti	5
Infrastruktura a technologická připravenost, současné pěstitelské technologie	Využívá meteostanice a sledování pomocí GPS, mapování porostů, omezené dobíjecí možnosti	3
Personální kapacity na všech úrovních, odborné znalosti a specializace pracovníků, dodavatelé	Střední úroveň znalostí, najímání brigádníků, starší struktura zaměstnanců, zájem rodiny i v regionu o práci	2
Ekonomická kondice podniku, schopnost získávání podpor a kapitálu, zvyšování efektivity	Střední, omezené investiční možnosti, nižší zkušenost s dotacemi	2
Druhové složení pěstovaných plodin, operace a nároky plodin, velikost ploch, nebo objem produkce	Poměrně homogenní, stabilní produkce, půdní i klimatické vlastnosti, typické plodiny, vhodné pro zpracování a možnou robotizaci	2
Využití technologií současnosti a digitalizace, AI, deep learning, real-time data	Omezené využití digitalizace, bez autonomních systémů, pouze sledování aktuálních dat, žádné analýzy	3
Možnost přizpůsobení techniky pro robotizaci	Částečně možné, novější technika s nutností částečných úprav a procesů	3
Přístup majitele k inovacím a ochota ke změnám, okolní prostředí, dostupnost technologií	Mírná ochota, ale vyčkávající postoj	3
Celkový bodový součet: 23 bodů ze 40 možných		

Doporučení

Zavádět robotické systémy postupně, začít se sběrem a vyhodnocování pěstitelských, klimatických a půdních dat a automatizovanými nástroji na přesné setí a sázení. Investovat do školení zaměstnanců v oblasti digitálních technologií. Vylepšit technologickou infrastrukturu, zejména přístup k rychlému internetu, senzorové síti, cloudovým službám a dobíjecím stanicím. Využívat možnosti dotačních programů na podporu inovací, rekvalifikace pracovníků atd., zvýšené náklady financovat z úvěrů a budoucích úspor.

Celkový získaný bodový součet u jednotlivých hodnotících kritérií (rozsah 8–40 bodů) vyjadřuje připravenost hodnoceného zelinářského subjektu z hlediska implementace robotických systémů. Pomocí Grafu 3 lze orientačně stanovit možnosti potenciálního výběru robotických zařízení s ohledem na jejich technickou a technologickou úroveň (od menších adaptérů a modulárních robotických systémů až po plně autonomní robotické nosiče), a to při současném zohlednění velikosti pěstitelských ploch určených pro zelinářskou produkci. Hranice mezi jednotlivými oblastmi racionálního uplatnění robotických systémů v zelinářství byly stanoveny na základě řady modelových výpočtů ekonomiky jednotlivých variant robotických systémů v závislosti na intenzitě jejich ročního využití. Pro modelový příklad zelinářského provozu je celkový bodový součet vyjádřen hodnotou 23, velikost ploch pozemků určených pro zelinářskou produkci je 10 ha. Průsečík bodového hodnocení a velikosti plochy leží v oblasti malých robotických systémů/adaptérů, které pro daný podnik představují perspektivní řešení.



3: Hodnocení zelinářského subjektu z hlediska možnosti implementace robotizace a potenciálního výběru robotických zařízení

5 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ V ZELINÁŘSKÝCH PROVOZECH

Ekonomické hodnocení provozu robotických zařízení v zelinářství představuje jeden z klíčových faktorů při rozhodování o jejich zavedení do pěstitelské praxe. Pořízení robota totiž neznamená pouze investici do samotného robotického stroje, ale vyvolává i řadu dalších souvisejících nákladů, které je nutné vzít v úvahu. Patří sem především amortizace (odpisy) z pořizovací ceny, jež kromě samotného stroje zahrnuje také náklady na dopravu, pojištění a případné školení obsluhy. Významnou složku tvoří dále náklady na spotřebovanou energii – ať už jde o pohonné hmoty nebo elektrickou energii – a pravidelný servis a údržbu. Odlišností oproti klasickým zemědělským strojům je nutnost zahrnout i výdaje spojené s provozem softwaru, konektivitu a telematických služeb, bez nichž robotické zařízení nelze plně využít. Konečně je nutné započítat i mzdové náklady na dohled či obsluhu, protože i autonomní robot vyžaduje kontrolu operátora při přepravě, nastavení nebo řešení neočekávaných situací. Samotné stanovení nákladovosti nelze zjednodušit pouze na paušální sazbu za jednu hodinu provozu, neboť jednotlivé robotické systémy liší pořizovací cenou, životností, výkonností i mírou využití. V praxi se proto využívají modelové výpočty, které vycházejí ze vstupních údajů, jako je pořizovací cena, zůstatková hodnota po ukončení životnosti, roční nasazení robota, spotřeba energie, náklady na opravy a údržbu či náklady na dohled obsluhy. Výsledkem je vyčíslení provozních nákladů na jednotku využití (Kč/h a Kč/ha), které poskytuje pěstiteli realističtější představu o skutečné ekonomice nasazení implementovaného robotického zařízení. Tyto modely rovněž umožňují variantní hodnocení – například posoudit vliv vyšší či nižší výkonnosti, odlišných terénních podmínek, velikosti obhospodařované plochy nebo frekvence jednotlivých operací. Hlavní složky provozních nákladů:

- amortizace (odpisy): závisí na pořizovací ceně a plánované životnosti
 - do pořizovací ceny je třeba zahrnout i náklady na dopravu stroje, na školení operátora a pojištění;
- náklady na pohonné hmoty (nafta/elektrická energie) a maziva;
- náklady na udržování stroje (servis a opravy);
- náklady na obsluhu stroje zahrnují:
 - pro traktory – všechny výdaje spojené se zaměstnáním pracovníka, který daný stroj obsluhuje (mzda včetně příplatků, mzdové režie, sociální a zdravotní pojištění, benefity);
 - pro roboty – dohled a obsluhu operátora (dopravu stroje, nastavení, bezpečnost, logistika), software, mapové služby, konektivita (RTK, SIM, telemetrie).

Výpočet celkových provozních nákladů (PN_j) robotického systému vychází z následujícího vztahu:

$$PN_j = FIXN_j + VARN_j,$$

kde:

$FIXN_j$ fixní náklady na jednotku využití (Kč/h, Kč/ha),

$VARN_j$ variabilní náklady na jednotku využití (Kč/h, Kč/ha).

Pro nákladové porovnání variant technického zabezpečení operací můžeme fixní náklady na jednotku využití stanovit podle zjednodušeného vzorce:

$$FIXN_j = C_p / (T_{odp} \times W_r),$$

kde:

C_p pořizovací cena stroje (Kč),

T_{odp} plánovaná doba odpisování stroje (r),

W_r roční využití stroje (h, ha).

Variabilní náklady se stanoví podle vzorce:

$$VARN_j = PHE_j + UO_j + ON_j$$

kde:

PHE_j náklady na pohonné hmoty a elektrickou energii na jednotku využití (Kč/h, Kč/ha),

UO_j náklady na udržování a opravy stroje na jednotku využití (Kč/h, Kč/ha),

ON_j osobní náklady obsluhy stroje na jednotku využití (Kč/h, Kč/ha).

Pozn.: provozní náklady na jednotku produkce (h, ha) závisí výrazným způsobem především na dvou hlavních faktorech – pořizovací ceně a možnostech ročního nasazení stroje.

Ekonomika využití robotických systémů v zelinářství se většinou posuzuje pomocí celkových provozních nákladů a jejich porovnání s alternativními způsoby zajištění konkrétní pracovní operace. Tento stav na konkrétních příkladech pracovních operací uplatňovaných při pěstování zelí hlávkového dokládá přehled modelových výpočtů zpracovaný pomocí modelovacího databázového programu AGROTEKIS, který využívá Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i. Hodnoceny byly 3 vybrané varianty, které zachycují:

- náhradu ruční okopávky (konzumní zelí) robotem s automatickou plečkou,
- náhradu traktorového návěsného sklízeče zelí hlávkového univerzálním robotickým nosičem s adaptérem pro sklizeň,

- porovnání ekonomiky standardního kolového traktoru s univerzálním robotickým nosičem.

Pro robotické stroje se při ekonomickém srovnávání uvažuje možnost získání investiční dotace ve výši 40 % pořizovací ceny.

Náhrada ruční okopávky robotem s automatickou plečkou

Pletí se v kultuře zelí hlávkového realizuje tradičním ručním způsobem a je spojeno s vysokou pracností. Zajišťuje se převážně s využitím brigádních pracovníků, jejich získávání je v zemědělství stále složitější a jejich osobní náklady rostou.

Pro srovnání jsou použity 3 varianty osobních nákladů (kromě vlastní mzdy musí zahrnovat všechny ostatní náklady spojené se zaměstnáváním brigádníka):

- 150 Kč/h – při současném zákonem dané minimální mzdě je to základní varianta odměňování,
- 200 Kč/h – patří dnes již k typickým osobním nákladům brigádníka,
- 250 Kč/h – při růstu minimální mzdy a zvyšujícím se nedostatku brigádníků je to varianta pro nadcházející období.

Perspektivní variantou pro ruční pletí je jeho mechanizované zajištění s využitím robotického systému. Pro modelový výpočet byla zvolena strojní souprava složená z robotického nosiče NAIIO DINO a dvouřádkové automatické plečky (plečka zajišťuje odstranění plevele v meziřadí i mezi rostlinami v řádku).

II: Investiční a provozní parametry systémů

	Robotický nosič NAIIO DINO	Automatická plečka 2ř.
Pořizovací cena (Kč)	2 700 000	1 200 000
Doba odpisování (rok)	5	5
Hodinová spotřeba (kWh/h)	3,1	1,5
Cena energie (Kč/kWh)	8,5	8,5
Náklady na obsluhu (Kč/h)	30	30
Opravy a udržování (Kč/h)	100	60
Fixní náklady (Kč/r)	540 000	240 000
Variabilní náklady (Kč/h)	156	103
Prov. náklady při využití 1 200 h/r (Kč/h)	606	-
Výkonnost soupravy (ha/h)		0,3

Pro výpočet provozních nákladů se uvažuje roční nasazení robotického nosiče na úrovni 1 200 h/r, výkonnost soupravy 0,3 ha/h. Investiční a provozní parametry obou systémů jsou uvedeny v Tab. II.

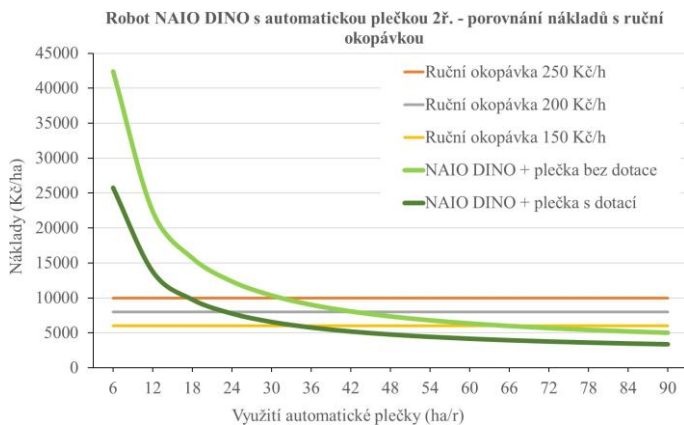
Průběh provozních nákladů soupravy a jeho porovnání s cenou za ruční pletí je variantně znázorněn v Grafu 4. Z grafu je zřejmé že s rostoucím nasazením automatické plečky klesají celkové provozní náklady soupravy a v určité úrovni ročního nasazení jsou již nižší než náklady na ruční pletí (tzv. bod zvratu).

Při pořízení strojů za plnou pořizovací cenu jsou tyto body zvratu:

- 66 ha pro osobní náklady na ruční pletí 150 Kč/h, 42,6 ha pro osobní náklady 200 Kč/ha a 31,4 pro osobní náklady 250 Kč/ha.

Při pořízení strojů s využitím dotací (40% pořizovací ceny) jsou tyto body zvratu:

- 34 ha pro osobní náklady ruční okopávky 150 Kč/h, 23,1 ha pro osobní náklady 200 Kč/ha a 17,5 pro osobní náklady 250 Kč/ha



4: Porovnání nákladů robotické a ruční okopávky hlávkového zelí

Náhrada traktorového návěsného sklízče hlávkového zelí univerzálním robotickým nosičem s adaptérem pro sklizeň

Pro sklizeň zelí se v současné době využívají dvě varianty sklízňových postupů využívajících:

- traktor kolový 50 kW + sklízňový vůz se sklízecím dopravníkem + obsluha sklízecího dopravníku, celkové náklady sklízňě se pohybují okolo 60 000 Kč/ha

- traktor kolový + sklízeč 1řádkový + obsluha 2 pracovníci, celkové náklady sklizně se pohybují okolo 25 000 Kč/ha.

Z hlediska využití robotických systémů lze perspektivně obě uvedené varianty nahradit univerzálním robotickým nosičem s adaptérem pro sklizeň. Pro modelový výpočet je uvažována souprava složená z univerzálního robotického nosiče ROBOTTI 150 D a robotického sklízeče RoboVeg. Pro výpočet provozních nákladů se uvažuje roční nasazení robotického nosiče na úrovni 1 400 h/r, výkonnost soupravy 0,08 ha/h. Investiční a provozní parametry obou systémů jsou uvedeny v Tab. III.

III: Investiční a provozní parametry systémů

	Robotický nosič ROBOTTI 150 D	Robotický sklízeč RoboVeg
Pořizovací cena (Kč)	6 000 000	2 000 000
Doba odpisování (rok)	5	5
Hodinová spotřeba (l/h)	7	-
Cena paliva (Kč/l)	30	-
Náklady na obsluhu (Kč/h)	30	-
Opravy a udržování (Kč/h)	150	120
Fixní náklady (Kč/r)	1 200 000	400 000
Variabilní náklady (Kč/h)	390	150
Prov. nákl. při využití 1 400 h/r (Kč/h)	1 247	-
Výkonnost soupravy (ha/h)		0,08

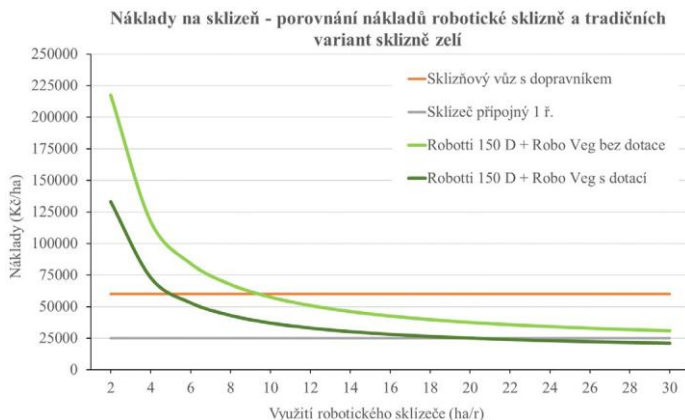
Průběh provozních nákladů soupravy tvořené robotickým nosičem s robotickým sklízecím a jejich porovnání s dvěma variantami standardních sklizňových postupů je variantně znázorněn v Grafu 5. Z grafu je zřejmé, že s rostoucím nasazením robotického sklízecího klesají celkové provozní náklady soupravy a v určité úrovni ročního nasazení jsou již nižší než náklady variantní sklizně.

Při pořízení strojů za plnou pořizovací cenu jsou tyto body zvratu:

- 53 ha při srovnání s 1 řádkovým sklízecím, 9,4 ha při srovnání se sklizňovým vozem se sklízecím dopravníkem.

Při pořízení strojů s využitím dotací jsou tyto body zvratu:

- 20,3 ha při srovnání s 1 řádkovým sklízecím, 5,1 ha při srovnání se sklizňovým vozem se sklízecím dopravníkem.



5: Porovnání nákladů tradiční a robotické sklizeň hlávkového zeli

Porovnání ekonomiky standardního kolového traktoru s univerzálním robotickým nosičem

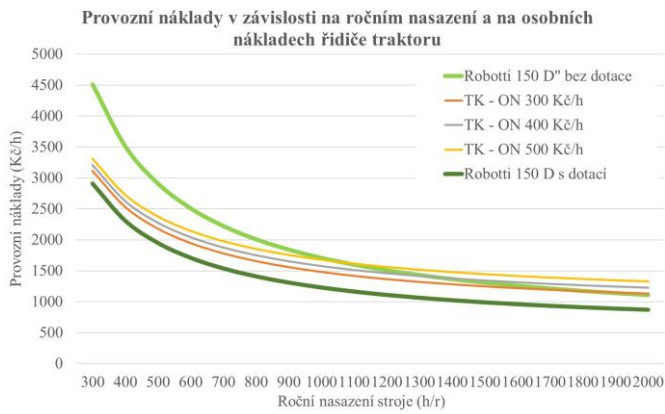
Pro modelový výpočet byl vybrán univerzální robotický nosič ROBOTTI 150 D. Jedná se o autonomní robotický nosič nářadí, hlavní určení je pro přípravu půdy, setí, plečkování, hnojení, postřik, sklizeň. Pohon zajišťuje diesel-elektrický hybrid (2 naftové motory s celkovým výkonem 104 kW + generátor + elektromotory). Pro ekonomické srovnání byl vybrán standardní kolový traktor 100 kW. Investiční a provozní parametry obou energetických prostředků jsou uvedeny v Tab. IV.

IV: Investiční a provozní parametry systémů

	Robotický nosič ROBOTTI 150 D	Traktor kolový (výkon motoru 100 kW)
Pořizovací cena (Kč)	6 000 000	3 500 000
Doba odpisování (rok)	5	5
Hodinová spotřeba (l/h)	11	11
Cena paliva (Kč/l)	30	30
Náklady na obsluhu (Kč/h)	30	300-400-500
Opravy a udržování (Kč/h)	150	150
Fixní náklady (Kč/r)	1 200 000	700 000
Variabilní náklady (Kč/h)	510	780 – 880 - 980

Osobní náklady kvalifikované obsluhy traktoru se dnes pohybují zpravidla mezi 300 až 400 Kč/h, ve službách mohou být i vyšší. Pro srovnání jsou tedy uvedeny provozní náklady traktoru pro osobní náklady řidiče pro 3 úrovně - 300, 400 a 500 Kč/h.

Průběh provozních nákladů univerzálního robotu a srovnatelného traktoru s řidičem jsou uvedeny v Grafu 6.



6: Porovnání provozních nákladů univerzálního robotu a kolového traktoru

Z grafu je zřejmé že s rostoucím nasazením traktoru i robotu klesají celkové jejich celkové provozní náklady. U traktoru je tento pokles z důvodu osobních nákladů řidiče pozvolnější než u robotického nosiče. I zde je tedy možno definovat body zvratu, kdy provozní náklady robotu začínají být nižší než provozní náklady traktoru s řidičem.

Při pořízení robotického nosiče bez dotace jsou tyto body zvratu 1 860 h/r při osobních nákladech řidiče 300 Kč/h, 1 350 h/r při osobních nákladech 400 Kč/h a 1 060 h/r při osobních nákladech 500 Kč/h.

Při pořízení robotického nosiče s využitím dotace jsou již provozní náklady univerzálního robotu v celé oblasti využití (přibližně od cca 100 h/r) nižší než u traktoru s řidičem.

Hodnocení robotických systémů v zelinářské produkci je úzce spojeno s ekonomickou efektivitou jejich provozu, kterou zásadně ovlivňují pořizovací náklady a míra ročního využití stroje. Přestože samotnou pořizovací cenu uživatel obvykle nemůže významně ovlivnit, investiční podpory v oblasti precizního zemědělství mohou představovat důležitý ekonomický stimul, snižující vstupní náklady až o polovinu. Klíčovým

faktorem zůstává zajištění dostatečné intenzity nasazení stroje, ať už prostřednictvím kombinace více funkcí robota, sdíleného vlastnictví mezi podniky nebo poskytování služby formou outsourcingu.

Na návratnost investice má dále vliv i kvalita a dostupnost servisu, referencí či náhradních dílů, což je zásadní zejména u nových nebo individuálně dovážených modelů. V podmínkách zelinářství se robotické systémy nejvíce uplatňují v činnostech náročných na manuální práci, kde jejich efektivita stoupá s rostoucí cenou lidské práce a nedostatkem sezónních pracovníků. Přínosem robotizace je také možnost přesnější aplikace hnojiv a přípravků na ochranu rostlin, což přispívá ke snižování provozních nákladů i environmentální zátěže.

Celkově lze konstatovat, že ekonomické hodnocení robotických systémů v zelinářství musí být komplexní a zahrnovat nejen pořizovací a provozní náklady, ale i širší dopady na produktivitu, kvalitu práce a udržitelnost produkce.

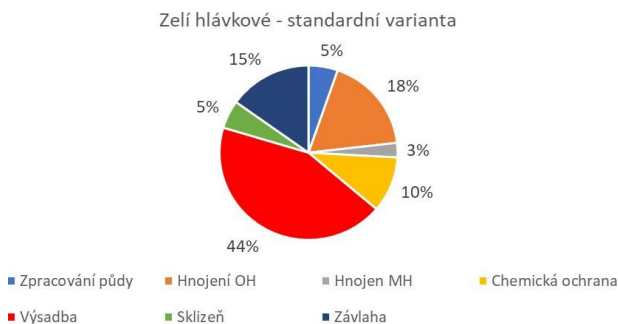
V provozních podmínkách zelinářských provozů se ekonomické aspekty neomezují pouze na hodnocení samotného provozu robotických systémů. V širším kontextu je možné modelovat i náklady na uplatňované varianty technologických postupů, kde robotické systémy nachází dílčí nebo plně uplatnění. Takové hodnocení sleduje postup všech navazujících pracovních operací v průběhu vegetace, od přípravy půdy a setí přes plečkování, ochranu rostlin a hnojení až po sklizeň. Do výpočtů se započítávají nejen náklady na mechanizaci a energii, ale i na lidskou práci, materiálové vstupy či opakovanost jednotlivých operací. Tímto způsobem lze určit celkové náklady na pěstování konkrétní plodiny a zároveň porovnat ekonomické rozdíly mezi technologiemi s využitím robotů a technologiemi bez jejich nasazení.

Modelování nákladů tedy umožňuje nejen vyhodnotit efektivnost jednotlivých robotických systémů, ale i posoudit ekonomickou vhodnost celého technologického postupu. V praxi lze takto identifikovat operace, kde robotizace přináší výrazné úspory a naopak operace, kde je ekonomický přínos sporný. Výsledné výpočty lze dále využít k rozhodování o investici do konkrétního typu robota, k odhadu návratnosti v závislosti na velikosti podniku či k vyčíslení rentability pěstování konkrétních druhů zeleniny.

Při zpracování modelových technologických postupů slouží jako vstupní údaje data zjištěná přímým šetřením a data zjištěná z evidenčních údajů u vybraných zelinářských provozů. Při zpracování modelových technologických postupů bylo zohledněno využívání perspektivních technologických operací s využitím moderních mechanizačních prostředků, snižování podílu ruční práce a snižování zátěže na životní prostředí, např. plošný postřik.

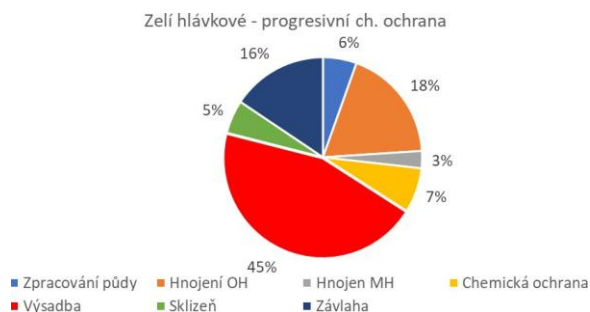
Při tvorbě jednotlivých technologických postupů je nejprve vytvořena základní kostra zachycující zajišťované hlavní pracovní operace. K této základní kostře pak mohou být v další fázi přiřazovány dílčí technologické operace, které jsou specifické z hlediska technického zajištění např. postřikovač doplněný o sadu kamer pro řízení aplikace lokální dávky herbicidu, robotické zařízení pro zpracování půdy, aplikaci pomocných látek či samotnou sklizeň aj. U jednotlivých pracovních operací jsou současně doplněny údaje o termínu jejich provedení (agrotechnická lhůta), údaje o opakovatelnosti v průběhu vegetace a rovněž údaje o druhu použitého materiálu (týká se operací, kde se předpokládají materiálové vstupy do technologického procesu). Výsledné celkové náklady na pěstování konkrétního druhu zeleniny (Kč.ha⁻¹) umožňují mj. provádět ekonomické rozborů, stanovit cenu produktu, či rozhodnout o rentabilitě pěstování zeleniny na daném stanovišti. Pro zjednodušení se uvádí celkové náklady na plodinu bez zahrnutí nepřímých nákladů (nájemné za půdu, odpis budov, režie, pojištění apod.). Při zpracování a ekonomickém hodnocení modelových variant technologických postupů modelovacího databázového programu AGROTEKIS. Obdobně jako při modelování nákladů na provoz strojů byly modely zpracovány pro zelí hlávkové.

První varianta vychází z uplatnění standardních konstrukcí mechanizačních prostředků, které jsou v současnosti v provozních podmínkách zelinářských provozů využívány (Tab. V). Rozdělení nákladových položek do skupin, podle charakteru prováděných operací (Graf 7) naznačuje, že nejvyšší podíl nákladů představuje sadba a její výsadba (43%), dále aplikace organických hnojiv (18%), závlaha (15%) a chemická ochrana (10%). Podstatně menší podíl nákladů pak připadá na sklizeň a odvoz produkce (5%), zpracování půdy (5%) a aplikaci minerálních hnojiv (3%).



7: Rozdělení nákladových položek do skupin pro technologický postup s využitím standardní mechanizace

Druhá varianta (Tab. VI) vychází z uplatnění progresivních mechanizačních prostředků vystihujících nejnovější vývojové trendy. Jedná se o zajištění chemické ochrany pomocí návěsného postřikovače v kombinaci se sadou kamer pro řízení aplikace lokální dávky pesticidu. Pořizovací cena je u tohoto postřikovače vyšší o 1,1 mil. Kč, což se odráží společně s nižší výkonností do celkové výše provozních nákladů soupravy. Ty jsou vyšší až o 45%. Rozdělení nákladových položek do skupin, podle charakteru prováděných operací pak u této inovované varianty technologického postupu (Graf 8) naznačuje, že nejvyšší podíl nákladů představuje sadba a její výsadba (45%), dále aplikace organických hnojiv (18%), závlaha (16%) a chemická ochrana (7%). Podstatně menší podíl nákladů pak připadá na sklizeň a odvoz produkce (5%), zpracování půdy (5%) a aplikaci minerálních hnojiv (3%).



8: Rozdělení nákladových položek do skupin pro technologický postup s využitím progresivní mechanizace pro chemickou ochranu

V provozní praxi však nesmí být opomíjeny další hlediska, ekonomické a především ekologické. Nasazení konstrukčně moderního postřikovače přináší až 80% úsporu při cílené aplikaci herbicidů. Chemická likvidace plevelných rostlin spočívá v jejich rychlé a správné detekci pomocí kamerových systémů s vysokým rozlišením (strojové vidění) v kombinaci s jejich identifikací pomocí umělé inteligence. Některé systémy využívají také infračervené nebo multispektrální senzory, které identifikují rozdíly mezi plodinami a plevelem na základě odrazivosti světla. Při identifikaci plevelných rostlin je následně na jejich povrch aplikována potřebná dávka herbicidu. Robotické systémy vybavené mikrotryskami dokáží navíc přesně řídit množství aplikovaného herbicidu. To je užitečné zejména u koncentrovaných přípravků s vysokou účinností, kde je klíčová

přesnost jejich aplikace. Poměrně často je uplatňován systém pulzní modulace (z angl. PWM – Pulse Width Modulation). Tato technologie reguluje množství aplikovaného herbicidu prostřednictvím rychlého spínání a vypínání trysky, což umožňuje rovnoměrnou a přesnou distribuci bez ohledu na rychlost pohybu robotického systému. Místo kontinuálního průtoku kapaliny se aplikační tryska rychle otevírá a zavírá pouze v určitých intervalech. Moderní postřikovač může v porovnání s tradiční paušální plošnou aplikací dosáhnout až 50% úsporu při aplikaci fungicidů a insekticidů. Systémy detekce patogenů fungují obdobně jako systémy uplatňované při detekci plevelných rostlin. Patogeny (choroba, škůdce) identifikované na povrchu pěstovaných rostlin jsou pak v konečném efektu zasaženy potřebnou dávkou přípravku. Při současných cenách přípravků na ochranu rostlin tak lze dosáhnout reálnou úsporu nákladů ve výši 30–60%. Vedle těchto úspor má nesporný význam celková ekologizace produkce, vedoucí k omezení zátěže životního prostředí. V současnosti platná legislativa Evropské unie klade velký důraz na bezpečnost a zdravotní nezávadnost všech zemědělských produktů. Z pohledu využívání ochranných přípravků je snahou sjednotit pravidla pro jejich používání a nakládání s nimi ve všech členských zemích EU a zabezpečit tak co nejvyšší kvalitu a zdravotní nezávadnost produktů prvovýroby.

6 ZDŮVODNĚNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Zelinařství je tradičně velmi náročné na lidskou práci, zejména v oblastech výsadby, péče o porost a sklizně. Zavedení moderních robotických systémů do těchto činností znamená zásadní inovaci pěstitelských postupů, přičemž technologická řešení přinášejí nové možnosti jak z hlediska přesnosti, tak i efektivity prováděných operací. Navržené postupy hodnocení zavedení robotických systémů do zelinářských provozů představují proto nejen metodický nástroj, ale i reakci na nové technologické paradigma, které výrazně mění tradiční přístupy k pěstování zeleniny.

Navržený hodnotící postup tak umožňuje komplexní a objektivní posouzení připravenosti a vhodnosti konkrétního zelinářského provozu pro zavedení těchto moderních robotických systémů. Kombinace osmi kritérií zahrnujících terénní podmínky, personální kapacitu, ekonomickou kondici, technologickou připravenost i ochotu k inovacím přináší systematický přístup, který eliminuje subjektivní rozhodování a zvyšuje šanci na efektivní a udržitelné zavedení robotizace.

Tímto způsobem dochází ke kvalitativnímu posunu v metodice rozhodování, která odráží nejen technologické možnosti, ale i reálné podmínky provozu, přičemž podporuje dlouhodobou konkurenceschopnost, environmentální udržitelnost a optimalizaci pracovních nákladů v zelinářském sektoru. Navržený postup hodnocení tak představuje novinku s významným přínosem pro praktickou implementaci robotických systémů a jejich integraci do moderního zemědělského managementu.

7 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Předložená metodika hodnotí vhodnost zelinářských provozů pro zavedení robotických systémů a prezentuje jejich ekonomické výhody. Metodiku lze využít v oblasti zemědělského poradenství, odborného školství, výzkumné a vzdělávací sféry, nebo jako podpůrný nástroj v rozhodovacích procesech v rámci dotační či inovační politiky orgánů státní správy.

Metodika poskytuje systematický nástroj pro posouzení provozní připravenosti podniku na zavedení autonomních nebo poloautonomních robotických systémů. Její aplikací lze identifikovat slabá místa a překážky bránící efektivní implementaci moderních technologií, stejně jako zvýraznit oblasti s vysokým inovačním potenciálem. Metodika je navržena tak, aby umožnila porovnávání různých typů provozů podle jednotných kritérií a zároveň zohlednila specifika jednotlivých podniků. Uplatnění nachází zejména v těch provozech, které zvažují přechod od tradičních technologií k inteligentní mechanizaci a digitalizaci pěstitelských operací.

Vědecko-výzkumný přínos

metodiky spočívá ve vytvoření jednotného rámce pro posuzování zavádění robotizace v oblasti intenzivního pěstování zeleniny. Tato oblast dosud postrádala ucelené hodnocení provozní připravenosti s důrazem na technologickou adaptabilitu, personální kapacity, ekonomickou situaci a míru digitalizace.

Technicko-provozní přínos

spočívá v přímém využití při plánování investic, zvyšování produktivity a snižování závislosti na lidské pracovní síle, zejména v úzce specializovaných operacích jako je výsadba, mechanické ošetřování porostu nebo sklizeň.

Ekonomický přínos

metodiky vychází ze schopnosti cíleně řídit investice do nových technologií na základě skutečných provozních podmínek a návratnosti, čímž se minimalizují rizika z neefektivních nákupů.

Environmentální přínos

zavádění autonomních technologií dle výsledků metodiky spočívá ve snížení zatížení půdy opakovanými přejezdy, přesnějším dávkování vstupů (např. pesticidů nebo hnojiv) a cílených zásazích, které vedou k šetrnějšímu hospodaření.

Metodika je navržena jako otevřený rámec, který lze aktualizovat či rozšiřovat s ohledem na technologický vývoj a proměny zemědělské

praxe. Lze ji aplikovat samostatně (např. při rozhodování v konkrétním podniku) nebo jako součást širších projektů zaměřených na modernizaci a inovace v zemědělství.

K uplatnění této metodiky došlo u následujících subjektů:

- LEROZA s.r.o., Slovácká 797, 691 44 Lednice,
- David Smetana, Klacovská 50, Svobodné Dvory, 503 11, Hradec Králové.

8 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Zavádění autonomních a poloautonomních robotických systémů do zelinářské výroby představuje výrazný kvalitativní posun v technologickém zajištění pracovních operací, zároveň však s sebou přináší specifické ekonomické dopady, které je nutno důkladně zvažovat.

Z analýzy technologických postupů využívaných při pěstování zeleniny vyplývá, že nejvyšší nákladové položky jsou spojeny se sadbou, výsadbou, závlahou a aplikací organických hnojiv. Podíl lidské práce, zde stále představuje významnou nákladovou položku, a zároveň je spojen s problémem sezónní dostupnosti a kvalifikovanosti pracovní síly.

V tomto kontextu nabízí zavádění robotických systémů alternativní řešení, nikoliv jen jako náhradu lidské práce, ale jako datově řízený nástroj zvyšující efektivitu, přesnost a predikovatelnost péstitelských zásahů.

Ekonomická analýza modelových variant ukazuje, že pořízení moderních robotických nebo kamerově řízených zařízení (např. pro cílenou aplikaci pesticidů nebo autonomní výsadbu) je spojeno s vyšší vstupní investicí – často o stovky tisíc až jednotky milionů Kč než u tradiční techniky. Tento nárůst nákladů se následně projevuje v provozních nákladech (zejména odpisy), které mohou být až o 40–50 % vyšší ve srovnání se standardními systémy.

Zároveň však dochází k významným provozním úsporám:

- Snížení spotřeby hnojiv, POR, nebo závlahové vody až o 30–80 % díky cílené a selektivní aplikaci (strojové vidění, PWM trysky, mikrodávkování).
- Redukce potřeby lidské práce při kontrole porostů, ale zejména ve výsadbě nebo sklizni (úspora až desítek h/ha).
- Snížení počtu přejezdů – robotické platformy často kombinují více operací do jednoho průjezdu, stroje neutužují půdu a většinou potřebují užší uličky.
- Přesnější agrotechnické zásahy zajišťující vyšší kvalitu výpěstků, splnění standardů nízkoreziduální produkce a potenciálně vyšší tržní cenu produkce.
- Při vhodném energomanagementu i nižší náklady na energie.

Z ekonomických modelů vyplývá, že návratnost investice do autonomních systémů je silně závislá na:

- Velikosti obhospodařované plochy – čím větší rozsah, tím rychlejší návratnost.
- Počtu opakování dané operace v sezóně – např. častá aplikace přípravků zvyšuje efekt přínosu cíleného postřiku.
- Intenzitě produkce a míře ztrát při tradičním způsobu pěstování (např. u sklizně nebo ošetření porostu).

- Možnosti využití zařízení pro více druhů plodin nebo v rámci sdílení mezi podniky.

Výsledky ekonomických výpočtů ukazují, že v provozech s více než 20 ha zeleniny a vyšším stupněm intenzifikace pěstování se návratnost investice do vybraných robotických technologií pohybuje mezi 4–6 lety, přičemž při využití dotačních titulů nebo sdíleného vlastnictví lze tuto dobu výrazně zkrátit.

Ekonomické aspekty zavádění robotických systémů v zelinářství nelze redukovat pouze na prostou náhradu lidské práce. Klíčovým benefitem je větší nezávislosti na sezónní pracovní síle, komplexní zefektivnění výrobního procesu, zvýšení přesnosti a predikovatelnosti agrotechnických zásahů, a zároveň možnost ekologizace produkce v souladu s legislativními a společenskými požadavky na udržitelnou zemědělskou činnost.

ZÁVĚR

Metodika řeší problematiku praktického využití moderních autonomních a poloautonomních technologií v podmínkách polní zelinářské produkce. Zaměřuje se zejména na možnosti uplatnění robotických systémů při výsadbě, ošetřování porostu, sklizni a cílené aplikaci přípravků na ochranu rostlin. Tyto činnosti patří mezi nejpracnější a zároveň klíčové operace z hlediska kvality i ekonomiky produkce zeleniny. Zavedení robotických platforem s pokročilým systémovým řízením, senzoricou a schopností adaptivní reakce na podmínky porostu představuje zásadní inovaci oproti standardní mechanizaci.

Metodika přináší praktický návod, jak robotické technologie systematicky zařazovat do pěstebních postupů spojených s pěstováním zeleniny. Pomocí modelových technologických variant jsou popsány konkrétní pracovní operace v průběhu vegetace, včetně jejich technického a ekonomického zhodnocení. Pozornost je věnována i novým formám selektivního postřiku s využitím systémů strojového vidění a cílené aplikace herbicidů, fungicidů nebo insekticidů.

Důraz je kladen na ekonomické aspekty, které ukazují, že zavádění pokročilých technologií sice vyžaduje vyšší vstupní investice, ale zároveň vede k výrazným úsporám ve spotřebě přípravků, snížení podílu ruční práce a vyšší efektivitě provozu. V souhrnu dochází k výraznému posunu směrem k udržitelnějšímu způsobu hospodaření, a to jak z hlediska ekonomiky, tak environmentálních dopadů.

Metodika je určena především pro podniky zabývající se intenzivním pěstováním zeleniny v podmínkách České republiky, ale její přínos je přenositelný i do dalších produkčních oblastí. Uplatnění nalezne rovněž v rámci zemědělského poradenství, u orgánů státní správy, při přípravě dotačních titulů, a v neposlední řadě také jako podklad pro strategická rozhodování v oblasti výzkumu, vývoje a investičního plánování v agropotravinářském sektoru.

Z hlediska dlouhodobého vývoje představuje metodika koncepční příspěvek ke zvýšení technické úrovně českého zelinářství a k jeho přechodu na datově řízené, přesné a environmentálně šetrné pěstitelské postupy.

LITERATURA

1. MARINOUDI, V.; SØRENSEN, C. G.; PEARSON, S.; BOCHTIS, D. 2019. Robotics and labour in agriculture. A context consideration. *Biosystems Engineering*. 184, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.06.013>
2. PEDERSEN, S. M.; FOUNTAS, S.; HAVE, H.; BLACKMORE, S. 2006. Agricultural robots—System analysis and economic feasibility. *Precision Agriculture*. 7, 295–308. <https://doi.org/10.1007/s11119-006-9014-9>
3. PEDERSEN, S. M.; FOUNTAS, S.; SØRENSEN, C. G.; VAN EVERT, F. K.; BLACKMORE, B. S. 2017. Robotic Seeding: Economic Perspectives. In: PEDERSEN, S. M., LIND, K. M., (Eds.). *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*. Cham.: Springer International Publishing, pp. 167–179.
4. BLACKMORE, S.; GRIEPENTROG, H. W.; FOUNTAS, S.; GEMTOS, T. 2007. A specification for an autonomous crop production mechanization system. *Acta Horti*. 824, 201–216. <https://doi.org/10.17660/ActaHort.2009.824.23>
5. FOUNTAS, S.; BLACKMORE, S.; VOUGIOUKAS, S.; TANG, L.; SØRENSEN, C.; JØRGENSEN, R. 2007. Decomposition of Agricultural tasks into Robotic Behaviours. *Agricultural Engineering International*. IX.
6. REINA, G.; MILELLA, A.; GALATI, R. 2017. Terrain assessment for precision agriculture using vehicle dynamic modelling. *Biosystems Engineering*. 162, 124–139. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.06.025>
7. FERNANDES, H. R.; GARCIA, A. P. 2018. Design and control of an active suspension system for unmanned agricultural vehicles for field operations. *Biosystems Engineering*. 174, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.06.016>
8. BOCHTIS, D.; GRIEPENTROG, H. W.; VOUGIOUKAS, S.; BUSATO, P.; REMIGIO, B.; KUN, Z. 2015. Route planning for orchard operations. *Computers and Electronics in Agriculture*. 113, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.12.024>
9. BOCHTIS, D. D.; VOUGIOUKAS, S. G.; GRIEPENTROG, H. W. 2009. A Mission Planner for an Autonomous Tractor. *Transactions of the ASABE*. 52, 1429–1440. <https://doi.org/10.13031/2013.29123>
10. YANG, L.; NOGUCHI, N. 2012. Human detection for a robot tractor using omni-directional stereo vision. *Computers and Electronics in Agriculture*. 89, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.08.011>

11. ZHANG, C.; NOGUCHI, N.; YANG, L. 2016. Leader–follower system using two robot tractors to improve work efficiency. *Computers and Electronics in Agriculture*. 121, 269–281. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.12.015>
12. NOGUCHI, N.; WILL, J.; REID, J.; ZHANG, Q. 2004. Development of a master–slave robot system for farm operations. *Computers and Electronics in Agriculture*. 44, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.01.006>
13. SHAMSHIRI, R.; WELTZIEN, C.; HAMEED, I.; YULE, I.; GRIFT, T.; BALASUNDRAM,S.;PITONAKOVA,L.;AHMADD,D.;CHOWDHARY,G. 2018. Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 11(4), 1–14. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181104.4278>
14. KRISHNASWAMY RANGARAJAN, A.; RAJA, P.; PÉREZ-RUIZ, M. 2017. Task-based agricultural mobile robots in arable farming: A review. *Spanish journal of agricultural research*. 15(1), e02R01. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017151-9573>
15. TSOLAKIS, N.; BECHTIS, D.; BOCHTIS, D. 2019. AgROS: A Robot Operating System Based Emulation Tool for Agricultural Robotics. *Agronomy*. 9(7), 403. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070403>
16. SLAUGHTER, D. C.; GILES, D. K.; DOWNEY, D. 2008. Autonomous robotic weed control systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 61, 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.05.008>
17. BECHAR, A.; VIGNEAULT, C. 2017. Agricultural robots for field operations.Part2:Operationsandsystems.*BiosystemsEngineering*. 153, 110–128. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.11.004>
18. FOUNTAS, S.; GEMTOS, T. A.; BLACKMORE, S. 2010. Robotics and Sustainability in Soil Engineering. In: DEDOUSIS, A. P.; BARTZANAS, T., (Eds.). *Soil Engineering*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. pp. 69–80.

PUBLIKACE PŘEDCHÁZEJÍCÍ METODICE

- BURG, Patrik; ČERVINKA, Lukáš. 2018. Uplatnění robotických systémů při řezu révy vinné. *Vinaiský obzor*. 111(3), 128–129. ISSN 1212-7884
- BURG, Patrik; ZATLOUKAL, Patrik. 2019. Nové metody regulace růstu plevelných rostlin. *Zahradnictví*. 18(6), 54–56. ISSN 1213-7596
- BURG, Patrik; ZEMÁNEK, Pavel. 2020. Autonomní energetické prostředky do vinohradnictví. *Vinaiský obzor*. 113(1), 22–23. ISSN 1212-7884
- BURG, Patrik. 2023. Využití autonomních robotických systémů ve vinohradnictví a ovocnářství. *Vinai-sadai*. (5), 36–38. ISSN 1804-3054
- MAŠÁN, Vladimír; FERBY, Vojtěch; SLANÝ, Vlastimil. 2024. Inovace v produkci zelenin na dosah robotické ruky. *Zahradnictví*. 23(5), 40–42. ISSN 1213-7596
- BURG, Patrik; MAŠÁN, Vladimír; SLANÝ, Vlastimil. 2024. Uplatnění robotických systémů v zelinářské produkci. *Zahradnictví*. 23(12), 46–48. ISSN 1213-7596
- MAŠÁN, Vladimír; FERBY, Vojtěch; SLANÝ, Vlastimil. 2025. Zavádění robotizace v zelinářských provozech – I. díl. *Zahradnictví*. 24(1), 20–22. ISSN 1213-7596
- MAŠÁN, Vladimír; SLANÝ, Vlastimil; FERBY, Vojtěch. 2025. Správná rozhodnutí při zavádění robotizace budou klíčová. *Zahradnictví*. 24(3), 40–42. ISSN 1213-7596
- SLANÝ, Vlastimil; JANČA, Jan; KODÝTEK, Jan; KUBÍN, Tomáš. 2025. Zavádění robotizace v zelinářských provozech – II. díl. Znalostní ekonomika je podmínkou. *Zahradnictví*. 24(6), 23–25. ISSN 1213-7596

PŘÍLOHY

V: Náklady technologických operací na 1 ha pro zelí hlávkové, var. konvenční – s orbou

Číslo-Název operace	Materiálové vstupy					Technické zajištění operace					
	Opak.	Název	Množství MJ/ha	Cena Kč/MJ	Náklady Kč/ha	Souprava	Normativy			Náklady Kč/ha	Náklady
							h/ha	l/ha	Kč/ha		
10-Doprava a rozmetání vápence	1x	Vápenec granulovaný	2 t	6079	12158	TK 80 - 99 kW Rozmetadla TMH návesná 6000 l	0.33	3.6	495	495	12653
20-Doprava a rozmetání hnoje a ko	1x	Chlévský hnůj	30 t	300	9000	TK 80 - 99 kW Rozmetadla hnoje návesné 10 t	1.67	22	2786	2786	11786
30-Hluboká orba s úpravou brázd	1x		0	0	0	TK 150-180 kW Kypřič s pluh oboustranný 6 radl.	0.91	29	2392	2392	2392
40-Smykování a vláčení	1x		0	0	0	TK 120-150 kW Branosmyky 6 m	0.25	5.5	478	478	478
50-Kypření půdy s přihnojením	1x	Síran amonný	0.08 (t)	8030	642	TK 150-180 kW Kypřič s přihnojením 3 m	0.5	13	1230	1230	1872
60-Plošný postřik	1x	Colzamid	2.78 (l)	666	1851	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	2146
65-Podmítka mělká	1x		0	0	0	TK 80-89 kW Podmítače 4,5m	0.33	4.6	557	478	478
70-Dovoz sadby	1x					TK 60 - 69 kW Náves 5 t	1	5.2	737	737	737
80-Výsadba	1x	Balíčkováná sadba	33000	1.7	56100	TK 50-59 kW Sazeč zeleniny 2ř	1.67	12	2554	2554	58654
90-Plošný postřik	1x	Agil 100 EC	0.7 (l)	1359	951	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	1246
100-Plečkování meziřádkové	1x					TK 60 - 69 kW Plečka 4,5 m	0.45	3.8	533	533	533
110-Plošný postřik	1x	Stratos Ultra	3.5 (l)	885	3098	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	3393
120-Plečkování a jednocení	1x		0	0	0	TK 60 - 69 kW Plečka automatická 4 ř	1.2	3.6	2121	2121	2121
130-Doprava a rozmetání TMH	1x	Ladek amonný s dolomitem	0.1	7480	748	TK 60 - 69 kW Rozmetadla návesná 3000 l	0.14	1.2	161	161	909
140-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Insekticid Af firm	1.5 (l)	952	1428	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	1723
150-Doprava a rozmetání TMH	1x	Ladek amonný s dolomitem	0.1	7480	748	TK 60 - 69 kW Rozmetadla návesná 3000 l	0.14	1.2	161	161	909
160-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Decis Forte	0.075 (l)	3182	239	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	534
170-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Chamane	1 (l)	1269	1269	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	1564
180-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Sherpa 100 EV	0.3 (l)	599	180	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	475
190-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Ortiva	1 (l)	2170	2170	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	2465
200-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Movento 100 SC	0.075 (l)	3598	270	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	295	295	565
210-Sklizeň zelí	1x	Zelí bílé	42 (t)	6500	273000	TK 60 - 69 kW Sklizeč zelí 1ř.	6	20	5500	5500	5500
220-Doprava zelí	1x		0	0	0	TK80 - 99 kW Náves 5 t	2	15	1650	1650	1650
230-drcení posklizňových zbytků	1x					TK 100-120 kW Mulčovače připojné 4 m	0.4	7.8	684	684	684
240-Podmítka talířová 120mm	1x		0	0	0	TK 150-180 kW Talířový kypřič 6 m	0.25	4.6	575	575	575
250-Závlaha										20700	20700
Plodina celkem *					90852		19	162		45890	136742

VI: Náklady technologických operací na 1 ha pro zelí hlávkové, var. s uplatněním robot. techniky

Číslo-Název operace	Materiálové vstupy					Technické zajištění operace				Náklady	
	Opak.	Název	Množství MJ/ha	Cena Kč/MJ	Náklad Kč/ha	Souprava		Normativy			Náklady Kč/ha
						R/ha	I/ha	Kč/ha	Kč/ha		
10-Doprava a rozmetání vápence	1x	Vápenec granulovaný	2 t	6079	12158	TK 80 - 99 kW Rozmetadla TMH návesná 6000 l	0.33	3.6	495	495	12653
20-Doprava a rozmetání hnoje a ko	1x	Chlévský hnůj	30 t	300	9000	TK 80 - 99 kW Rozmetadla hnoje návesné 10 t	1.67	22	2786	2786	11786
30-Hluboká orba s úpravou brázd	1x		0	0	0	TK 150-180 kW Pluh oboustranný 6 radl.	0.91	29	2392	2392	2392
40-Smykování a vláčení	1x		0	0	0	TK 120-150 kW Branosmyky 6 m	0.25	5.5	478	478	478
50-Kypření půdy s přihnojením	1x	Síran amonný	0.08	8030	642	TK 150-180 kW Kypřiče s přihnojením 3	0.5	13	1230	1230	1872
60-Plošný postřik	1x	Colzamid (I)	0.95	666	633	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	1170
65-Podmítka mělká	1x		0	0	0	TK 80-89 kW Podmítače 4,5m	0.33	4.6	557	478	478
70-Dovoz sadby	1x					TK 60 - 69 kW Náve 5 t	1	5.2	737	737	737
80-Výsadba	1x	Balíčkováná sadba	33000	1.7	56100	TK 50-59 kW Sazeč zeleniny 2ř	1.67	12	2554	2554	58654
90-Plošný postřik	1x	Agil 100 EC (I)	0.23	1359	313	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	850
100-Plečkování mezířádkové	1x					TK 60 - 69 kW Plečka 4,5 m	0.45	3.8	533	533	533
110-Plošný postřik	1x	Stratos Ultra (I)	1.15	885	1018	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	1555
120-Plečkování a jednocení	1x		0	0	0	TK 60 - 69 kW Plečka automatická 4 ř	1.2	3.6	2121	2121	2121
130-Doprava a rozmetání TMH	1x	Ladek amonný s dolomitem	0.1	7480	748	TK 60 - 69 kW Rozmetadla návesná 3000 l	0.14	1.2	161	161	909
140-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Insekticid Affirm (I)	0.75	952	714	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	1251
150-Doprava a rozmetání TMH	1x	Ladek amonný s dolomitem	0.1	7480	748	TK 60 - 69 kW Rozmetadla návesná 3000 l	0.14	1.2	161	161	909
160-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Decis Forte (I)	0.037	3182	118	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	655
170-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Chamane (I)	0.5	1269	635	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	1172
180-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Sherpa 100 EV (I)	0.15	599	90	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	627
190-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Ortiva (I)	0.5	2170	1085	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	1622
200-Plošný postřik - dávka do 300	1x	Movento 100 SC (I)	0.037	3598	133	TK 60 - 69 kW Postřikovače návesné 3000 l	0.2	1.2	537	537	670
210-Sklizeň zelí	1x	Zelí bílé (t)	42	6500	273000	TK 60 - 69 kW Sklizeň zelí řř.	6	20	5500	5500	5500
220-Doprava zelí	1x		0	0	0	TK80 - 99 kW Náve 5 t	2	15	1650	1650	1650
230-drcení posklizňových zbytků	1x					TK 100-120 kW Mulčovače přípojné 4 m	0.4	7.8	684	684	684
240-Submítka talířová 120mm	1x		0	0	0	TK 150-180 kW Talířový kypřič 6 m	0.25	4.6	575	575	575
250-Závlaha										20700	20700
Plodina celkem *					84134		19	162		48068	132202

Název: Nasazení robotických platforem v zelinářské produkci
Certifikovaná metodika

Autoři: Vladimír Mašán, Patrik Burg, Vlastimil Slaný, Robert Pokluda,
Milan Kroulík, Vojtěch Ferby, Jan Janča, Jan Kodýtek

Vydala: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: první, 2025

ISBN 978-80-7701-059-7