

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



**Bakalářská práce**

**Autonomní vozidla a jejich vývoj**

**Teleshman Vladislav**

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vladislav Teleshman

Technologická zařízení staveb  
Zařízení v agropotravinářském komplexu

Název práce

**Autonomní vozidla a jejich vývoj**

Název anglicky

**Autonomous vehicles and their development**

---

## Cíle práce

Cílem práce je literární rešerše zabývající se autonomními vozidly, jejich vývojem a použitím v agropotravinářském komplexu

## Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Přehled řešené problematiky
4. Závěr
5. Seznam použitých zdrojů
6. Přílohy

### **Doporučený rozsah práce**

30-40 str. včetně obrázků, tabulek a grafů

### **Klíčová slova**

čidlo, asistent, jízdní pruh

---

### **Doporučené zdroje informací**

ČERNÝ, David, Ondřej VACULÍN a Petr ZÁMEČNÍK, ed. Automatizované řízení vozidel a autonomní doprava: technické a humanitní perspektivy. Praha: Academia, 2022. ISBN 978-80-200-3358-1.

FIALOVÁ, Eva, Ján MATEJKA, Veronika PŘÍBAŇ ŽOLNERČÍKOVÁ a Alžběta SOLARCZYK KRAUSOVÁ.

Odpovědnost za škodu z provozu autonomních vozidel. Praha: Leges, 2022. Teoretik. ISBN 978-80-7502-626-2.

HROMÁDKO, J. Speciální spalovací motory a alternativní pohony : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.

WINSTON, Clifford a Quentin KARPILOW. Autonomous vehicles: the road to economic growth?.

Washington: Brookings Institution Press, 2020. ISBN 9780815738572.

---

### **Předběžný termín obhajoby**

2023/2024 LS – TF

### **Vedoucí práce**

Ing. Jakub Mařík, Ph.D.

### **Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2023

**doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2023

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

---

V Praze dne 08. 06. 2023

---

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Autonomní vozidla a jejich vývoj" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2024

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jakubu Maříkovi, Ph.D., za jeho přátelský přístup a pomoc během psaní této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval doc. Ing. Petrovi Vaculíkovi, Ph.D., za jeho cenné konzultační příspěvky a odborné rady. Jejich podpora přispěla k úspěšnému dokončení této bakalářské práce a za to jim velmi děkuji.

# Autonomní vozidla a jejich vývoj

## Abstrakt

Práce se zaměřuje na problematiku autonomních vozidel v agropotravinářském komplexu. Tyto vozidla představují revoluční technologii, která nabízí možnost zvýšení preciznosti práce, efektivity a současně snížení nákladů. V rámci práce jsou analyzovány přínosy autonomních vozidel a zkoumány jejich technologie. Důraz je kladen také na existující modely autonomních systémů a jejich aplikace na moderních farmách.

**Klíčová slova:** čidlo, zemědělství 4.0, moderní technologie, automatizace, internet věcí (IoT), interní logistika, automatické navigační systémy, precizní zemědělství.

# **Autonomous vehicles and their development**

## **Abstract**

The thesis focuses on the issue of autonomous vehicles in the agri-food complex. These vehicles represent a revolutionary technology that offers the possibility of increasing work precision, efficiency, and simultaneously reducing costs. The thesis analyzes the benefits of autonomous vehicles and examines their technologies. Emphasis is also placed on existing models of autonomous systems and their applications on modern farms.

**Keywords:** sensor, agriculture 4.0, modern technology, automation, internet of things (IoT), internal logistics, automatic navigation systems, precision agriculture.

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>12</b>
<b>3 Přehled řešené problematiky .....</b>	<b>13</b>
3.1 Výzvy a příležitosti v potravinářsko-zemědělském sektoru .....	13
3.2 Zemědělství 4.0 .....	13
3.3 Hlavní výhody autonomních vozidel .....	15
3.3.1 Zvýšení efektivity práce.....	16
3.3.2 Zlepšení využití zdrojů a ekologické udržitelnosti .....	16
3.3.3 Snížení nákladů na pracovní sílu .....	16
3.3.4 Ochrana lidského zdraví a zvyšování bezpečnosti .....	17
3.3.5 Zlepšení správy dat .....	17
3.4 Potenciální nevýhody autonomních vozidel .....	18
3.4.1 Velké pořizovací náklady .....	18
3.4.2 Význam infrastruktury a nepřetržitého provozu senzorů .....	19
3.4.3 Omezení autonomních systémů .....	19
3.5 Čidla a technologie.....	20
3.5.1 GPS a IMU.....	20
3.5.2 LIDAR .....	21
3.5.3 RADAR .....	21
3.5.4 Ultrazvukové senzory .....	21
3.5.5 Videokamery.....	22
3.5.6 Transpondéry .....	22
3.6 Typy autonomních vozidel.....	22
3.6.1 Autonomní vozidla pro zemědělství .....	24
Autonomní odplevelovací stroj .....	24
Samočinně řízené traktory značky Monarch .....	25
Autonomní traktory značky Yanmar .....	27
Autonomní Traktor Agxeed .....	29
3.6.2 Autonomní vozidla pro chov hospodářských zvířat .....	30
Autonomní krmný voz Lely Vector .....	31
Autonomní krmní přihrnovače .....	33
Autonomní krmný voz Verti-Q .....	35
Autonomní roboti pro odstraňování hnoje .....	36
3.6.3 Univerzální autonomní vozidlo Lely Exos .....	38
<b>4 Závěr.....</b>	<b>41</b>
<b>5 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>42</b>



## Seznam obrázků

Obrázek 1 Ukázka rozdělení mapy na sektory (Zdroj: [23]) .....	15
Obrázek 2 Komunikace mezi autonomními stroji (Zdroj: [23]).....	23
Obrázek 3 Autonomní laserweeder (Zdroj: [12]) .....	25
Obrázek 4 MK-V Tractor (Zdroj: [11]) .....	26
Obrázek 5 Autonomní traktory značky Yanmar (Zdroj: [9]) .....	27
Obrázek 6 Interakce několika traktorů (Zdroj: [21]) .....	28
Obrázek 7 Autonomní traktor značky Agxeed (Zdroj: [13]).....	30
Obrázek 8 Autonomní krmný voz Lely Vector (Zdroj: [7]).....	31
Obrázek 9 Koncepce automatické systémy krmení Lely Vector (Zdroj: [2]) .....	32
Obrázek 10 Automatický krmný přihrnovač Lely Juno (Zdroj: [7]) .....	34
Obrázek 11 Autonomní krmný voz Verti-Q (Zdroj: [16]).....	35
Obrázek 12 Autonomní robot pro odstraňování hnoje ENRO (Zdroj: [18]) .....	37
Obrázek 13 Autonomní krmní robot Lely Exos (Zdroj: [25]) .....	38
Obrázek 14 Dávkování krmivá autonomním systémem Lely Exos (Zdroj: [24]) .....	39

## **Seznam použitých zkratek**

GPS (Global Positioning System)

RADAR (Radio Detection And Ranging)

IoT (Internet of Things)

LIDAR (Light Detection And Ranging)

IMU (Inertial Measurement Unit)

GNSS (Global Navigation Satellite System)

# 1 Úvod

V současné době autonomní vozidla představují revoluční technologii, která zcela mění přístup k vedení nejen procesu zemědělské činnosti, ale také procesu chovu hospodářských zvířat.

V rámci zemědělství 4.0 lze autonomní vozidla používat pro různé úkoly, jako je hnojení, sklizeň nebo sečení. Tato vozidla přináší velké výhody, jako je efektivnější využívání zdrojů a času. GPS (Global Positioning System) a senzory v autonomních vozidlech umožňují navigaci v polích nebo ve stájích, shromažďování dat a autonomní rozhodování pro přesné a efektivní plnění úkolů.

Autonomní vozidla jsou tedy vozidla, která na základě dat a nastaveného programu dokážou co nejefektivněji plnit úkoly bez přímého zásahu operátora. Tato technologie je součástí agropotravinářského komplexu, který zahrnuje IoT (Internet of Things) a precizní zemědělství.

Internet věcí (IoT) hraje důležitou roli v komunikaci mezi senzory, zařízeními a systémy v zemědělství. Čidla sbírají data o různých faktorech, jako je stav rostlin a půdy, vlhkost, teplota atd. Všechna data jsou následně přenášena do centrálního systému, kde se provádí rozhodnutí na základě požadovaných akcí. Díky propojení autonomních vozidel s IoT a využití senzorů pro sběr dat o stavu zdraví zvířat, půdy a rostlin je precizní zemědělství schopno poskytnout farmářům důležité informace pro přesné rozhodování.

Celkově lze říct, že autonomní vozidla, precizní zemědělství (taky označované jako zemědělství 4.0) a internet věcí jsou navzájem propojené a pomocí spolupráce mohou výrazně vylepšit agropotravinářský sektor.

## **2 Cíl práce a metodika**

Cílem práce je seznámení čtenáře s problematikou autonomních vozidel v agropotravinářském sektoru. Práce se zaměřuje na vývoj a použití autonomních zařízení v zemědělsko-potravinářském komplexu, a to na základě literární rešerše. Je použita odborná literatura zabývající se technologickými inovacemi autonomních systémů, včetně využití senzorů a dalších klíčových prvků. Kromě toho jsou analyzovány hlavní výhody spojené se zavedením autonomních vozidel do farem a jak se tato technologie přizpůsobuje potřebám moderního zemědělství a zefektivňuje výrobní procesy v agropotravinářských podnicích.

Metodika této bakalářské práce se opírá o studium odborných informačních zdrojů a jejich analýzu.

## 3 Přehled řešené problematiky

### 3.1 Výzvy a příležitosti v potravinářsko-zemědělském sektoru

Potravinářsko-zemědělský sektor se nachází na vrcholu nové éry s obrovskými příležitostmi. Tento sektor prochází postupným posunem od manuální práce směrem k inovačním technologiím, což vede ke zlepšení spolehlivosti zásobování potravinami. Tento trend řeší problém nedostatku pracovních sil tím, že automatizuje opakující se procesy a optimalizuje využití nezbytných zdrojů. [3]

Vzhledem ke stále rostoucí poptávce po potravinách je zlepšení efektivity sklizně na polích zásadním úkolem. *„Očekává se, že světová populace do roku 2050 vzroste z přibližně 8 miliard na téměř 10 miliard lidí, což zvýší globální poptávku po potravinách o 50 %.“* [1]

Rostoucí trend směrem k větší automatizaci a technologickým inovacím v agropotravinářském sektoru může výrazně zlepšit kvantitu a kvalitu vyráběných produktů, zároveň snižujíc náklady na výrobu. To umožní zemědělcům uspokojit neustále rostoucí poptávku po produktech s použitím stále menšího množství dostupné orné půdy. Implementace autonomních vozidel na moderních farmách bude mít za následek nejen zvýšení efektivity výrobních procesů, ale také dosažení významných ekologických výsledků. [1], [3]

### 3.2 Zemědělství 4.0

Zemědělství 4.0, též označované jako precizní zemědělství, je charakterizováno jako inteligentní využívání a zpracování dat, která poskytují podklady pro zavedení optimálních opatření s cílem dosažení zvýšené ekonomické a ekologické efektivity a současné snížení nákladů ve zemědělství. [5]

*„Precizní zemědělství je použití technologií a principů k řízení prostorové a časové variability spojené se všemi aspekty zemědělské výroby za účelem zlepšení výkonu plodin a kvality životního prostředí.“* [4]

Zemědělství 4.0, podporované rozvojem internet věcí, moderních technologií a senzorů na farmách, zcela mění zemědělský sektor. Propojení inteligentních zařízení v agropotravinářském komplexu pomáhá shromažďovat a vyhodnocovat data mezi různými aplikacemi, a tím probíhá efektivněji automatizace podniků. Zemědělské senzory IoT mohou poskytovat cenná data, jako je teplota, vlhkost a rychlost větru. Tyto informace mohou být využity k poskytnutí doporučení zemědělci o konkrétních krocích, které by mohly přispět ke zvýšení sklizně. V oblasti chovu zvířat jsou senzory IoT rovněž užitečné, umožňují sdílet informace o zdraví skotu, jejich poloze, případných onemocněních a také sledovat, kolikrát denně jedí. [6], [8]

Autonomní vozidla hrají klíčovou roli ve zvýšení preciznosti v celém agropotravinářském komplexu. Pomáhají zvýšit efektivitu, bezpečnost, spolehlivost, a s tím minimalizovat ztráty, plýtvání a negativní působení na životní prostředí. V kombinaci s moderními aplikacemi, které umožňují monitorovat, sbírat, odesílat a zpracovávat velké množství dat, autonomní stroje jsou schopné optimalizovat důležité procesy ve zemědělských podnicích. [8], [10]

Například technologie diferencovaného vnesení (Variable Rate Technology) je nedílnou součástí precizního zemědělství a spočívá v individuálním přístupu ke každému malému sektoru a určuje, kolik vody, semen, chemikálií nebo hnojiv je třeba aplikovat na každý z nich, aby se zaručila optimální podpora růstu rostlin. Na obrázku číslo 1 je díky infračervenému rozsahu jasně vidět každý nedostatek na poli a je zde také ilustrativně znázorněno jeho rozdělení na jednotlivé segmenty. Přesná aplikace potřebných zdrojů na každý jednotlivý sektor může vyrovnat tak výnosy z celého pole. [23]

Nicméně úspěšná implementace této operace vyžaduje nejen znalost určitých parametrů, jako jsou půdní vzorky, letecké snímky a monitorování výnosů, ale taky využití přesných navigačních systémů, pokročilých senzorů a sofistikovaných softwarových aplikací. [23]

Autonomní vozidla s moderními senzory a GPS jsou zásadním prvkem v implementaci technologie diferencovaného vnesení. Díky nim lze provádět práci s přesností a efektivitou na základě aktuálních dat o terénu, stavu rostlin a potřebách pole. Z toho vyplývá, že pro další rozvoj a zvýšení produktivity farem, autonomní robotické prvky jsou nezbytné. Jejich integrace do agropotravinářských podniků přináší mnoho výhod, včetně optimalizace výrobních procesů, využití zdrojů a zlepšení výnosů. [10], [23]



*Obrázek 1 Ukázka rozdělení mapy na sektory (Zdroj: [23])*

### **3.3 Hlavní výhody autonomních vozidel**

I když koncept autonomních vozidel je zcela nový, již nyní přináší obrovské množství výhod ve srovnání s tradičním způsobem řízení farmy. Autonomní stroje nabízejí řadu výhod, které usnadňují práci člověka, jak fyzicky, tak i účetně. Například autonomní traktory John Deere jsou vybaveny pokročilými senzory a systémem GPS, které jim umožňují přesně sledovat svou polohu s přesností menší než jeden centimetr, rozpoznávat překážky a provádět práce téměř zcela autonomně bez lidského zásahu. Stačí nastavit program a sledovat průběh prací prostřednictvím mobilní aplikace. [1]

### **3.3.1 Zvýšení efektivity práce**

Autonomní technologie v zemědělství přináší revoluční možnosti pro efektivní provoz farem. Už teď je možné využívat více traktorů najednou, které se navzájem koordinují a spolupracují s maximální efektivitou v reálném čase. Tato inovativní možnost umožňuje optimálně využít pracovní kapacity strojů a jejich pracovní postupy. Autonomní vozidla pracují nepřetržitě, nevyžadují lidský odpočinek a nedělají chyby kvůli únavě. Tím farmáři nejen osvobozují čas od rutinních úkolů, ale také značně zvyšují svou produktivitu a mohou se plně soustředit na další důležité věci na své farmě. To přináší celkovou optimalizaci výrobních procesů v zemědělských podnicích. [10]

### **3.3.2 Zlepšení využití zdrojů a ekologické udržitelnosti**

Díky pokročilým senzorům a moderním technologiím jsou autonomní traktory schopny přesně stanovit svou polohu, což vede k efektivnější optimalizaci tras. Tímto způsobem je možné vyhnout se opakovaným průjezdům přes již zpracovanou půdu a eliminovat vznik vynechávaných ploch. Současně s tím umožňuje použití automatického vybavení významné snížení dopadu na životní prostředí a omezení produkce odpadu. Díky preciznímu zemědělství a pokročilým systémům jsou tato zařízení schopna efektivně využívat vodu, chemikálie a hnojiva ve správném množství, což nejenže snižuje náklady, ale také zvyšuje účinnost zemědělských podniků. Celkově používání obnovitelných zdrojů dále zvyšuje ekologickou udržitelnost a snižuje potřebu fosilních paliv, čímž se zvyšuje celková efektivita moderního zemědělství. [10], [20]

### **3.3.3 Snížení nákladů na pracovní sílu**

Autonomní vozidla přináší snížení potřeby manuální práce v zemědělství. Díky schopnosti vykonávat úkoly samostatně a bez lidské asistence mohou tyto stroje výrazně snížit náklady spojené s mzdami zaměstnanců a jejich školením. Kromě toho autonomní zařízení mohou pracovat nepřetržitě, bez ohledu na únavu řidiče, což umožňuje robotům pracovat déle a dělat přestávky pouze na dobíjení. Důsledkem této schopnosti autonomních vozidel je zvýšení výrobního výkonu a efektivní využití času, což je pro farmáře výhodné z ekonomického i časového hlediska. Autonomní systémy také pomáhají minimalizovat riziko lidských chyb a zvyšují spolehlivost a přesnost při plnění různých úkolů na poli nebo farmě. [20]



### **3.3.4 Ochrana lidského zdraví a zvyšování bezpečnosti**

Autonomní vozidla zastupují inovativní přístup a jsou schopna vykonávat své úkoly bez potřeby lidského zásahu. Tím umožňují, aby pracovníci nemuseli provádět práci v nepříznivých klimatických podmínkách, kde by mohlo dojít k ohrožení jejich zdraví. Současně díky pokročilým senzorům minimalizují riziko dopravních nehod a zranění. Tyto senzory jsou navrženy tak, aby byly schopny identifikovat překážky ve svém okolí na 360 stupňů a rychle reagovat na různé situace. V případech, kdy by mohlo dojít k převrácení traktorů a ohrožení řidičů, jsou autonomní vozidla schopna tyto situace předcházet a vyhybat se jim, což v konečném důsledku chrání řidiče před možnými úrazy a nehodami. [10]

### **3.3.5 Zlepšení správy dat**

Autonomní vozidla aktivně sbírají velké množství dat, která se týkají různých aspektů agropotravinářského odvětví, včetně polí, stavu zvířat a skladových prostor. Tato data jsou cenným informačním zdrojem, který lze systematicky shromažďovat, analyzovat a využívat k lepšímu rozhodování a optimalizaci pracovních postupů. Díky použití automatizovaných systémů a pokročilých algoritmů je také možné přesněji monitorovat objem a stav zdrojů vlastněných společnostmi, což umožňuje rychlé odhalování potenciálních nesrovnalostí a nepřesností v účetních záznamech. Tato data poskytují farmářům a manažerům podniků klíčové informace pro efektivní plánování a strategické rozhodování, což v konečném důsledku přispívá k zlepšení výkonnosti celého zemědělského provozu. [10]

Analyzování a identifikace trendů dále umožňují odhalit oblasti, kde je možné zlepšit výrobní procesy a dosáhnout efektivnějšího hospodaření. Při potřebě rozšíření flotily těchto autonomních vozidel nejsou žádné překážky pro začlenění dalších traktorů, které mohou snadno integrovat a fungovat jako součást jednotného systému. To v konečném důsledku zvyšuje celkovou produktivitu a konkurenceschopnost zemědělských podniků. [10]

### **3.4 Potenciální nevýhody autonomních vozidel**

Autonomní vozidla, jako nová a inovativní technologie, se nacházejí teprve na začátku svého vývoje. Podobně jako ostatní novinky v technologickém světě, i tato novinka čelí celé řadě výzev a omezení. V současnosti se zkoumají a vyvíjejí různé přístupy, které mají za cíl překonat tyto překážky a zvýšit účinnost a spolehlivost autonomních strojů. [1], [10]

Přesto je jasné, že autonomní systémy mají obrovský potenciál pro budoucnost agropotravinářského sektoru. S postupem času a další rostoucí poptávkou po potravinách se očekává, že autonomní systémy budou hrát stále důležitější roli v moderních farmách, přinášející značné výhody pro celý potravinářský průmysl. Proto je důležité aktivně řešit tyto nedostatky a hledat účinné strategie pro jejich překonání. [1], [10]

#### **3.4.1 Velké pořizovací náklady**

Pro menší zemědělské podniky může být pořízení autonomních zařízení obtížné a ekonomicky nevýhodné. Například cena autonomního traktoru je výrazně vyšší ve srovnání s tradičními modely, které jsou řízeny řidičem. Tento cenový rozdíl je především důsledkem složitější technologie, kterou autonomní zařízení vyžadují. Pokročilé senzory, přesné navigační systémy a další technologické inovace jsou nezbytné pro správné fungování těchto strojů a zvyšují tak náklady na jejich pořízení. [10]

Většina autonomních vozidel v zemědělství je navržena s ohledem na efektivitu a automatizaci procesů především v rámci velkých farem. Menší zemědělské podniky pravděpodobně nedokážou plně využít veškerý ekonomický potenciál autonomních systémů a nemají tak dostatečný důvod k velkým investicím do těchto technologií. S rozvojem technologických inovací však můžeme očekávat postupné snižování cen těchto pokročilých zařízení. Tento trend by mohl v budoucnosti umožnit i menším farmám pořídit si autonomní techniku a zvýšit tak svou efektivitu. [10]

### **3.4.2 Význam infrastruktury a nepřetržitého provozu senzorů**

Pro správné fungování automatizovaných systémů je klíčové udržovat spolehlivý přenos dat, vysokorychlostní internet a stabilní signál GPS. Tyto faktory jsou zásadní pro efektivitu autonomních vozidel, a proto je nezbytné před zavedením těchto strojů zajistit odpovídající infrastrukturu. Některé typy vozidel vyžadují speciální nabíjecí stanice, zatímco jiné potřebují, například ocelovou vodící pásku, která jim pomáhá orientovat se na farmě. [10]

Nicméně, i během provozu mohou nastat problémy, jako je znečištění nebo zablokování senzorů, které mohou negativně ovlivnit schopnost vozidel zpracovávat data a plnit úkoly autonomně. Proto je důležité mít k dispozici operátora, který bude schopen řešit případné problémy, provádět údržbu a zajistit plynulý chod provozu. Jeho přítomnost je klíčová pro zachování kontroly nad provozem a minimalizaci rizika případných poruch či nehod. [10]

### **3.4.3 Omezení autonomních systémů**

I přes mnohé výhody, které s sebou autonomní systémy přinášejí, je třeba si uvědomit, že se nacházejí stále v rané fázi svého vývoje a čelí určitým omezením. Jedním z hlavních omezení je jejich neschopnost řešit nestandardní úkoly. V případech, kdy se odchyluje od předem naprogramovaných scénářů, mohou autonomní zařízení interpretovat situaci chybně a reagovat nepředvídatelně. Proto je klíčové zachovat možnost ručního zásahu operátora, který může převzít kontrolu nad systémem a řešit vzniklé problémy. [10]

Kromě toho, autonomní roboti ne vždy dokáží plně nahradit lidskou práci, protože některé úkoly jsou technicky neproveditelné v současném stádiu vývoje této technologie. Například roboti momentálně nejsou schopni vykonávat určité úkoly, jako je odemykání zemědělských nástrojů. Nicméně s pokračujícím zlepšováním schopností autonomních zařízení budou schopni zvládat stále složitější úkoly bez přímého zásahu člověka. [10]

### 3.5 Čidla a technologie

Autonomní vozidla jsou vybavena pokročilými senzory, které umožňují detekci různých objektů na cestě. Tato schopnost jim poskytuje možnost rychle reagovat na překážky a lépe přizpůsobovat svou trasu podle aktuálních podmínek. Ještě jedním klíčovým aspektem je zajištění bezpečnosti osob a zvířat, protože neustálá kontrola okolního prostředí a schopnost okamžitého zastavení jsou nezbytnými podmínkami pro bezpečné provozování autonomních vozidel v blízkosti lidí a zvířat. [3], [15]

Na farmách moderní senzory hrají důležitou roli nejen při určování přesné polohy autonomních zařízení, ale taky při sledování stavu rostlin a skotu. Tímto způsobem se plně využívá potenciál autonomních vozidel, která přispívají k efektivitě a produktivitě zemědělství. Díky těmto sensorům je možné monitorovat růst rostlin, zjišťovat potřeby zvířat a optimalizovat procesy na farmě. Senzory také přispívají v identifikaci potenciálních problémů, což pomáhá předejít zbytečným ztrátám ve agropotravinářských komplexech [10]

#### 3.5.1 GPS a IMU

GPS (Global Positioning System) je navigační systém, který využívá signály ze satelitů. Pokud má GPS přístup k signálům ze čtyř nebo více kosmických satelitů, dokáže určit aktuální polohu s přesností až na 30 centimetrů na základě map. Kromě toho GPS poskytuje i další užitečné informace, jako je čas a rychlost. [15]

Integrováním systému IMU (Inertial Measurement Unit), který poskytuje údaje o rychlosti a určení polohy v prostoru, lze dosáhnout ještě přesnější navigace, zejména v situacích, kdy dochází k rušení signálu, jako je například špatné počasí nebo průchod tunelem. IMU je zařízení, které poskytuje údaje o rychlosti a určení polohy v prostoru pomocí akcelerometrů, magnetometrů a gyroskopů. Tyto senzory měří změny v pohybu a orientaci vozidla v reálném čase, což umožňuje kompenzovat vlivy rušení signálu a získat přesnější informace o poloze. [15]

### **3.5.2 LIDAR**

LIDAR (Light Detection and Ranging) je systém schopný detekovat překážky na 360 stupňů. Tento systém využívá ultrafialového, viditelného nebo infračerveného světla k nalezení objektů a je nejdůležitějším senzorem v autonomní dopravě. Zařízení vysílá laserové paprsky, které se odrazí od zrcadla a následně dopadnou na okolní předměty. Světlo se od nich opět odrazí a znovu dopadne na zrcadlo, a poté na přijímač. Tímto způsobem systém měří čas, který paprsek potřebuje k cestě k objektu a zpět, což umožňuje určit vzdálenost k dané překážce. Díky rotujícímu zrcadlu je zařízení schopno vytvářet detailní 3D mapy okolního prostředí, což poskytuje vysoce přesný obraz terénu a umožňuje autonomním vozidlům úspěšně navigovat prostředím. [15]

### **3.5.3 RADAR**

RADAR (Radio Detection and Ranging) je technologie využívající rádiové vlny k detekci různých překážek v okolí dopravního prostředku. Jednou z hlavních výhod tohoto systému je jeho schopnost snadné identifikace relativní rychlosti mezi objektem a vozidlem. Například pokud se dva dopravní prostředky pohybují směrem k sobě, může radar snadno vypočítat rychlost přiblížení pomocí jevu změny frekvence rádiových vln odražených od cíle, což je známé jako Dopplerův jev. Tímto způsobem vozidlo může včas přijmout určitá opatření a vyhnout se možné nehodě. [15]

Nicméně na rozdíl od systému LIDAR, RADAR nedokáže určit tvar objektu. Navíc radarové signály mohou mít někdy obtíže s určitými tvary a materiály objektů, což může ovlivnit jejich spolehlivost a přesnost detekce. [15]

### **3.5.4 Ultrazvukové senzory**

Ultrazvukové senzory představují účinný systém pro detekci překážek na krátké vzdálenosti. Jejich umístění na různých stranách dopravního prostředku umožňuje efektivní monitorování okolí vozidla ze všech směrů. Tím se zvyšuje schopnost vozidla efektivně se orientovat a minimalizuje se riziko kolizí s ostatními objekty. Tyto pokročilé senzory nejenže zlepšují bezpečnost, ale také poskytují autonomním systémům neocenitelnou pomoc při parkování a při změně jízdního pruhu. [15]

### **3.5.5 Videokamery**

Videokamery jsou zařízení umožňující určení typu objektu a získání vizuální informace o něm. Například videokamery mohou rozeznávat dopravní značky, barvu semaforu a gesta člověka. Díky těmto důležitým údajům, nedostupným pro běžné senzory, orientace autonomních vozidel je lepší a přesnější. Tímto způsobem se vozidlo může rozhodnout o prioritě při křižovatce nebo zjistit, zda se člověk stojící u přechodu chce přejít silnici. [15]

### **3.5.6 Transpondéry**

Transpondér reaguje na příchozí signál, který posílá integrovaný blok vozidla, a to s použitím speciálního identifikátoru. Tento systém umožňuje identifikaci a lokalizaci objektů, které nejsou přímo viditelné, což usnadňuje rozlišení mezi nimi. Například může rozpoznat rozdíl mezi živými tvory a stacionárními překážkami, jako jsou stěny nebo brány. To naznačuje, že transpondér je zařízení, které reaguje na signály nebo informace, aby poskytlo odpovědi na požadavky, a tím umožňuje identifikaci a lokalizaci objektů v určité oblasti nebo v její blízkosti. Tato technologie transpondérů také umožňuje sledování a lokalizaci polohy autonomních vozidel, což výrazně zlepšuje bezpečnost a logistiku v podnicích. [19]

## **3.6 Typy autonomních vozidel**

Ve farmářských podnicích se často zaměřujeme na dvě klíčová odvětví: živočišnou a rostlinnou produkci. Obě tyto sféry zemědělství mají svůj společný přínos k celkové produkci a hospodaření farmy. Zajištění inteligentních vozidel, která nejen kvalitně plní své úkoly, ale také propojují a komunikují mezi sebou, je klíčovým aspektem pro optimalizaci a automatizaci agropotravinářského sektoru. [23]

Sběr, zpracování a monitorování dat z různých automatických vozidel umožňuje farmářům plně kontrolovat všechny výrobní procesy a současně sledovat stav zdraví zvířat nebo plodin. Tyto informace mohou včas upozornit na možné problémy, čímž se předejde nežádoucímu vlivu na výslednou kvalitu produkce. [23]

Propojení internetu věcí s konceptem zemědělství 4.0 otevírá nové možnosti v oblastech chovu hospodářských zvířat a agrární produkce. Díky automatickým systémům mohou farmáři přijímat informovaná rozhodnutí, zefektivňovat své procesy a snižovat své náklady. S tímto komplexním přístupem k monitorování a řízení farmářských operací lze lépe plánovat a optimalizovat výrobu, což v konečném důsledku přispívá k udržitelnějšímu a efektivnějšímu zemědělství. [23]

Na obrázku číslo 2 je ilustračně znázorněná komunikace mezi různými autonomními vozidly a sdílení dat do centrálního systému v rámci precizního zemědělství. Kromě toho je z obrázku patrné, že operátor může sledovat průběh plnění úkolů a pomocí aplikace na tabletu nebo telefonu kontrolovat data každého jednotlivého autonomního zařízení a v případě potřeby upravit jejich činnost. Tímto postupem je pouze jedna osoba schopna spravovat celou farmu, což pomáhá řešit problém nedostatku kvalifikované pracovní síly na farmách. [23]



*Obrázek 2 Komunikace mezi autonomními stroji (Zdroj: [23])*

Celkově lze říct, že sdílení a analýza dat poskytuje významné přínosy pro farmářů, včetně komplexního přehledu o výrobních procesech a stavu zdraví zvířat či plodin. Sběr a zpracování těchto dat umožňují farmářům efektivně monitorovat a optimalizovat své operace, což přispívá ke zlepšení celkové kvality a účinnosti zemědělství. Takový přístup k vedení zemědělských procesů otevírá nové možnosti v oblasti chovu hospodářských zvířat a agrární produkce, což napomáhá snižování nákladů a efektivitu farmářských podniků. [23]

### **3.6.1 Autonomní vozidla pro zemědělství**

S narůstající poptávkou po potravinách je důležité nejen zvýšit produkci, ale také optimalizovat využití zemědělské půdy. To zahrnuje efektivní zpracování půdy s minimálním množstvím nevyužitých oblastí, což přispívá k maximalizaci výtěžku z každé parcely. Současně je nezbytné minimalizovat ztráty způsobené škůdci a plevely a implementovat opatření na ochranu půdy před erozí a degradací. Vzhledem k neustálé změně klimatických podmínek je rovněž důležité, aby autonomní vozidla byla schopna adaptovat se a flexibilně reagovat na nové podmínky, a to včetně práce s různými typy půdy. [16]

Autonomní vozidla v agrárním sektoru musí provádět náročné operace s maximální precizností a efektivitou. Jejich trasy by měly být pečlivě optimalizované tak, aby se předešlo překrývání a vynechání oblastí na poli. Díky správnému plánování tras a pokročilým navigačním systémům jsou autonomní vozidla schopna zvýšit produktivitu a minimalizovat zbytečné náklady. Optimalizace trasy také přispívá k šetrnému zacházení s půdou a minimalizaci nežádoucího dopadu na ekosystém. [3]

Tímto způsobem autonomní technologie nejenže zvyšují efektivitu zemědělských operací prostřednictvím optimalizace tras a snižování nákladů, ale také přispívají k udržitelnějšímu a ekologičtějšímu zemědělství. Díky neustálému sledování a sběru dat mohou být výsledky operací podrobně analyzovány, což umožňuje farmářům neustále vylepšovat své postupy a přizpůsobovat se aktuálním potřebám a podmínkám. [3]

#### **Autonomní odplevelovací stroj**

Autonomní laserweeder představuje revoluční autonomní vozidlo vybavené předními a zadními kamerami, GPS navigací s přesností 15 cm a senzorem LIDAR pro detekci různých překážek. Díky těmto inovačním funkcím tento robotický stroj je schopen provádět odplevelování a kompletně nahradit lidskou práci, což znamená, že stroj převezme náročný a časově nákladný úkol. Podle společnosti Carbon Robotics tvoří lidská práce největší podíl na nákladech farmářů, zatímco vynaložené prostředky na pěstování plodin představují až 28,2 % od celkových nákladů zemědělských podniků. Autonomní laserweeder se tak stává klíčovým prvkem v procesu snižování těchto nákladů a optimalizace výrobních procesů. [12]





*Obrázek 3 Autonomní laserweeder (Zdroj: [12])*

Jedním z hlavních přínosů revolučního stroje je také snížení nákladů na herbicidy a hnojiva. Omezení používání chemikálií má pozitivní vliv nejen na zdraví půdy, ale také na zdraví lidí a zvířat. Autonomní laserweeder využívá pokročilé metody strojového učení a vysoké rozlišení kamer pro detekci plevelů s maximální přesností i během pohybu. S pomocí 8 současně pracujících laserových modulů, které koncentrují tepelnou energii na nežádoucí rostliny, je autonomní odplevelovací stroj schopen zničit více než 100 000 plevelů za hodinu. Takový vysoký výkon nejen přináší obrovskou efektivitu a úspory nákladů, ale také významně přispívá k ochraně životního prostředí tím, že minimalizuje používání chemických látek. Autonomní laserweeder je tedy nejen technologickou revolucí v moderním zemědělství, ale také klíčovým prvkem pro udržitelnou a efektivní výrobu potravin. [12]

### **Samočinně řízené traktory značky Monarch**

Jedná se o plně elektrický traktor Monarch Tractor MK-V, který je schopen provozu nepřetržitě až 14 hodin a jeho nabíjení trvá pouhých 6 hodin, což zajišťuje bezproblémové každodenní autonomní používání. Při využití energie z obnovitelných zdrojů se tento traktor stává nejen ekologickým, ale také nákladově efektivním. V porovnání s tradičními modely nevytváří škodlivé emise do ovzduší a je šetrný k životnímu prostředí. [11]

Díky přesným senzorům, GPS přijímačům a inteligentním řídicím algoritmům se výrazně zvyšuje produktivita zemědělských operací. Tímto způsobem je traktor nejen technologicky vyspělý, ale také šetrný k životnímu prostředí a podporuje udržitelné a efektivní zemědělství. [11]



*Obrázek 4 MK-V Tractor (Zdroj: [11])*

Ovládání traktoru je možné buď s řidičem nebo v plně autonomním režimu, kdy je možné ho ovládat odkudkoli na světě pomocí speciální aplikace na počítači nebo telefonu. Tato aplikace umožňuje zobrazit důležité parametry, jako je ujetá vzdálenost traktoru, nutnost oprav nebo provedené práce. V kabině je umístěn monitor, který umožňuje řidiči sledovat situaci pomocí kamer a vyhodnocovat postup prací pomocí interaktivní mapy. [11]

Traktor disponuje pokročilým bezpečnostním systémem, který zabraňuje střetům s předměty, lidmi a zvířaty. V případě, že se k traktoru někdo přiblíží ze strany na vzdálenost menší než 30 cm, zcela vypne napájení, aby se předešlo možnému zranění. Další užitečnou funkcí traktoru je jeho schopnost určovat polohu v prostoru, což může zabránit jeho převrácení na nebezpečných svazích. [11]

### **Autonomní traktory značky Yanmar**

Dalším zajímavým příkladem využití autonomních traktorů je jejich koordinované sdílení. Profesor Shin Noguchi představuje svou vizi budoucnosti autonomních strojů a dochází k závěru, že zvětšování velikosti vozidel nese s sebou značné náklady a zvyšuje tlak na půdu. Z tohoto důvodu se rozhodl dát přednost několika menším a kompaktním autonomním traktorům namísto jednoho velkého a masivního. [9]



*Obrázek 5 Autonomní traktory značky Yanmar (Zdroj: [9])*

Po dokončení práce na poli se traktory společnosti Yanmar mohou automaticky vrátit do hangáru. Jejich vybavení kompletní sadou senzorů umožňuje detekci překážek ze všech stran a zastavení traktoru v případě potřeby, což zajišťuje bezpečnost nejen samotného stroje, ale taky osob a majetku v okolí. Díky pokročilým senzorům traktory mohou snadno se orientovat mezi ostatními autonomními stroje a efektivně spolu komunikovat, aby dosáhly nejlepšího výsledku. [9]

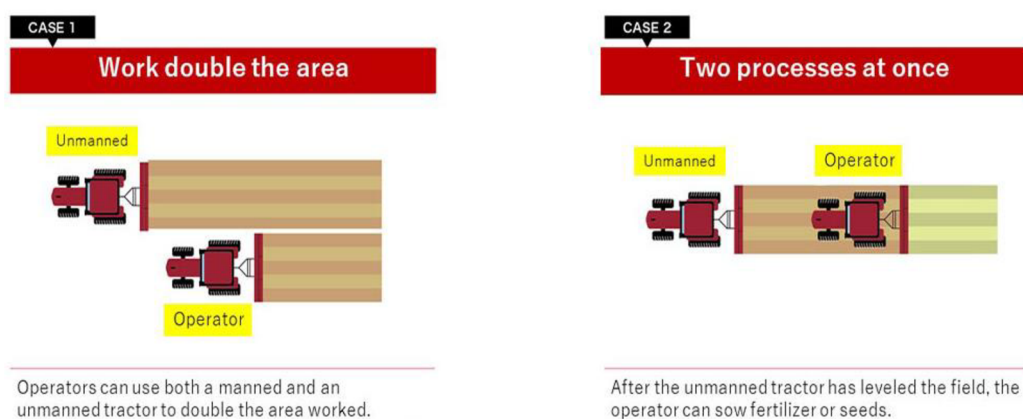
Autonomní vozidla mohou být ovládána operátorem na jednom z traktorů nebo pohybovat se plně autonomně. Teoreticky není omezen počet strojů, které mohou společně pracovat na jednom poli. Všechna vozidla jsou vybavena přesnými GPS přijímači, což jim umožňuje plnit úkoly s přesností až 5 cm, což eliminuje problémy s překrýváním nebo chybějícími oblastmi na poli. Profesor Shin Noguchi zdůrazňuje, že zatím otáčení několika

traktorů na poli je náročné, protože hlavním problémem je čekání ostatních vozidel během tohoto procesu. Plánuje se v budoucnosti tento problém vyřešit, aby se stroje mohly otáčet rychleji a plynuleji. [9]

Existují různé varianty použití více traktorů na jednom poli. Na obrázku číslo 6 jsou zobrazeny dva způsoby řízení dvou traktorů současně. Tyto konfigurace umožňují strojům provádět různé úkoly najednou, jako je ražení, hnojení nebo setí. V prvním případě, kdy traktory jedou vedle sebe, se rozšiřuje obdělávaná plocha, což znamená větší možnost efektivního zpracování pole. Tato konfigurace také umožňuje využití dvou menších traktorů namísto jednoho velkého, což má několik zásadních výhod. Zprvu se snižuje tlak na půdu, což je klíčový aspekt pro udržení půdní struktury a plodnosti. Zadruhé efektivita práce se zvyšuje, protože menší traktory mohou lépe manévrovat a přizpůsobovat se různým nerovnostem terénu nebo specifickým potřebám pole. [21]

Ve druhém případě řidič jede přímo za autonomním vozidlem a provádí další operace, čímž se snižuje potřebný čas na splnění úkolu na poli. Například první traktor může plnit předset'ovou přípravu, zatímco druhý provádí samotné setí. V obou situacích operátor sleduje autonomní traktor zezadu a má možnost snadno kontrolovat, zda plní úkoly korektně. Nemusí dokonce řídit traktor, ve kterém sedí, protože i ten je plně autonomní. [21]

Tímto způsobem může řidič plně soustředit svou pozornost na kvalitu vykonávaných úkolů a má možnost dávat pokyny dalším autonomním zařízením na farmě, aby mohl řídit a kontrolovat celý provoz a dosáhl tak maximální efektivity. [21]



Obrázek 6 Interakce několika traktorů (Zdroj: [21])

Celkově lze říct, že tento inovační přístup s využitím více autonomních traktorů nejenže optimalizuje využití strojů ve farmářství, ale také rozděluje mezi ně různé úkoly, čímž výrazně zvyšuje efektivitu a produktivitu celého zemědělského výrobního procesu. Automatizace zemědělských podniků snižuje závislost na lidské práci a umožňuje provozovat celou farmu s minimálním zapojením lidských zdrojů, což v podmínkách trvalého nedostatku kvalifikovaného personálu hraje klíčovou roli. [21]

### **Autonomní Traktor Agxeed**

Firma Agxeed se zaměřuje na revoluční přístup k návrhu traktorů, které lze ovládat pouze prostřednictvím aplikace, bez možnosti manuálního řízení. Tento inovativní přístup nejenže eliminuje potřebu kabiny, což uvolňuje místo a snižuje hmotnost stroje, ale také potřebuje věnovat velký důraz na bezpečnostní aspekty. [13]

Autonomní traktor značky Agxeed je vybaven širokou škálou senzorů a bezpečnostních funkcí, jako je například scanner LIDAR a kamery pro detekci překážek ve vzdálenosti až 30 metrů s úhlem pokrytí 360 stupňů. V přední části vozidla jsou umístěny radary a ultrazvukové senzory, které umožňují identifikaci blízkých překážek. Pro okamžité zastavení vozidla jsou na všech stranách traktoru umístěna tlačítka. V případě nečekaného nárazu se stroj okamžitě zastaví, což přispívá k maximální bezpečnosti při provozu. Tímto způsobem je zaručena nejen efektivní a bezpečná činnost traktoru, ale také minimalizace rizika nehod a škod na farmě. Autonomní systémy přinášejí do zemědělských podniků novou úroveň produktivity a bezpečnosti, což může mít pozitivní dopad na celý agropotravinářský sektor. [13]

Tento traktor je vysoce výkonný díky kombinaci různých faktorů. Dieselový motor o výkonu 115 kilowatt poskytuje dostatečnou sílu pro provádění náročných operací na poli. Volitelný elektrický pohon pro příslušenství s výkonem až 100 kilowatt přidává flexibilitu při provádění různých úkolů, ať už jde o použití dalšího vybavení nebo přenos energie na zařízení. Díky těmto vlastnostem je tento traktor vhodný pro širokou škálu zemědělských operací, poskytující efektivní výkon a spolehlivost v provozu. [13]



*Obrázek 7 Autonomní traktor značky Agxeed (Zdroj: [13])*

Díky speciálním přípojným strojům je autonomní traktor schopen provádět širokou škálu prací včetně výsevu, přípravy půdy a odplevelování mezi řádky. Housenkový pás umožňuje traktoru vyšší průchodnost a snižuje tlak na půdu. Nastavitelná šířka stopy a přesný navigační systém umožňují traktoru pohybovat se přesně mezi rostlinami, což minimalizuje riziko jejich poškození. [13]

Autonomní traktor úzce spolupracuje s pokročilou aplikací na počítači, která umožňuje plánování úkolů, kontrolu jejich provedení a sběr důležitých dat, jako je spotřeba paliva, obtížně zpracovatelné oblasti pole a odhadovaný čas dokončení práce. Tato data umožňují majitelům přesně předvídat spotřebu zdrojů a plánovat možnosti pro realizaci největších pracovních aktivit, což přináší další konkurenční výhody pro farmáře. [13]

### **3.6.2 Autonomní vozidla pro chov hospodářských zvířat**

Autonomní vozidla určená pro chov hospodářských zvířat by měla být maximálně šetrná k těmto zvířatům, aby nevyvolávala zbytečný stres hlasitým provozem. To znamená, že tato vozidla by měla být navržena s ohledem na minimalizaci hlukosti, vibrace a jiných faktorů těchto strojů, což přispěje k celkovému pohodlí zvířat. Kromě toho je klíčové, aby tato vozidla disponovala pokročilými bezpečnostními systémy, moderními senzory a schopností rychle reagovat a zastavit se v případě jakéhokoli nebezpečí pro zvířata.

Jednou z velkého množství výhod těchto systémů je plná autonomie vozidel, která umožňuje práci i v nočních hodinách a rozložení úkolů na různé časové intervaly, což zajišťuje neustálý dohled nad zvířaty. Schopnost pracovat autonomně umožňuje farmářům minimalizovat čas strávený v nepříjemných podmínkách, jako jsou zápach vzniklý výkaly a močí krav, vysoká vlhkost v kravínu a hlučné prostředí způsobené zvuky, které vydávají krávy.

### **Autonomní krmný voz Lely Vector**

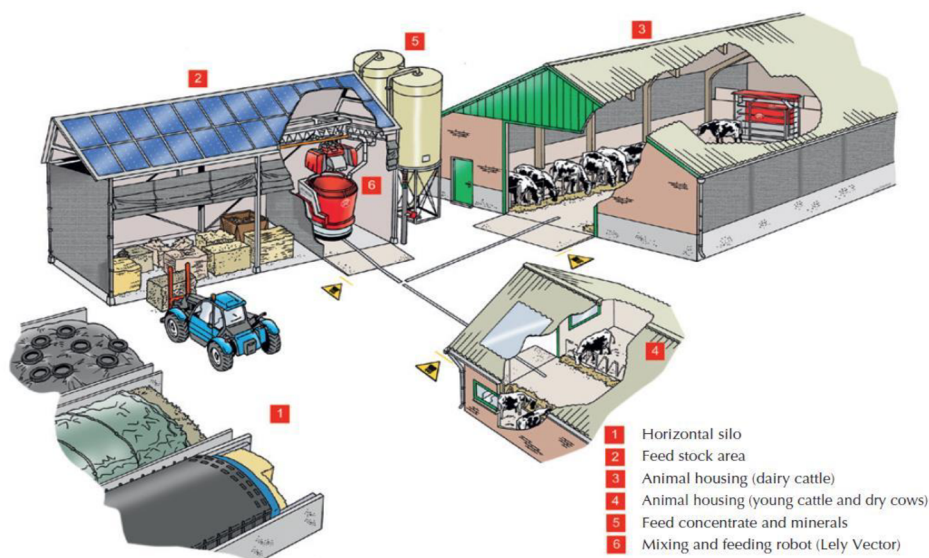
Automatický systém krmení Lely Vector je skutečným příkladem toho, jak užitečné mohou být moderní technologie v oblasti zemědělství. Tento inovační stroj přináší řadu výhod a funkcí, které výrazně usnadňují a zefektivňují procesy spojené s chovem skotu. Díky inteligentním senzorům a pokročilým algoritmům vozidlo dokáže samostatně provádět klíčové úkoly, aniž by byly nutné zásahy lidského personálu. Lely Vector, který je zobrazen na obrázku číslo 8, představuje plně elektrický systém, což vede k větší autonomii a menšímu negativnímu dopadu na životní prostředí díky eliminaci potřeby paliva a zvýšení provozní účinnosti. [7]



*Obrázek 8 Autonomní krmný voz Lely Vector (Zdroj: [7])*

Na obrázku číslo 9 je vidět koncept farmy podporované autonomním krmným vozem Lely Vector. Označení číslem jedna indikuje silážní jámu, odkud traktor odebírá krmivo a dopravuje jej do kuchyně označené číslem 2 na obrázku. Automatický drapák je určen k vytváření směsí z různých krmných složek a surovin, jako je například siláž a vedlejší produkty. Toto zařízení ukrajuje hmotu z připravených kvádrů, přesně měří množství nasbíraných materiálů a přenáší je do autonomního vozidla Lely Vector označeného číslem 6, kde začne proces míchání ingrediencí a jejich transformace v homogenní krmnou směs. Stroj je schopen efektivně promíchat krmné složky podle přesných specifikací. Tím se dosahuje optimální konzistence, která je ideální pro poskytování kravám vysoce kvalitní a výživné krmné hmoty. [7], [22]

Dále autonomní stroj dojede ze skladu do místa stání krav pomocí speciální ocelové pásky, přičemž zařízení disponuje schopností dálkového ovládání vstupních vrat. Poté Lely Vector přesně dávkuje krmnou směs na krmný stůl. Tento stroj nejenže eliminuje ruční práci, ale zároveň zajišťuje, že zvířata obdrží čerstvé a vysoce kvalitní krmivo ve správný čas. Klíčovým aspektem je, že tento autonomní krmný voz zajišťuje, aby proces krmení probíhal v krátkém časovém intervalu, což snižuje soutěžení o potravu a zvyšuje celkový komfort krav. Tento přístup umožňuje vytvářet optimální prostředí pro skot, kde si zvířata cítí v klidu a komfortu. Navíc díky automatickému průběhu procesu podávání krmiva se může zopakovat několikrát denně a vždy ve stejný čas, což přispívá ke zvýšení zdraví a stravovacích návyků u krav. [7], [22]



Obrázek 9 Koncepte automatické systémy krmení Lely Vector (Zdroj: [2])



Lely Vector má schopnost automatického dobíjení, což umožňuje pokračovat v plnění úkolů bez nutnosti další pomoci člověka, čímž se zvyšuje nezávislost. Další funkcí, která zvyšuje autonomii tohoto vozidla, je jeho schopnost určit potřebné množství krmiva pro krávy. Systém měří výšku krmiva a rozhoduje, zda je potřeba přidat další krmivo nebo upozornit operátora v případě, že zvířata nekonsumují krmivo z této hromady. Důvody, proč zvířata toto krmivo nepřijímají, mohou být různé, včetně toho, že krmivo není dostatečně atraktivní nebo že krávy mohou mít zdravotní problémy. Proto je důležité včas upozornit farmáře, který by mohl přijmout vhodná opatření. [7]

Zařízení automaticky shromažďuje data, jako je složení krmiva, jeho spotřeba a délka krmného cyklu. Díky monitorovacím a speciálním programům je možné spravovat farmu mnohem efektivněji a snadněji, generovat různé reporty za určité období a analyzovat zdravotní stav zvířat a produktivitu farmy. Tyto informace mohou být zásadní pro zlepšení efektivity pracovních postupů a rozhodování v rámci farmy, což v konečném důsledku vede k větší úspoře času, peněz a zdrojů. [7]

### **Autonomní krmní přihrnovače**

V případě stacionárního krmného systému je nezbytné pravidelně doplňovat a přihrnovat potravu pro zvířata, protože krávy to krmivo posouvají dál od sebe, a navíc se krmná směs může začít hnit, což může negativně ovlivnit jejich zdraví a produkci mléka. Řešením těchto problémů mohou být automatické přihrnovače krmiva, které nepřetržitě objíždí prostory kravína a pravidelně přihrnují krmivo přímo k zvířatům. Díky nimž mají krávy vždy přístup k čerstvému a homogennímu krmivu. Tato autonomní vozidla nejenže přebírají těžkou monotónní práci, ale také zvyšují zdraví a výkonnost krav tím, že snižují stres a zlepšují trávicí schopnosti. Navíc umožňují kravám přijímat homogenní krmnou dávku několikrát denně, což má pozitivní vliv na stabilitu pH v jejich organismu. Robot může pracovat i v noci, když lidé spí. V době nečinnosti autonomní stroj se dobíjí a pak je znovu schopen plnit svou práci, tato vlastnost automatických vozidel zajišťuje neustálý přísun čerstvého krmiva. [7]

Díky autonomním přihrnovačům krmiva mají krávy s nižším postavením ve stádu také rovnocenný přístup k potravě a nemusejí čekat, až více dominantní krávy skončí jíst. To je dosaženo tím, že čerstvé a kvalitní krmivo je vždy k dispozici, což snižuje napětí ve stáji a zvyšuje pohodu zvířat. [7]

Příkladem moderního autonomního přihrnovače je Lely Juno, který je zobrazen na obrázku číslo 10. Tento stroj je schopen pohybovat se mezi kraviny a otevírat vrata. Pro navigaci mimo stáj využívá Lely Juno indukční senzor, který dokáže detekovat ocelovou dráhu a pohybovat se podél ní. Kromě toho je vybaven ultrazvukovými senzory, které mu pomáhají měřit vzdálenost ke stěnám a určovat množství krmiva, aby mohl opatrně přihrnovat krmivo, aniž by ho zdeformoval. [7]

Robot Lely Juno také disponuje bezpečnostním systémem, který okamžitě zastaví zařízení v případě srážky s překážkou nebo kravou. Díky těmto robotům farmáři nemusí spoléhat na traktory, což jim ušetří spoustu času a energie. Tuto náročnou a důležitou práci mohou svěřit autonomním vozidlům, která během celého dne pravidelně přihrnují krmivo, čímž pozitivně ovlivňují zdraví krav a produkci mléka. [7]



*Obrázek 10 Automatický krmný přihrnovač Lely Juno (Zdroj: [7])*

### **Autonomní krmný voz Verti-Q**

Společnost Strautmann tvrdí, že jejich autonomní zařízení Verti-Q je ukázkou budoucího směru vývoje. Tento inovační systém umožňuje autonomní pohyb po území farmy, přičemž vozidlo automaticky dojede k silážové jámě a pomocí vysokovýkonné frézy odebere požadované množství krmné hmoty. Poté zařízení smíchá krmivo do optimální struktury, provede vážení a přesune se k dobytku. Během pohybu autonomní vozidlo dává krmivo pro krávy. Všechny tyto úkoly stroj vykonává rychle a přesně bez lidského zásahu. [16]

Data o průběhu a kvalitě procesu jsou analyzována centrálním počítačem, na základě kterého zařízení určí, zda krmivo dosáhlo optimální homogenity a dostatečného množství. Operátor má možnost sledovat činnost zařízení pomocí aplikace na tabletu, což umožňuje efektivní monitorování a kontrolu. [16]

Autonomní vozidlo je navíc vybaveno kabinou pro řidiče, což umožňuje člověku zasáhnout a vykonat práci samostatně, kdykoliv je to potřeba. To přidává zařízení univerzálnost a schopnost řešit obtížné situace. Díky několika sensorům se vozidlo dokáže správně orientovat na farmě. GNSS (Global Navigation Satellite System) sleduje jeho polohu, zatímco 2D laserový snímač identifikuje překážky a řídí frézu pro sběr krmiva ze silážové jámy. Tento příklad ukazuje skutečné možnosti autonomních zařízení, které mohou řešit složité úkoly a poskytovat farmám významné přínosy. [16]



*Obrázek 11 Autonomní krmný voz Verti-Q (Zdroj: [16])*

## **Autonomní roboti pro odstraňování hnoje**

Pro zajištění zdraví krav a kvality produkce je nezbytné udržovat jejich hygienu a pohodlí. Kromě toho, že je nutné dbát na čistotu kopyt a vemene, je zásadní pravidelně odstraňovat kravské výkaly a udržovat čistotu v prostorách kravína. V této náročné a důležité úloze mohou být nápomocní roboti specializovaní na úklid exkrementů. [17], [18]

Jedním z těchto robotů je JOZ-Tech JT200 Evo, který má schopnost autonomního čištění prostoru podle naplánovaných tras a úkolů. Tento robot využívá technologii transpondérů, která mu umožňuje přesně navigovat a vykonávat úkoly v neomezeném množství tras. Během odpočinku se robot dobíjí na speciálních stanicích, kde nejen získává potřebnou energii, ale také doplňuje zásoby vody, čímž se zvyšuje účinnost čištění. Díky své hmotnosti je autonomní vozidlo dostatečně stabilní, aby minimalizovalo riziko skluzu a zlepšilo ovladatelnost. Nevysoký profil zaručuje, že stroj může snadno projet i pod nízko umístěnými překážkami, a díky možnosti nadzvedávání sběrače robot schopen překonat i malé výškové rozdíly, což zvyšuje jeho mobilitu a umožňuje umístění dobíjecí stanice mimo místa stání krav. [17], [18]

Druhým modelem je ENRO od firmy Schauer, který je vybaven širokou škálou senzorů, včetně dotykových a ultrazvukových, díky nimž může snadno detekovat překážky a přizpůsobit si trasu. Navíc je možné trasu snadno naplánovat pomocí počítače nebo ovládat robota prostřednictvím aplikace v telefonu. Zařízení pracuje pečlivě v kravíně, minimalizuje rušení zvířat a účinně se vyhýbá překážkám. Při tomto procesu může robot dynamicky měnit rychlost pohybu, aby zajistil důkladné čištění hnojných chodby od nečistot. Díky propracovanému designu se robot nedostává do potíží v rohových částech a účinně čistí prostor podél stěn. Tento moderní přístup k úklidu kravína poskytuje efektivní a systematické čištění, což má za následek vyšší úroveň hygieny, komfortu pro zvířata a kvality produkce. Moderní automatizované systémy nejen snižují náklady a zátěž pracovníků, ale také přispívají k vytvoření čistého a útulného prostředí pro krávy, což má přímý vliv na jejich zdraví a celkovou výkonnost. [18]



*Obrázek 12 Autonomní robot pro odstraňování hnoje ENRO (Zdroj: [18])*

Existují také modely schopné pracovat i na celoplošných podlahách. Jako příklad lze uvést model Barn-E od společnosti JOZ, který je vybaven vnitřním úložným prostorem o objemu až 500 litrů a automaticky vyprazdňuje nasbírané hnojivé hmoty do skladovacích kontejnerů. Tento inovační systém umožňuje robotům na úklid exkrementů udržovat čistotu v kravině tím, že systematicky čistí hnojivé chodby od nahromaděných výkalových hmot, a to zajišťuje optimální prostředí pro růst a zdraví stáda. [17], [18]

Díky takovému přístupu se zajišťuje nejen hygiena prostředí, ale i pohodlí zvířat. Takové autonomní vozidla pracují tichým a nenápadným způsobem, což minimalizuje rušení a stres u krav. Udržování čistého prostředí přináší zvýšenou pohodu zvířat, což má pozitivní dopad na jejich zdraví a celkový stav, což v konečném důsledku podporuje zvýšení produkce mléka. Čisticí robotické systémy tak nejen usnadňují práci farmářům, ale také přispívají k celkovému zlepšení podmínek pro chov hospodářských zvířat. [17], [18]

### 3.6.3 Univerzální autonomní vozidlo Lely Exos

Lely Exos je multifunkční, vysoko technologické autonomní zařízení, které dokáže provádět klíčové úkoly jak v oblasti živočišného, tak rostlinného hospodářství. To znamená, že nelze přesně určit jeho zařazení do jednoho konkrétního typu autonomního vozidla. Aktuálně je systém v testovací fázi a brzy bude k dispozici pro moderní farmy. [24], [25]

Robot dokáže autonomně sekat čerstvou travu a krmit zvířata několikrát denně. Tento jedinečný autonomní systém nahrazuje několik zařízení a je schopen dosáhnout impozantních výsledků ve srovnání s tradičním způsobem zemědělské práce. Kromě toho má čerstvá tráva vyšší výživovou hodnotu než siláž, což umožňuje omezit použití dodatečných krmných koncentrátů při krmení krav. Krmení čerstvou travou přispívá ke zvýšení mléčné produkce, snadnému trávení a vstřebávání, a obsahuje také bílkoviny a další živiny. [25]



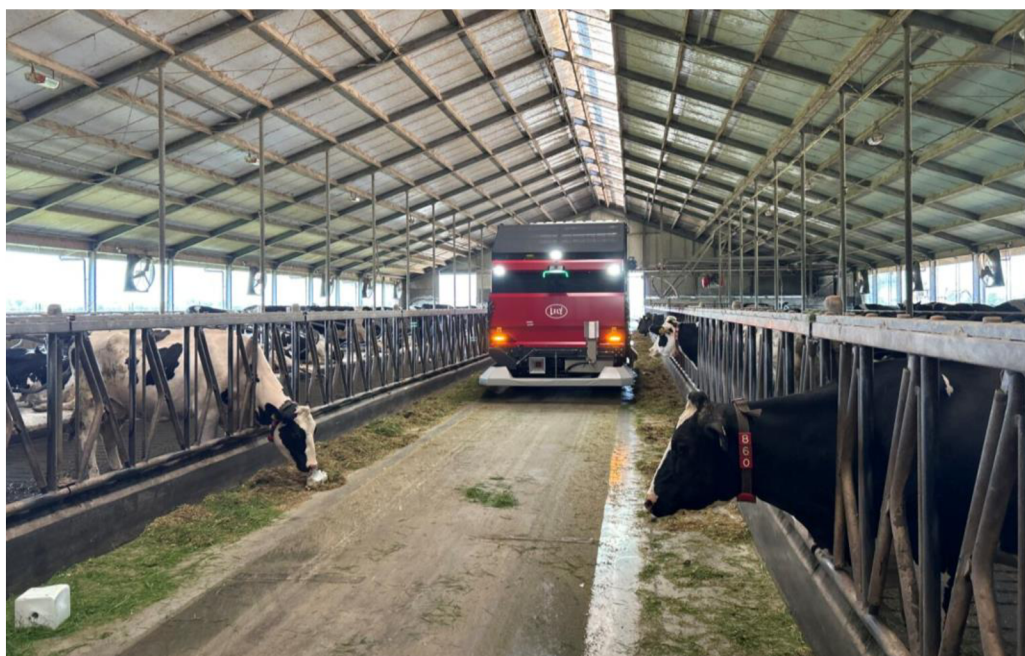
*Obrázek 13 Autonomní krmný robot Lely Exos (Zdroj: [25])*

Zařízení šetrně stříhá a sbírá travu, aby nedocházelo k jejímu poškození nebo nadměrnému stlačení, čímž se minimalizují ztráty. Lely Exos umožňuje výpočet a přesné nastavení frekvence krmení na základě údajů o spotřebě, což pomáhá určit potřebné množství rostlinné hmoty pro každý cyklus krmení. Robot vždy seče pouze nezbytné množství trávy, což znamená efektivní využití zdrojů a snižování odpadu. [25]

Během sečení je autonomní systém schopen pravidelně aplikovat tekutá hnojiva, což nejenže zlepšuje kvalitu a výnosnost trávy, ale také přispívá ke zdravému růstu a rozvoji rostlin. Tento inovační přístup k hnojení v průběhu kosení pomáhá snížit pracovní náklady pro farmáře, což činí proces efektivnějším a produktivnějším. [25]

Díky své malé hmotnosti a speciálním širokým pneumatikám s nízkým tlakem Lely Exos nenarušuje vegetaci na poli. Systém individuálního řízení kol zajišťuje zabránění prokluzování, což zvyšuje průchodnost zařízení a předejde jeho uvíznutí v měkké půdě. Pokročilý systém řízení umožňuje snížit poloměr otočení, což usnadňuje efektivní manévrování na poli a minimalizuje potřebné místo pro pochyb vozidla. [25]

Na obrázku číslo 14 je vidět autonomní stroj za provozu. Nastavitelný konvejer umožňuje volit stranu vykládky zleva, zprava nebo z obou stran najednou, což zajišťuje větší flexibilitu při plánování práce a může lépe využít dostupný prostor na farmě. Kromě toho dávkování krmiva je provedeno přesně a pečlivě, což umožňuje zabránit poškození trávy. [25]



*Obrázek 14 Dávkování krmiva autonomním systémem Lely Exos (Zdroj: [24])*

Autonomní systém Lely Exos zajišťuje bezpečnost a efektivitu práce díky využití pokročilých technologií. Systém GPS a inteligentní kamery umístěné vpředu a vzadu umožňují zařízení včas rozpoznat překážky na své cestě. Kromě toho přítomnost předního bezpečnostního nárazníku zaručuje okamžité zastavení robota při přímém kontaktu s překážkou, což minimalizují riziko poškození zařízení i okolních objektů. Díky těmto moderním technologiím může autonomní zařízení Lely Exos bezpečně a efektivně vykonávat své funkce na poli i v kravínu, což zajišťuje vysokou úroveň produktivity a minimalizuje možná rizika a komplikace při práci. [25]

Další výhodou tohoto stroje je, že je plně elektrický, což zvyšuje jeho autonomii. Pokud vozidlo není využíváno k pracovním úkolům, je schopno automaticky dojet k nabíjecí stanici a dobít se, čímž je připraveno k další práci v potřebném čase. Tento proces umožňuje zařízení autonomně a spolehlivě plnit úkoly každý den, a to bez ohledu na přítomnost člověka na farmě. Kromě toho autonomní krmný robot Lely Exos poskytuje farmářům cenná data o průběhu krmení, množství spotřebované trávy a dalších důležitých parametrech, což pomáhá optimalizovat řízení celého zemědělského podniku. [25]

Celkově lze říct, že autonomní systém nejen nahrazuje několik zařízení, jako jsou žací stroj, krmný míchací voz a rozmetadlo hnojiva, ale také zajišťuje kravám čerstvou a chutnou travu. Tento přístup umožňuje snížit zátěž pro farmáře a plně využít potenciál čerstvé trávy, což nejen přispívá k lepšímu zdraví krav a vyšší produkci mléka, ale také zlepšuje efektivitu provozu celé farmy. [24], [25]



## 4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení čtenáře s problematikou autonomních vozidel v agropotravinářském komplexu. V rámci práce byla analyzována klíčová role autonomních robotů ve farmářství, technologie využívané těmito stroji a současné modely, které byly rozděleny na autonomní vozidla pro zemědělství a pro chov hospodářských zvířat. Zvláštní důraz byl kladen na zkoumání přínosů autonomních vozidel a jejich schopnosti zvyšování efektivity zemědělských podniků.

Na základě detailní analýzy poskytuje tato bakalářská práce ucelený pohled na klíčovou roli, technologie a přínosy těchto strojů pro moderní zemědělství. Autonomní vozidla představují revoluční přístup k řízení a provádění zemědělských operací. Využití těchto vozidel přináší efektivnější využívání času a zdrojů, umožňuje precizní plnění úkolů a zvyšují ekologickou udržitelnost.

Bohužel stále existují nedořešené problémy s automatickými zařízeními, která nejsou schopna adekvátně reagovat v nepředvídatelných situacích. Všechny jejich akce jsou založeny na složitých algoritmech, avšak ani ty nemusí vždy správně reagovat na situace, na které autonomní stroje nebyly dostatečně připraveny. Proto je během rozvoje těchto systémů nezbytné věnovat zvláštní pozornost ze strany lidí, zejména pokud by mohla existovat rizika ohrožení zdraví. S neustálým rozvojem a novými technologiemi se však roboti na farmách bezpochyby stanou stále více spolehlivými a autonomními.

Zavedení autonomních vozidel a plná automatizace farem je jen otázkou času, protože přináší obrovské výhody, jako je zvýšení efektivity výrobních procesů, podpora zdraví zvířat a plodin, samostatné rozhodování na základě analýzy dat, minimalizace nákladů a negativních dopadů na životní prostředí. Autonomní technologie přináší zemědělcům jedinečné možnosti a zvyšuje výkonnost celého agropotravinářského sektoru.

## 5 Seznam použitých zdrojů

- [1] Agroportal24h.cz, 2011. Online. Agroportal24h.cz. Hradec Králové: Vega. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/john-deere-predstavil-autonomni-tractor-uz-letos-zamiri-do-prodeje>. [cit. 2023-06-14].
- [2] Automatic Feeding Systems for Cattle, c2024. Online. DLG. Dostupné z: <https://www.dlg.org/en/agriculture/topics/expert-knowledge/automatic-feeding-systems-for-cattle>. [cit. 2024-01-29].
- [3] Zemědělství 4.0: Zemědělská revoluce, c2023. Online. Dzagi.club. Dzagi. Dostupné z: <https://dzagi.club/index.php?/articles/allnews/news/selskoe-hozyajstvo-4-0-revoluciya-zemledeliya/>. [cit. 2023-06-14].
- [4] Pierce, F.J.; Nowak, P. Aspects of Precision Agriculture. In *Advances in Agronomy*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1999; Volume 67, pp. 1–85. ISBN 978-0-12-000767-7.
- [5] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Precizní zemědělství. Online. Ministerstvo zemědělství. C2009-2021. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/poradenstvi-a-vyzkum/precizni-zemedelstvi>. [cit. 2024-01-29].
- [6] ALENA, Ježková, c2024. Zemědělství 4.0 - revoluce i živočišné výrobě. Online. Agroweb. Dostupné z: <https://naschov.cz/co-je-zemedelstvi-4-0/>. [cit. 2024-01-29].
- [7] LELY, c2024. Feeding. Online. LELY. Lely.com. Dostupné z: <https://www.ley.com/solutions/feeding/>. [cit. 2024-01-26].
- [8] VEJSKAL, Matyáš, c2012-2024. IoT senzory v zemědělství šetří statisíce za každé špatné rozhodnutí. Online. News. Dostupné z: <https://sj.news/cleverfarm-senzory-iot-zemedelstvi/>. [cit. 2024-01-30].
- [9] NOGUCHI, Shin. How Far Can We Evolve? A report form Hokkaido on the forefront of agricultural robot research. Online. Yanmar. [2017], 5.7.2017. Dostupné z: [https://www.yanmar.com/global/about/ymedia/article/agri\\_robot\\_02.html](https://www.yanmar.com/global/about/ymedia/article/agri_robot_02.html). [cit. 2024-02-01].
- [10] MAX\_ZERO, 2024. Autonomní traktory: Klady a zápory pro zemědělce v roce 2023. Online. Agtecher. 2017-2024, 9.11.2023. Dostupné z: <https://agtecher.com/ru/autonomous-tractors-pros-cons/>. [cit. 2024-03-12].
- [11] MONARCH, c2023. MK-V Tractor. Online. Monarch. Dostupné z: <https://www.monarchtractor.com/mk-v-electric-tractor>. [cit. 2024-02-06].
- [12] Carbon Robotics, c2024. Online. Dostupné z: <https://carbonrobotics.com/>. [cit. 2024-02-08].
- [13] AGXEED, c2023. Agxeed. Online. Dostupné z: <https://www.agxeed.com/>. [cit. 2024-02-11].
- [14] JEDLIČKA, Milan, c2011-2024. John Deere představil autonomní traktor. Online. Agroportal24h.cz. 5.1.2022. Dostupné z:

- <https://www.agroportal24h.cz/clanky/john-deere-predstavil-autonomni-traktor-uz-letos-zamiri-do-prodeje>. [cit. 2024-02-16].
- [15] ONDRUŠ, Ján; KOLLA, Eduard; VERTAL, Peter a ŠARIĆ, Željko, c2020. How Do Autonomous Cars Work? LOGI 2019 – Horizons of Autonomous Mobility in Europe. S. 226-233. ISSN 2352-1465.
- [16] JEDLIČKA, Milan, c2011-2024. První autonomní krmný vůz na světě. Online. Agroportal24h.cz. 26.1.2018. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/prvni-autonomni-krmny-vuz-na-svete>. [cit. 2024-02-23].
- [17] JOZ, c2024. Joz. Online. Dostupné z: <https://joz.nl/en/>. [cit. 2024-03-03].
- [18] SCHAUER. ENRO MANURE ROBOT. Online. SCHAUER. Schauer. Dostupné z: <https://en.schauer-agrotronic.com/cattle/manure-removal-and-slurry-technology/enro-manure-robot/>. [cit. 2024-03-05].
- [19] WESTHOFEN, Daniel; GRÜNDLER, Carolin; DOLL, Konrad; BRUNSMANN, Ulrich a ZECHA, Stephan, c2012. Transponder- and Camera-based advanced driver assistance system. Vol. 2012. ISSN 978-1-4673-2118-1.
- [20] KOCH, Robert, c2005-2024. Autonomous Farming: The Future of the Agriculture Industry. Online. Clickworker. Dostupné z: <https://www.clickworker.com/customer-blog/autonomous-farming/>. [cit. 2024-03-10].
- [21] YANMAR. Changing the Future of Agriculture! Researchers, Farmers and Engineers Taking on the Challenge of Robot Tractor Development. Online. YANMAR. Yanmar. 24.3.2020. Dostupné z: [https://www.yanmar.com/global/about/ymedia/article/robot\\_tractor.html](https://www.yanmar.com/global/about/ymedia/article/robot_tractor.html). [cit. 2024-03-28].
- [22] PROFI PRESS. Automatický systém krmení Lely Vector. Online. PROFIPRESS. Agroweb. 8.02.2013. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/automaticky-system-krmeni-lely-vector/>. [cit. 2024-03-29].
- [23] ARSA, c2021. Co je precizní zemědělství koncepce, prostředky, metody a zařízení. Online. ARSA. Arsa. Dostupné z: <https://arsa.pro/blog/articles/cto-takoe-tochnoe-zemledelie/>. [cit. 2024-03-29].
- [24] MCDONNELL, Brian, c2024. Lely Exos in action on Dutch dairy farm. Online. Agriland. 10.6.2023. Dostupné z: <https://www.agriland.ie/farming-news/watch-lely-exos-in-action-on-dutch-dairy-farm/>. [cit. 2024-03-31].
- [25] LELY, 2024. Lely Exos. Online. LELY. Lely. Dostupné z: <https://www.lely.com/exos/>. [cit. 2024-03-31].