



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY

Bc. Olga Shiliakova

**BEZPILOTNÍ PROSTŘEDKY V OBLASTI  
ZEMĚDĚLSTVÍ A CHOVU HOSPODÁŘSKÝCH  
ZVÍŘAT**

Diplomová práce

2018

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K621..... Ústav letecké dopravy**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Olga Shiliakova**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy**

Název tématu (česky): **Bezpilotní prostředky v oblasti zemědělství a chovu hospodářských zvířat**

Název tématu (anglicky): Unmanned Aerial Vehicles in The Field of Agriculture and Livestock Breeding

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Vymezení pojmu bezpilotní létající prostředky a jejich obecná využití
- Možnosti využití bezpilotních prostředků v zemědělství a chovu hospodářských zvířat
- Limity a omezující faktory bezpilotních prostředků
- Rizika plynoucí z použití bezpilotních prostředků v zemědělství
- Legislativa týkající se použití bezpilotních prostředků v zemědělství



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: KARAS, J., TICHÝ, T. Drony. Computer Press. Brno 2016.  
Agriculture Archives. sUAS News [online]. Dostupné z: <https://www.suasnews.com/category/the-market/agriculture/>  
AUSTIN, R. Unmanned aircraft systems. UK 2010.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. David Hůlek**

Datum zadání diplomové práce: **28. června 2018**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2018**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu letecké dopravy

L. S.  


  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

  
Bc. Olga Shiliakova  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....11. července 2018

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi poskytli informace a podklady k vypracování diplomové práce. Zvláště děkuji panu Ing. Davidu Hůlkovi za odborný, precizní a vstřícný přístup a cenné připomínky. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a blízkým za poskytnuté zázemí a veškerou podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závazný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 30. listopadu 2018



# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## BEZPILOTNÍ PROSTŘEDKY V OBLASTI ZEMĚDĚLSTVÍ A CHOVU HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT

diplomová práce 2018

Bc. Olga Shiliakova

### ABSTRAKT

Diplomová práce „Bezpilotní prostředky v oblasti zemědělství a chovu hospodářských zvířat“ se zaměřuje na detailnější využití bezpilotních systémů v oblasti zemědělství a chovu dobytka. V teoretické části se zabývá vymezením a využitím bezpilotních leteckých systémů obecně, jejich výhodami a nevýhodami, legislativní stránkou a právními normami. Omezující faktory a případná rizika vztahující se jak na zvířata, tak i na jejich okolí, jsou také součástí práce. Praktická část obsahuje výběr vhodného bezpilotního systému pro konkrétní cíl a oblast.

### KLÍČOVÁ SLOVA

Bezpilotní systémy, zemědělství, hospodářská zvířata, farma, rostliny, rizika, limity, legislativa

# **CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE**

Faculty of Transportation Sciences

## **UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE FIELD OF AGRICULTURE AND LIVESTOCK BREEDING**

Master's Thesis 2018

Bc. Olga Shiliakova

### **ABSTRACT**

The Master's Thesis called "Unmanned Aerial Vehicles in the Field of Agriculture and Livestock Breeding" focuses on the more detailed use of unmanned systems in the field of agriculture and livestock breeding. In the theoretical part it deals with the definition and use of unmanned systems in general, their advantages and disadvantages, then looks at the legislative aspects and the legal norms. Restricting factors and possible risks for animals and their surroundings are also problematic issues. The practical part focuses on various reasons why to use a special unmanned system specifically for given target and area.

### **KEY WORDS**

Unmanned systems, agriculture, livestock, plants, risks, limits, legislation, drone

# Obsah

---

|  |    |
|--|----|
| Úvod   | 10 |
| 1 Bezpilotní letecké systémy   | 12 |
| 1.1 Historie vývoje bezpilotních systémů   | 12 |
| 1.2 Vymezení základních pojmů  | 13 |
| 1.3 Klasifikace bezpilotních systémů   | 14 |
| 1.3.1 Porovnání bezpilotních systémů podle typu a pohonné jednotky                 | 16 |
| 1.4 Obecné využití bezpilotních systémů v současnosti                              | 19 |
| 1.5 Budoucí vývoj a možná využití bezpilotních systémů                             | 23 |
| 1.5.1 Zemědělství  | 23 |
| 1.5.2 Hospodářství   | 24 |
| 1.5.3 Geodezie a geologie  | 24 |
| 1.5.4 Letectví   | 25 |
| 1.5.5 Ochrana a bezpečnost   | 26 |
| 1.5.6 Pojištění  | 27 |
| 2 Využití bezpilotních systémů v oblasti zemědělství a chovu hospodářských zvířat  | 28 |
| 2.1 Doporučené použití bezpilotních systémů v zemědělství                          | 28 |
| 2.1.1 Technika sazení rostlin a stromů   | 30 |
| 2.1.2 Zalévání a postřik   | 33 |
| 2.1.3 Metoda monitoringu stavu rostlin a plodin                                    | 35 |
| 2.2 Doporučené použití bezpilotních systémů v hospodářství                         | 38 |
| 2.2.1 Monitoring hospodářských zvířat a jejich zdraví                              | 38 |
| 2.2.2 Platforma SAP  | 39 |
| 2.2.3 Veterinární a medicinská pomoc zvířatům na farmách                           | 44 |
| 2.3 Shrnutí kapitoly   | 46 |
| 3 Rizika, nebezpečí a limity plynoucí z použití bezpilotních systémů v zemědělství | 50 |
| 3.1 SWOT analýza   | 53 |
| 4 Legislativa  | 55 |



|       |                                      |    |
|-------|--------------------------------------|----|
| 4.1   | Doplněk X                            | 57 |
| 4.1.1 | Hlavní ustanovení                    | 58 |
| 4.2   | Vlastní návrh na změny v legislativě | 60 |
| 4.2.1 | Dohled pilota                        | 60 |
| 4.2.2 | Prostory                             | 60 |
| 4.2.3 | Ochranná pásma                       | 61 |
| 4.2.4 | Shazování nákladu                    | 61 |
| 4.2.5 | Minimální vzdálenosti                | 61 |
| 4.2.6 | Nebezpečné zboží                     | 61 |
| 4.3   | Shrnutí kapitoly                     | 61 |
|       | Závěr                                | 62 |
|       | Seznam tabulek                       | 64 |
|       | Seznam obrázků                       | 65 |
|       | Literatura použitá při studiu        | 66 |
|       | Seznam citovaných zdrojů             | 67 |

## Použité zkratky

---

AMSL – Above mean sea level – nad úrovní moře

ATZ – Aerodrome traffic zone – letištní provozní zóna

B2B – Business-to-business – obchodní vztahy mezi obchodními společnostmi

CTR – Control Zone – úsek vzdušného prostoru v těsném okolí řízeného letiště

DP – Diplomová práce – Master's thesis

EU – European Union – Evropská Unie

ERP – Enterprise Resource Planning – plánování podnikových zdrojů

GNSS – Global navigation satellite system – Globální družicový polohový systém

GPS – Global Positioning System – Globální polohový systém

FAA – Federal Aviation Administration – Federální letecká správa

FPV – first person view – pohled pilota přímo z letadla nebo koptéry, přes videosystém s dálkovým přenosem

ICAO – International Civil Aviation Organization – Mezinárodní organizace pro civilní letectví

IT – Information technology – Informační technologie

LoRaWAN – Long range Wide Area Network – bezdrátový přenos dat

MAV – Micro air vehicle – mikro létající zařízení

NASA – National Aeronautics and Space Administration – Národní úřad pro letectví a kosmonautiku

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index – normovaný vegetativní index

RGB – Red - green - blue model

RMZ – Radio Mandatory Zone – oblast, kam je možné letět výhradně s funkční radiostanicí

RPAS – Remotely piloted aircraft systém – systém dálkově řízeného letadla

SAP – Systems - Applications - Products in data processing – podnikový informační systém

SAR – Search and Rescue – Služba záchrany a pátrání

sUAS – small UAS – malé UAS

SSSR – Svaz sovětských socialistických republik

UA – Unmanned aircraft – bezpilotní letadlo

UAS – Unmanned aerial systém – bezpilotní letecký systém

USA – United States of America – Spojené státy americké

ÚCL – Úřad pro civilní letectví – Civil Aviation Authority

ÚOOÚ – Úřad pro ochranu osobních údajů – the office for personal data protection

VLOS – Visual line-of-sight operation – Létání v dohledu pilota

## Úvod

---

Z důvodu změn v legislativě České republiky, vydaných až po schválení zadání této diplomové práce, dojde ke změně používaných termínů. Namísto Unmanned Aerial Vehicles neboli bezpilotní prostředky (v názvu DP) se bude užívat termín Unmanned Aerial Systems neboli bezpilotní systémy.

Hlavní motivací pro zpracování této diplomové práce byla snaha ověřit, jestli lze v praxi využít nové možnosti využívání bezpilotních leteckých systémů, které mohou zajistit farmářům usnadnění chovu hospodářských zvířat a také i pěstování rostlin a jejich plodů.

Cílem diplomové práce je navrhnout zjednodušení a zároveň zlepšení chovu dobytka na venkově a na rozlehlých a širokých území s využitím bezpilotních systémů.

V první části této práce se autorka věnuje historii, vymezení základních pojmů a rozdělení bezpilotních systémů. Dále vysvětluje několik důležitých rolí, které bezpilotní systémy aktuálně plní. Závěrem první části je vymezení směrů, kterými by se vývoj bezpilotních létajících systémů měl v budoucích letech rozšířit.

Druhá část se zaměřuje na samotný návrh řešení problematiky, který se skládá z několika segmentů. Jedním z nich je hodnocení různých částí pastviště, což umožní bezpilotnímu letadlu zjistit úroveň poškození a opotřebení jednotlivých stanovišť pastviště, např. ohodnotit stav trávy a oznámit, jestli v dané oblasti rostou jedovaté rostliny, nebo zda jsou plodiny poškozené. Tudiž bezpilotní systémy mohou být vybaveny senzory pro odběr vzorků půdy, vody, trávy atd. Další způsob pro využití těchto letadel v praxi je nahnání ztraceného či opožděného zvířete zpět do stáda. Součástí praktické části této diplomové práce je zhodnocení využití bezpilotních systémů pro vzdálenou kontrolu zdravotního stavu zvířat, protože včasné veterinární ošetření a případná lékařská pomoc mohou zachránit život zvířete. Bepilotní systém může nést injekční stříkačku a následně rychle potřebný medikament aplikovat do kůže tvora. Následujícím využitím bezpilotních systémů je jejich pomoc při rychlém doručování zboží (UA<sup>1</sup> kuryři doručí objednané léky na farmu v krátkém časovém intervalu nebo odvezou odběry krve do místní kliniky). Existuje mnoho dalších použití bezpilotních systémů, jejichž využití je zhodnoceno. Pomocí využití laserového dálkoměru a kamery s vysokým rozlišením je možné sbírat data o způsobených škodách na poli, které pak budou moci být použité jako důkazy při soudních procesech či pro pojišťovnu. Bepilotní systémy jsou užitečné i při monitorování během ekologických katastrof, např. jsou schopné kontrolovat dodržování karantény a v průběhu hodnotit stav

---

<sup>1</sup> Unmanned aircraft

pastvin v okolí. Samozřejmě ochrana a bezpečnost jsou jedny z nejdůležitějších prvků v dané oblasti, proto bezpilotní systémy mohou být využívány pro zajištění bezpečnosti i v noci a to díky termální kameře, která monitoruje a hned posílá informace na stanici, příp. počítač, jestli se přibližuje cizí člověk nebo dravec ke stádu.

Třetí část této práce řeší legislativní stránku a návrh na její úpravu v rámci letů v celé České republice. Patří sem také limity z důvodu ochrany soukromí, omezující faktory z ekonomického hlediska a důležitou roli hraje i rozlehlost samotné farmy či pastviště, reakce zvířat, velikost bezpilotního prostředku a meteorologické podmínky.

Již dlouhou dobu se využívají bezpilotní systémy pro zemědělské účely v USA, Číně, Japonsku, Brazílii a v některých evropských zemích. [6] Cíle používání UAS<sup>2</sup> jsou různé, například pro zahnání ptáků, stříkání rostlin na malých oblastech, ochranu proti krádežím, vytvoření terénních map, analýzu dostupnosti všech potřebných živin v rostlinách v rozsáhlých oblastech. UAS lze naprogramovat tak, aby prováděl pravidelné lety a umožňoval zemědělcům monitorovat stav půdy pomocí použití infračervené kamery. Bepilotní systémy mohou také detekovat nemocné rostliny pouze porovnáním jejich barvy, protože zdravé organismy odrážejí více infračerveného záření, na rozdíl od těch, které jsou náchylné k infekcím.

Jak je známo, věda se nikdy nezastaví a vývoj technologií získává dynamiku každý rok. Odvážné a nestandardní myšlenky a sny se stávají skutečností, ve které dřívější spisovatelé sci-fi nemohli ani doufat. Avšak, nejvíce globálních změn a inovací je provedeno v oblasti robotiky a automatizace různých zařízení, od průmyslových strojů až po roboty zastávající lidskou práci a vykonávající vojenské povinnosti.

---

<sup>2</sup> UAS – Unmanned Aerial System

# 1 Bezpilotní letecké systémy

---

Bezpilotní letecké systémy každý rok zvyšují svou důležitost ve vojenské i civilní sféře. Takový vývoj této třídy letadel je způsoben řadou specifických výhod, z nichž hlavní je zachování života letové posádky při nehodě. Kromě toho existují i další důležité pozitivní vlastnosti těchto systémů jako nízké provozní náklady, kompaktnost, účinnost, šetrnost k životnímu prostředí, nízké náklady na pořízení letadel a na jejich údržbu, možnost využití letadel na dlouhé vzdálenosti a rychlá připravenost k vzletu. Je také velkou výhodou, že k UAS existuje mnoho víceúčelových doplňků, které zvyšují a zkvalitňují využitelnost letadel v praxi.

## 1.1 Historie vývoje bezpilotních systémů

Bezpilotní letadlo je letadlo bez posádky na palubě. Historie tvorby bezpilotních vzdušných systémů začíná nejdříve pro využití na vodě. Na konci 19. století v roce 1899 známý vynálezce, fyzik a inženýr Nikola Tesla navrhl a ukázal veřejnosti jako první na světě loď na dálkové ovládání [7], které si ve vědeckém prostředí všiml úplně každý, a tím dala impuls k rozvoji sféry objektů řízených na dálku. Navzdory zmatenému a šokovanému publiku se už nevyráběly jen dálkově ovladatelné lodě, ale začala se vytvářet i letadla. Vojenský inženýr a vynálezce Charles Kettering, inspirovaný úspěchem bratří Wrightů, v roce 1910 navrhl zařízení pro letadla fungujícím na podobném principu jako mechanismus u hodinek pod názvem Kettering „Bug“. [8] Jednalo se o experimentální bezpilotní letecké torpédo, požadované americkou armádou pro bombardování měst, velkých průmyslových center a míst, kde se soustředily nepřátelské jednotky za první světové války. Přestože přístroj byl poměrně úspěšný při testování, první světová válka skončila a projekt zůstal pouze prototypem. Počínaje 30. lety mnoho vyspělých zemí navrhovalo a vyrábělo bezpilotní letadla primárně pro vojenské použití. Existovaly UAS pro opakovaná použití, na jejichž bázi byly vyrobeny radiově řízené terče pro flotilu Spojeného království. Také v Německu navrhli okřídlenou raketu V1, která se však jako první bezpilotní létající zařízení používala v reálných bojových operacích a sloužila jako zbraň pro bombardování nepřátelského území. [9] V SSSR byl navržen koncept torpédového nosiče typu křídla a následovně projekt bezpilotního létajícího torpéda s doletem od 100 kilometrů, ale stejně jako mnoho návrhů zůstaly pouze náčrty a v praxi byly použity minimálně. Ačkoli některé projekty se nepovedly, po 2. světové válce zájem o vyrábění bezpilotních letadel vzrostl. Na začátku 60. let tato součást letectví dostala široké uplatnění v oblasti řešení a plnění úkolů nevojenského charakteru, což přetrvává až do dnes. Civilní bezpilotní létající zařízení se aktuálně používají v mnoha oblastech, např. při sportovních a zájmových závodech bezpilotních letadel

(slangově dronů) [10], v zemědělství pro výsev a zalévání rostlin a jejich plodů, ve stavebnictví pro monitoring a geodetický průzkum, pro vytváření map, plánů a 3D modelů měst podniků či v důlním průzkumu pro stanovování objemů důlních děl a skládek. Tato zařízení se také používají k detekci lesních požárů, pro kontrolu a pro rychlou reakci na nouzové situace. Užitečné jsou také ve sportovním sektoru, a to přesněji pro natáčení sportovních akcí a reklam. V současnosti jsou využívána i jako aerotaxi [11].

O bezpilotních systémech se dost často hovoří v novinách a v televizi, obzvláště se to týká bezpilotních letadel, která se využívají ve vojenském a výzkumném sektoru. Například snížení rozpočtu NASA vedlo k tomu, že se vědci začali věnovat návrhu dálkově ovladatelné výzkumné sondy [12]. Vědci pokračují ve využívání robotů mimo Zemi nadále. V roce 2020 by na Marsu měl pravděpodobně přistát speciálně navržený a vyrobený bezpilotní systém, který bude přizpůsoben environmentálním podmínkám panujícím na této planetě a také bude vybaven příslušným vybavením sloužícím k vědeckým účelům. (viz Obrázek 1). Nicméně bezpilotní systémy se stávají také více a více populární i v nejrůznějších oblastech civilního života.



Obrázek 1. Vrtulníkový UAS na Marsu v roce 2020 [12]

## 1.2 Vymezení základních pojmů

Dopravní prostředek, ve kterém dojde k výměně lidské práce za práci počítače, tj. letadlo bez pilota, se označuje jako dron<sup>3</sup>. Dron není oficiální název tohoto létajícího zařízení, protože podle překladu z anglického jazyka dron znamená trubec, což pravděpodobně souvisí se bzučením včely. Avšak stejně jako včela bezmyšlenkovitě plní své úkoly pod vedením královny, tak i bezpilotní letadlo se řídí pilotem na dálku nebo se před letem nastaví

---

<sup>3</sup> (hovor.) Bepilotní letadlo neboli letadlo bez posádky (angl. Drone)

v autonomním režimu. [13] Podle leteckého předpisu L2<sup>4</sup> je autonomní letadlo bezpilotní letadlo, které neumožňuje zásah pilota do řízení letu ani přítomnost člověka na palubě. [1] Termín UA<sup>5</sup>, bezpilotní letadlo, je pouze označení pro dané letadlo. Podle stávající legislativy pro oficiální název dronu se používá zkratka UAS, což znamená bezpilotní systém, který zahrnuje samotné letadlo, řídicí systém, prostředky dálkové komunikace a ovládací zařízení pro vypuštění a návrat, počítač, inerciální měřící jednotku, speciální software a přístroj pro práci se signálem GNSS. [14] Pro bezpilotní letadla existuje také všeobecná klasifikace podle hodnot hmotnosti. Například MAV<sup>6</sup> se používá pro bezpilotní letadla s váhou méně než 1 g. Podle FAA<sup>7</sup> je sUAS<sup>8</sup> akronymem UAS, což se používá v případě bezpilotního letadla, kde je váha menší než 25 kg. Zatímco UA je více použitelným pro letadla s váhou nad 25 kg. Rozlišují se čtyři základní vymezení podle ICAO předpisu<sup>9</sup> týkající se bezpilotních systémů: [15]

- Remotely piloted aircraft system (RPAS), dálkově řízené letadlo, příslušné dálkově řídicí stanice, nezbytné řídicí a kontrolní spoje a jakékoliv další součásti uvedené v typovém návrhu.
- Remote pilot (RP), dálkově řídicí pilot, což je osoba pověřená provozovatelem letadla povinnostmi nezbytnými pro provoz dálkově řízeného letadla, která ovládá systémy řízení během letu.
- Remote pilot station (RPS), dálkově řídicí stanice, je součástí systému dálkově řízeného letadla obsahující vybavení k řízení dálkově řízeného letadla.
- Remotely piloted aircraft (RPA), dálkově řízené letadlo, které je řízeno z dálkové řídicí stanice.

S tím souvisí i pojem VLOS<sup>10</sup>, provoz ve vizuálním dohledu, při kterém dálkově řídicí pilot nebo pozorovatel UA udržuje přímý vizuální kontakt s dálkově řízeným letadlem. [15]

### 1.3 Klasifikace bezpilotních systémů

Koncepty bezpilotních létajících zařízení jsou různorodá, počínaje lehkými malými letadly, vrtulníky, stroji s více než jednou vrtulí až po klasické letouny. Bepilotní letadla lze dělit

---

<sup>4</sup> Letecký předpis L2, Doplněk X – Bepilotní systémy

<sup>5</sup> (angl.) Unmanned Aircraft

<sup>6</sup> (angl.) Micro Air Vehicle

<sup>7</sup> (angl.) Federal Aviation Administration

<sup>8</sup> (angl.) Small UAS

<sup>9</sup> Letecká informační služba, ICAO Annex, L2

<sup>10</sup> (angl.) Visual line-of-sight operation



několika způsoby. Primární specifikace UAS je ta, zda se používají v civilní či vojenské oblasti. Tato práce se zabývá problematikou pouze civilní složky letectví, proto bude vymezena pouze tato oblast. Existuje velmi mnoho různých klasifikací bezpilotních systémů bez posádky, jako například klasifikace podle funkce neboli účelu létání, kategorie vybavení, typu řídicího systému, principu letu, režimu řízení, typu křídla, počtu vrtulí, směru vzletu a přistání (kolmo či podél terénu), druhu vzletu a přistání, typu motoru nebo podle palivového systému. [2, 3, 16] Rozdíl mezi civilní a vojenskou využitelností UAS je ta, že vojenská bezpilotní letadla plní funkce sledování, transportování, bombardování, průzkumu, rozhlasového vysílání, vojenské zpravodajské služby, imitace cíle neboli terče a zničení cíle ve vzduchu. Bepilotní letadla můžeme dělit nejen podle funkce a účelů, ale také podle velikosti, konstrukce, ovládání a konfigurace.

Dělení UAS podle konstrukce: [2]

UAS lehčí než vzduch:

- Balóny
- Vzducholodě

UAS těžší než vzduch:

- Multikoptéra
- Bepilotní letoun
- Bepilotní vrtulník
- Samokřídlo

Dělení multikoptér podle počtu vrtulí: [16]

- Quadroptéra
- Hexakoptéra
- Oktokoptéra
- Ostatní (dvourotorová a třírotorová konstrukce)

Dělení UAS podle ovládaní: [2]

- Autonomní
- Automatické
- Manuální

Autonomní ovládání funguje na základě umělého intelektu a pracuje bez zásahu člověka. Automatické ovládání je založeno na programování, které je zapotřebí zapínat a vypínat člověkem, podobně jako autopilot.

Dělení podle typu pohonu UA: [3]

- Elektrický
- Spalovací
- Proudový

### **1.3.1 Porovnání bezpilotních systémů podle typu a pohonné jednotky**

Následující tabulka č. 1 obsahuje detailnější komparaci pro bezpilotní letadla nejvhodnějších pohonných jednotek, jako jsou elektrický, proudový a spalovací pohony. První z nich se rozděluje na vodíkový, solární a pohon pomocí baterií. Každý z pohonů má své výhody a nevýhody, podle kterých se bude dále v této diplomové práci vybírat maximálně vhodné bezpilotní letadlo pro konkrétní účel.

Tabulka č. 2 znázorňuje porovnání typů letadel podle jejich kladů a záporů, což pomůže při zvolení nejvíc patřičného UAS pro určitý cíl a oblast navržených autorkou dále v této diplomové práci.

**Tabulka 1. Porovnání pohonných jednotek**

Zdroj: vlastní úprava, [2, 16, 30]

|            |          | +  | -   |
|------------|----------|--|---|
| Elektrický | Vodíkový | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tichý</li> <li>• Ekologický (výroba energie, let, výstupem je pára)</li> <li>• Rychlé doplnění</li> <li>• Vydrží až 2,5 hodiny</li> <li>• Schopný startovat a pracovat za přirozených zemských podmínek bez elektrického ohřevu, tzn. za různých teplot: +60 až -40</li> <li>• Vysoká účinnost, nízká ztráta tepla</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velká hmotnost</li> </ul>  |
|            | Solární  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tichý</li> <li>• Ekologický</li> <li>• Nenáročná údržba</li> <li>• Levný</li> <li>• Geograficky široká dostupnost a nevyčerpatelnost zdroje</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potřeba sluneční energie – za deště a bez slunce nepoletí</li> <li>• Vysoká počáteční finanční investice</li> <li>• Startování pouze za kladných teplot</li> </ul> |
|            | Baterie  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tichý</li> <li>• Ekologický za letu</li> <li>• Malá hmotnost</li> <li>• Rychlá výměna baterie</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Výdrž maximálně 50 minut</li> <li>• Získávání energie a utilizace baterií škodí ovzduší</li> <li>• Pomalé dobíjení</li> </ul>                                      |
| Proudový   |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vydrží až 2 hodiny</li> <li>• Rychlý</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hluk</li> <li>• Emise</li> <li>• Vysoké tepelné namáhání lopatek a z toho vyplývající nízká životnost</li> </ul>   |
| Spalovací  |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vydrží až 2 hodiny</li> <li>• Rychlý</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hluk</li> <li>• Emise</li> </ul>   |

**Tabulka 2. Porovnání typů UA**

Zdroj: vlastní úprava, [2, 16, 30]

|              | +  | -   |
|--------------|--|---|
| Letoun       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlý</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Malý – unese menší nebo žádný náklad</li> <li>• Velký – příliš těžký</li> <li>• Není schopen se zastavit a ani stát na místě</li> <li>• Hůře skladatelný a transportovatelný než ostatní typy</li> <li>• Hlučný</li> </ul> |
| Multikoptéra | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skladatelná a transportovatelná</li> <li>• Lehká</li> <li>• Je schopná se zastavit a stát na místě</li> <li>• Je schopná se dostat do užších vertikálních a horizontálních míst</li> <li>• Kolmý vzlet a přistání</li> <li>• Tichá</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomalejší</li> </ul>   |
| Křídlo       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehké</li> <li>• Rychlé</li> <li>• Skladatelné a transportovatelné</li> <li>• Tiché</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Není schopné se zastavit a ani stát na místě</li> <li>• Vzlet pouze podél terénu</li> <li>• Unese menší nebo žádný náklad</li> </ul>   |

## 1.4 Obecné využití bezpilotních systémů v současnosti

Jak bylo zmíněno výše, lze bezpilotní systémy využít nejen pro vojenské účely, ale také pro civilní. Jejich největšími výhodami jsou nižší cena, větší dolet a vytrvalost letu, eliminace rizika ohrožení posádky, nižší náklady na výcvik a provoz, menší počet technického personálu a samozřejmě i víceúčelové využití. V následující tabulce (viz Tabulka 3) jsou uvedeny současné sféry využití bezpilotních systémů v civilní složce a dále jsou také uvedeny i jednotlivé příklady k danému využití.

**Tabulka 3. Příklady obecného využití UAS**

Zdroj: vlastní úprava

| Kategorie         | Využití UAS  |
|-------------------|--|
| Zemědělství       | Zalévání, postřik  |
|                   | Monitoring stavu rostlin                                 |
| Životní prostředí | Sledování a sběr dat environmentálních podmínek          |
|                   | Kontrola stavu za nestandardních podmínek okolí          |
| Geologie          | Průzkumy v těžko dostupných oblastech                    |
| Geodzie           | Stanovení výšky terénu                                   |
|                   | Aktualizace stavu terénu                                 |
| Zpravodajství     | Monitoring a sběr informace                              |
|                   | Reklama a poskytování informací                          |
| Letectví          | Zkoumání míst po nehodách                                |
| Pozemní doprava   | Sledování dopravních situací                             |
|                   | Vyřešení krizových situací                               |
| Sport a rekreace  | Snímání, fotografování, sledování při závodech           |
|                   | Sportovní a zájmové závody UA                            |
| Stavebnictví      | Vytváření map a 3D plánů měst a určitých oblastí         |
|                   | Vyhledávání a analýza vhodné oblasti pro konkrétní účel  |
| Logistika         | Přeprava a doručení zásilek a pošty                      |
|                   | Řízení procesů v logistickém podniku                     |
|                   | Kontrola a řízení výrobků a materiálu na pracovním místě |

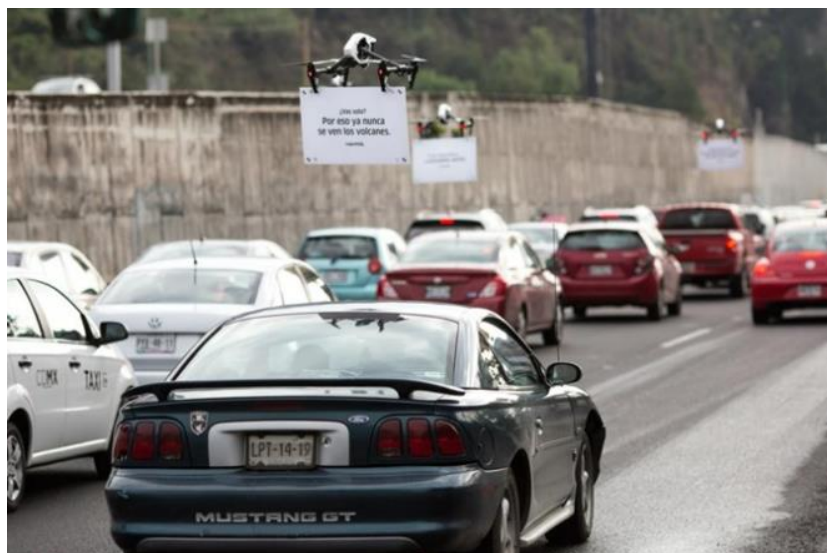
Ve vědecké oblasti se UAS používají k získávání nových poznatků a nezáleží na tom, z jaké oblasti jsou tyto znalosti a kde budou později uplatňovány. Může to být vynález nové technologie a její zkoušky, a to včetně nových principů letu, nebo pozorování přírodních jevů.

Podle Tabulky 1 existuje mnoho odvětví, kde civilní bezpilotní systémy už v současnosti plní své funkce. Hlavními výhodami bezpilotních systémů pro civilní využití jsou šetření času, usnadnění práce a relevantní snížení nákladů. Aktuálně v oblasti zemědělství zjednodušuje práci farmářům tím, že veškeré zalévání, postřik rostlin a plodů dělá právě bezpilotní letadlo (viz Obrázek 2). [17] Sledování a monitoring stavu poskytuje rychlý přehled celého areálu a všech změn působících na rostliny a jejich plody.



**Obrázek 2. UA GAIA 160-AG – postřik rostlin [18]**

Kromě samotných činností v oblastech geodzie a geologie bezpilotní systém hraje důležitou roli i při šetření času a zkrácení pracovních úkolů. Také usnadňuje práci inženýrům takovým způsobem, protože UAS poskytuje například letecké snímkování, které zajišťuje vytvoření digitálního modelu terénu, účelovou mapu, vrstevnicový plán nebo zajišťuje zdrojová data pro výpočet kubatur. [19] Bez ohledu na převládající nové technologie, například Internet a další masová média, odkud člověk snadno získává informace o čemkoliv, bezpilotní letadlo může pomoci i v oblasti marketingu a poskytování služeb kdekoliv, například na vesnici, kde je těžké nalezení místa pro billboard s reklamou nebo zde není snadno proveditelná dlouhodobá propagační akce (viz Obrázek 3). [20]



**Obrázek 3. Využití UA pro marketingové účely v Mexiku [21]**

Letectví je nepochybně také jedno z odvětví, kde by UA mohlo mít širší uplatnění. Například SAR<sup>11</sup>, služba pátrání a záchrany, už dávno používá bezpilotní systémy pro zkoumání míst po leteckých nehodách či katastrofách. Bepilotní létající systémy mohou sledovat i pozemní dopravní provoz, případné krizové situace a pomáhat bojovat s narušitelem v silničním provozu. [22] Pro aplikaci v oblasti medií, sportu a zábavy se UAS používají už dávno. V tomto oboru se zavedla velká poptávka po snímání, fotografování rozlehlých oblastí, sledování při zápasech a závodech či poskytování reklamních akcí, a proto je tato oblast využití dnes na profesionální úrovni. [23] Vytvořené mapy, 3D plány a obrazy bezpilotním letadlem jsou užitečnou dokumentací, která může být v budoucnu prospěšná nejen pro vedení záznamů o projektech a plánech, ale i pro odhalení určitých chyb nebo odchylek reality od navrženého projektu. UAS jsou prospěšná také ve stavebnictví a to již od počátku plánování projektu, protože jsou schopné usnadnit vyhledávání a následně i analýzu vhodné oblasti pro konkrétní účel a záměr. [24] Oblast logistiky se postupně rozvíjí ve sféře přepravy a doručení balíků a zásilek na určitou adresu (viz Obrázek 4).

---

<sup>11</sup> Search and Resque





**Obrázek 4. UA MD4-1000 pro doručení zásilek společnosti DHL [25]**

V logistických podnicích UAS se mohou podílet na přesunu nákladu ve skladištích. Zatím ale, kvůli jejich výdrži obvykle trvající 20 minut a potřebě komplexního řízení, tato myšlenka existuje pouze jako koncept. Nejrealističtější oblastí použití bezpilotních systémů ve skladech se jeví inventarizace, kontrola zboží před jeho odesláním a přijutím pomocí sejmutí čárového kódu. Všechny tyto procesy společně umožňují i další bezproblémovou práci s doplňováním, umisťováním nebo přijímáním materiálů a výrobků (viz Obrázek 5). [26]



**Obrázek 5. Používání UA ve výrobním procesu společnosti Audi [27]**



## 1.5 Budoucí vývoj a možná využití bezpilotních systémů

Z důvodu nezastavitelnosti pokroku si lze bezesporu představit a uvést další možné směry vývoje bezpilotních systémů a ukázat jejich možné budoucí použití (viz Tabulka 4). Některá z níže uvedených příkladů se již testují nebo dokonce i používají, ale pouze v malém množství a jen v některých zemích.

**Tabulka 4. Budoucí využití UA**

Zdroj: vlastní úprava

| Kategorie    | Využití UA                                      |
|--------------|---|
| Zemědělství  | Sazení rostlin a stromů, sbírání plodů          |
| Hospodářství | Kontrola hospodářských zvířat na farmách        |
|              | Sledování divokého života                       |
|              | Veterinární ošetření, medicinská pomoc          |
| Geodezie     | Stanovení objemu důlních skládek                |
|              | Založení výbušnin                               |
| Letectví     | Sledování leteckého provozu                     |
|              | Kontrola vizuálního stavu letounu před letem    |
|              | Sledování meteorologické situace                |
|              | Zahánění ptáků blízko letiště                   |
| Bezpečnost   | Ochrana člověka a zvířat v nouzi                |
| Konflikty    | Soudní a pojistné události                      |
|              | Zkoumání a hodnocení úrovně škody, sběr detailů |

### 1.5.1 Zemědělství

V již zmíněném zemědělství potenciál pro používání bezpilotních létajících systémů je opravdu neomezený. Jdou využít například při sázení rostlin a stromů v těžko dostupných místech a lesích. Také sbírání plodů nejrůznějších rostlin by mohlo ovlivnit rozvoj UA v oblasti zemědělství. Úspěšné výsledky tohoto návrhu odpovídají nejen snížení finančních a účetních nákladů majitelům podniků, ulehčení plnění povinností pracovníků a šetření jejich času, ale i minimalizaci rizik z hlediska bezpečnosti. UA by také mohli shromažďovat informace o stavu oblastí, kde proběhlo odlesňování, a šířit údaje, které pomohou zlepšit určitý projekt. Právě tyto moderní technologie sledování plodin umožňují zemědělcům používat hnojiva a přípravky na ochranu rostlin právě v těch oblastech, kde je to skutečně nutné. Bepilotní systémy lze použít i k posouzení vhodnosti rostlin pro reprodukci a při sběru potřebného pylu, spor a prachu. Pro tyto účely je obecné letectví drahé a ne vždy

možné. Prostorové snímání a obrazy z kosmu nejsou vždy aktuální a mají nízké rozlišení. Pozemní metody při studiu stavu plodin nejsou také alternativou, protože musí být zkoumány velmi velké plochy, což zabere velké množství času. Avšak s pomocí moderního bezpilotního systému může zemědělec získat operativní a přesné informace, což mu umožní co nejrychleji učinit správná rozhodnutí. Například, letecké fotografování 3000 hektarového pole pomocí UAS trvá přibližně 50 minut, zpracování obrázků za dalších 50-60 minut, tj. po 2 hodinách je již připravená zpráva o stavu pole a plodin na něm. [28] Farmář má proto možnost činit správná rozhodnutí na základě spolehlivých údajů v ten stejný den, kdy zadal svůj požadavek na analýzu své farmy.

### 1.5.2 Hospodářství

Obor hospodářství zahrnuje chov dobytka neboli hospodářských zvířat na farmách, do čehož patří vzdálená kontrola jejich zdravotního stavu, sledování pastvišť (viz Obrázek 6), případná veterinární a obecná medicínská pomoc. Pro tyto účely je také možné použít bezpilotní letadla. Ideálním pomocníkem se stanou při studiu vzorků migrace zvířat či při detekce nemocných zvířat, a to včetně vztekliny. [29] UAS pomáhají najít zvířata v otevřených prostorech a také posoudit, zda je místo vhodné pro vytvoření loveckého areálu.

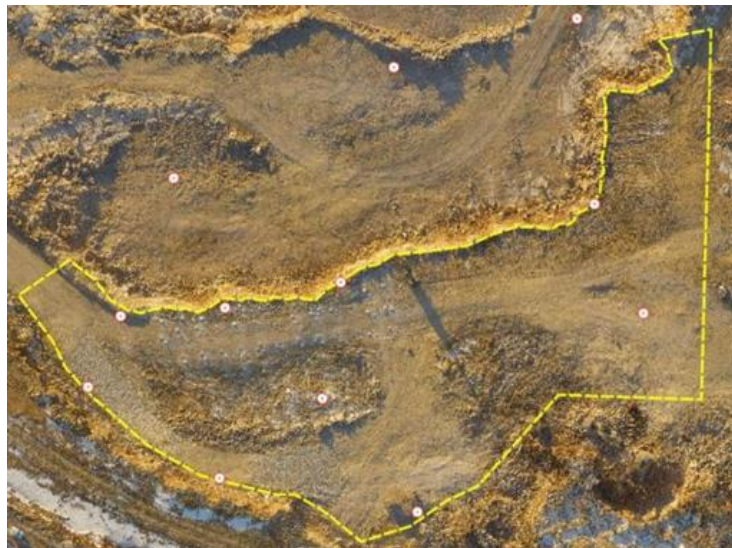


Obrázek 6. Sledování ovce při výpasu [30]

### 1.5.3 Geodezie a geologie

V oblasti geodezie a geologie by se věda mohla nadále rozvíjet a to díky využití UAS. Například UAS může stanovit objemy důlních skládek pomocí kamery, která snímá a vytváří digitální povrchové modely (viz Obrázek 7), které jsou vytvářené ve formě mřížky s prostorovým rozlišením v centimetrech. UAS může být také dobrým pomocníkem při

dokumentaci rozlehlých objektů a stanovišť těžebních podniků, které jsou charakteristické svou rychlou přeměnou tvaru a velikosti dolů, povrchových i hlubinných, a variabilitou strojního zařízení. Bezpilotní letadla dokáží na tuto proměnlivost rychle a adekvátně reagovat. [31]



**Obrázek 7. Projektování místa pro založení výbušnin [31]**

#### **1.5.4 Letectví**

Libovolné velké letiště ve světě odbavuje a obsluhuje miliony cestujících a stovky tisíc letů ročně. Proto je velmi důležité zajistit maximální bezpečnost provozu. Ale jedním z problémů, kterým čelí všechna letiště, jsou ptáci. Často narazí do letadel a dostanou se až do motorů, z čehož plynou velké finanční náklady na opravy a náhradu letadel pro další lety. V současné době se nejvíc používají senzory a lasery se specifickým zvukem nebo speciálně vyškolení draví ptáci a speciálně vycvičení psi pro zabránění takovýchto incidentů. Alternativním řešením by mohly být právě bezpilotní systémy. Například nizozemská společnost Clear Flight Solutions [32] představila veřejnosti návrh nestandardního UAS pod názvem Robird v podobě sokola (viz. Obrázek 8). Maximální rychlost letadla dosahuje 80 km/h, což vypadá jako rychlost reálného dravce a tedy ostatní ptáci ho nebudou brát jako stroj, ale jako opravdového ptáka, a tedy je to odradí od tvorby hnízda v dané oblasti. UA je v současné době řízen pilotem ze země, ale vývojáři pracují na tom, aby letadlo bylo zcela autonomní, a nezávisle plašilo různé druhy ptáků. Tuto možnost povolí v budoucnu i legislativa.



**Obrázek 8. Robird [32]**

Kdybychom akceptovali bezpilotní systémy jako pomocníky pro kontrolu letadla a jeho vizuálního stavu před letem, bylo by možné se vyhnout některým leteckým nehodám. V roce 2012 letoun ATR-72 havaroval kvůli námraze a sněhu vytvořeného na povrchu křídel, což vedlo ke zhoršení aerodynamických charakteristik tohoto daného letounu. V tomto případě by UAS mohl zkontrolovat stav letadla shora a zachytit daný problém. [33]

### **1.5.5 Ochrana a bezpečnost**

UAS by mohly být populárními i pro ochranu lidstva, zvířat a okolí. Bepilotní systémy zvyšují úroveň zabezpečení tím, že kontrolují objekty a osoby na určitých územích. Existuje mnoho příkladů potvrzujících existenci tohoto využití. Bepilotní systémy kontrolují, aby se zabránilo neoprávněnému pronikání do budov, do ropovodů a plynovodů, hlídají ložiska nerostných surovin, chrání lesy proti možným požárům a protiprávní těžbě dřeva, monitorují vodní útvary proti znečišťování a nelegálnímu rybolovu, vedou záznamy měst a meziměstských cest při velkých událostech, sledují nehody a incidenty (viz. Obrázek 10). Pokud jde o zemědělství, nejdůležitější je úroda. UAS budou potřebné pro ochranu plodin od ptáků a jiných zvířat, pro určení přesného stupně dozrávání plodin a hlavně pro jejich celkové ohodnocování.



**Obrázek 9. Sledování situace při požáru [34]**

## 1.5.6 Pojištění

Některé zahraniční pojišťovny se začaly aktivně zabývat leteckými dopravními systémy bez posádky. [35] UAS mohou vzdáleně kontrolovat stav technických konstrukcí, zařízení a polí, jejichž kontrola může být spojena s rizikem pro zdraví člověka i životní prostředí. Obecně platí, že UAS jsou velmi výhodné při posuzování téměř všech případů pojištění. Pojišťovny používají bezpilotní systémy k získávání vizuálních údajů ve fázi hodnocení velkých průmyslových objektů před uzavřením pojistné smlouvy. [36] Totéž platí i v oblasti zemědělského pojištění. Bepilotní systémy pomohou vizuálně vyhodnotit pojistnou událost, jestli k tomu dojde. Například, při požárech ve výsevých oblastech je možné stanovit a dokumentovat plochu poškozených a přeživších oblastí s přesností na čtvereční metr.

## 2 Využití bezpilotních systémů v oblasti zemědělství a chovu hospodářských zvířat

---

Použití UAS v zemědělství a obecně ve správě hospodářství je jednou z perspektivních oblastí uplatnění této technologie. UAS lze efektivně využívat pro plánování a řízení fází zemědělské výroby, jakož i pro chemické ošetření plodin a jiných rostlin. Současně hlavním kritériem pro zavedení UAS je ekonomická proveditelnost. Bepilotní systémy umožňují získat aktuální a efektivní informace, na základě kterých lze analyzovat procesy dějící se ve všech rovinách zemědělství a to na dlouhou dobu dopředu.

Podle získaných zkušeností a shrnutí mnoha informačních zdrojů je dnes v zemědělství nejčastěji UAS využíváno v rámci kontroly vývoje plodin, posuzování jejich výnosů a sestavení elektronických map polí. Je však možné tyto bezpilotní systémy účinně používat i v jiných směrech.

Za jedno z nejdůležitějších odvětví v zemědělství je považován chov hospodářských zvířat. Mléčné a masné výrobky vždy vyvolávají poptávku u spotřebitelů, což poskytuje zemědělcům dobrý zisk. Chov malého a velkého skotu je však spojen s velkým počtem obtíží. Často chovatelé vypouštějí na volnou pastvu svůj dobytek během dospívání. Během této doby jsou hospodářská zvířata náchylná k mnoha nebezpečím, a proto dohled nad jejich stavem a polohou v tomto období je nesmírně důležitý.

### 2.1 Doporučené použití bezpilotních systémů v zemědělství

UAS se stále více využívají v zemědělství. Zdá se, že v budoucnu bude trh bezpilotních systémů pro zemědělství narůstat současně s celkovým trhem UAS. V posledních několika letech se technologie využívající se pro zemědělské UAS zlepšují a jejich přínosy jsou stále více zřejmé pro zemědělce. Agronomické UAS se nijak neliší od ostatních a obecních typů UAS, jenže jsou aplikovány v souladu s potřebami zemědělce.

Je zřejmé, že UAS je novinkou v oblasti technologického světa, a proto i novinkou velmi poptávanou, obzvláště ve sféře B2B služeb, což je podmíněno tím, že skoro každá oblast výroby může být asistována bezpilotním systémem. Proto stále roste poptávka po službách IT firem, které vytvářejí software pro shromažďování a zpracování dat v zájmu přesného zemědělství definovaného jako integrovaný systém řízení v zemědělství, který zahrnuje globální technologie pro určování polohy (GPS), geografické informační systémy (GIS), technologie posuzování výnosů plodin (Yield Monitor Technologies), technologii s proměnlivou sazbou (Variable Rate Technology) a technologii dálkového snímání. Namísto orby, setí, hnojení od oka, jak se dělo v minulosti v zemědělství, mohou dnes zemědělci



přesně vypočítat počet semen, hnojiv a dalších zdrojů, kolik přesně potřebuje každý metr pole. [17] Proces řízení ve velkých farmách byl vždy považován za náročnou aktivitu. Mají-li k dispozici obrovské pole, jsou zemědělci často fyzicky neschopni sledovat všechny změny, ke kterým dochází s jejich zemědělskou půdou a její stavem. Nepochybně tato funkce negativně ovlivňuje výnos a úrodu.

Bezpilotní systémy jsou schopny provádět různé typy výzkumů, které nejsou dostupné běžnému člověku. S hmotností pouze několik kilogramů může zemědělský UA zůstat ve vzduchu po dlouhou dobu a během této doby zkoumat oblasti rozsáhlé velikosti. V současné době je taková robotizace výroby obzvláště důležitá hlavně pro větší farmy. Během létání po polích UAS pomocí kamer a snímačů umožňují zemědělcům zjistit v reálném čase, jak vypadá každá rostlina, jak dozrávají zemědělské plodiny a jak se mění barva půdy. Dnes je trh zemědělského UAS v počáteční fázi svého vývoje. Odborníci se však domnívají, že zemědělství se v budoucnu stane jedním z největších segmentů trhu pro tyto bezpilotní lety.

Ohledně problematiky týkající se bezpilotních letů v zemědělské sféře rád vysvětlil detaily a prokázal využití v praxi profesionální pilot bezpilotních systémů a odborník na svém místě, pan Martin Sedláček, jelikož spolu s francouzskou zemědělskou společností Soufflet Agro již třetí sezonu provádí bezpilotní lety a zkoumá různá pole pomocí snímkování s UAS typu křídlo SenseFly eBee 2 (viz Obrázek 10). Informace získané z dané spolupráce, jsou použity v této diplomové práci.



Obrázek 10. UAS SenseFly eBee 2 [foto: O. Shiliakova]

### 2.1.1 Technika sázení rostlin a stromů

V již zmíněném zemědělství potenciál pro používání bezpilotních létajících systémů je opravdu neomezený. Například, sázení rostlin a stromů v těžko dostupných místech a lesích. [37] Také sbírání plodů nejrůznějších rostlin by mohlo ovlivnit rozvoj UAS v oblasti zemědělství. [38] Úspěšné výsledky tohoto návrhu odpovídají nejen snížení finančních a účetních nákladů majitelům podniků, ulehčení plnění povinnosti pracovníků a šetření jejich času, ale i minimalizaci rizik z hlediska bezpečnosti.

Osobně zpracována realizace využití této bezpilotní techniky v praxi by měla začít tím, že UA by nejprve letěly nad vybranou oblastí, mapovaly úroveň odlesňování a následně ohlašovaly svůj potenciál pro zalesnění v určité oblasti. Poté by automatizované vysazovací UA nesoucí semenáčky letěly 2-3 metry nad zemí po předem stanovené mapě výsadby a vhadzovaly jednou za 6 sekund semena do půdy při rychlosti letu 0,16 m/s. Malá tlaková nádoba by poskytla potřebnou hnací sílu, aby sečí hrnce snadno pronikly do povrchu půdy. Semenné lusky naplněné výživným hydrogelem<sup>12</sup>, jež snižují nárazovou sílu na sazenice při výsadbě, by se pak při nárazu rozlomily a umožnily naklíčení a následný růst semen. [39] Jeden UA by byl schopen vysadit 10 semen za minutu, a to se dvěma operátory řídicími aspoň jeden UAS, celkem by fungovaly dva. Nakonec, každý UA pracující nepřetržitě 8 hodin je schopen vysadit 4800 stromů za jeden jediný den. Technické sazení stromů v těžko dostupných místech pomocí UAS není tak efektivní jako ruční výsadba, ale doporučená technika poskytuje rychlost a zajišťuje nízké náklady než tradiční metody.

Autorkou doporučená technika sázení rostlin a stromů se skládá z následujících součástí:

- UA typu křídlo pro ortofotoplan<sup>13</sup> nezalesněných míst a polí<sup>14</sup>, například od společnosti SenseFly eBee 2, který využívá pan Martin Sedláček<sup>15</sup>. Tento UAS je vyroben z extrudovaného polystyrenu, což dovoluje snadnou manipulaci a skládání díky jeho lehkosti a jednoduchosti. Nevýhodou je pouze to, že tento UA není voděodolný kvůli přítomnosti pitotovy trubice a. SenseFly eBee 2 váží necelých 1000 g, což mu umožňuje provádět zatáčení o plošnosti 5 metrů.
- Multikoptéra (libovolná hexa nebo oktokoptéra) pro realizaci techniky sázení rostlin a stromů, nesoucí mikro nádoby se semeny. Každých 1000 semen váží kolem 9 g, celkem s hydrogelem by jeden semenáček vážil cca 102 g, jelikož jedno semeno

---

<sup>12</sup> Granulát bílé barvy se schopností ukládat vodu a rostlinné živiny, pak vlhkost i živiny znovu vydávat

<sup>13</sup> Fotografický plán terénu získaný leteckým snímkováním

<sup>14</sup> Detailnější popis vytváření ortofotoplanu obsahuje kapitola 2.1.3

<sup>15</sup> Viz Kapitola 2.1



váží 0,009 g a 1 metr čtverečný půdy potřebuje kolem 800 g hydrogelu. Z daného výpočtu tedy vyplývá, že každý semenáček obsahuje kolem 100 g hydrogelu a několik semen s vahou 0,009 g. [39]

- Multispektrální kamera Parrot Sequoia (viz Obrázek 11), kterou lze použít na oba bezpilotní systémy (viz Obrázek 12) pro monitoring daných oblastí. Tato kamera je vybrána, protože je schopna získat nejen mapu indexu NDVI<sup>16</sup>. Tedy zachycuje zelené (530-570 nm<sup>17</sup>), červené (640-680 nm), Red edge (730-740 nm) a vlnové délky NIR<sup>18</sup> (770-810 nm), které mnohem hlouběji pronikají do vzorku než NDVI. Kamera Sequoia se hodí ke standardnímu držáku GoPro, což je standardní rám a svorka GoPro na cca 1/3 senzoru pro připojení kabelů. Výsledky jsou absolutní a srovnatelné za různých světelných podmínek buď je slunečno, nebo zataženo. Parrot Sequoia podporuje rozhraní Wi-Fi, které lze připojit k libovolnému zařízení podporující Wi-Fi. Kamera jde zapnout dvěma možnostmi. Buď přes určitou webovou adresu URL (192.168.47.1), nebo přes protokol PTP / PTP-IP přes USB. Tento protokol umožňuje přístup k mnoha funkcím kamery, včetně snímání a spouštění pro automatické ovládání pomocí softwaru plánování letu. [40]

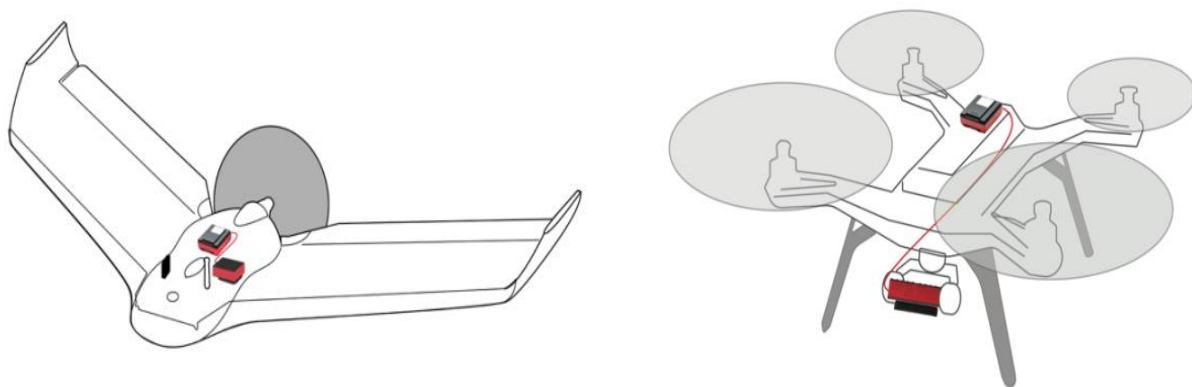


**Obrázek 11. Multispektrální kamera Sequoia [40]**

<sup>16</sup> (angl.) Normalized difference vegetation index

<sup>17</sup> Nanometr (délková jednotka, 10<sup>-9</sup> neboli 1 miliardtina metru)

<sup>18</sup> (angl.) Near-infrared spectroscopy



Obrázek 12. Nasazení Sequoia [40]

Pro optimální pokrytí letového prostoru v určité výšce nad terénem se nastavuje časový interval mezi výstřely sazenic. Následující Tabulka 5 znázorňuje minimální dobu, která je potřeba dodržet v závislosti na výšce a rychlosti letu.

Tabulka 5. Minimální doba, kterou je třeba dodržet v závislosti na výšce a rychlosti letu [40]

|           | Vzdálenost mezi dvěma snímky v závislosti na rychlosti překrytí |        |        |        |
|-----------|---|--------|--------|--------|
| Výška (m) | 5 m/s   | 10 m/s | 15 m/s | 20 m/s |
| 30        | 1.1   | 0.5    | 0.4    | 0.3    |
| 40        | 1.4   | 0.7    | 0.5    | 0.4    |
| 50        | 1.8   | 0.9    | 0.7    | 0.5    |
| 60        | 2.2   | 1.1    | 0.8    | 0.6    |
| 70        | 2.6   | 1.3    | 1.0    | 0.7    |

Legenda:

- **Červeně:** nelze aktivovat multispektrální senzor ani snímač RGB<sup>19</sup>
- **Modře:** nelze aktivovat pouze snímač RGB
- **Zeleně:** lze aktivovat všechny senzory

Autorkou navržená technika sazení rostlin a stromů vyžaduje letadlo, které je schopno:

- Unést více nákladu – nádoby se semenáčky a hydrogelem, mechanismus na sazení;
- Je skladatelné a transportované pro případ sazení na více místech a polích;

<sup>19</sup> Red-green-blue model

- Přichytit různá vybavení, jako kamera, nádobky a mechanismus;
- Provádět oblet a přitom fotit pro následující sestavení ortofotoplanu sloužícímu ke zkoumání míst potřebujících zalesnění – a to vše nejrychlejším způsobem;
- Zaletět do těžko dostupných míst, bez poškození okolí (mezi stromy v lese);
- Zastavit se a stát na místě, protože tato technika vyžaduje vsadit semeno do konkrétního bodu;
- Oblétat překážky a zatačet s menším náklonem – snadno se otočit v případě náhlé potřeby vrátit se zpět a přitom neztrácet čas;
- Vydržet hodiny bez doplnění energie – je potřeba být co nejdéle ve vzduchu, aby co nejvíc stromů a rostlin bylo zasázeno.

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům na letadlo a podle kritérií a vlastností UA popsanych v tabulce č. 1 a 2 v kapitole 1.3.1 vyplývá, že pro tuto techniku se nejvíc hodí samokřídlo s elektrickým pohonem s baterií a to pro snímkování letu a multikoptéra s vodíkovým pohonem – pro samotné sazení semen. Velikost multikoptéry a počet jejích rotorů zaleží na zemědělci, ale autorka doporučuje použít hexakoptéru z důvodu její střední velikosti a tím menší celkové váhy avšak s dostatečnou silou unést co nejvíce užitečného nákladu.

### 2.1.2 Zalévání a postřik

Pro to, aby se UAS používaly k aplikaci chemických látek a minerálních hnojiv na plodiny, jsou zařízení vybavena speciálním měřičem, tzv. ultrazvukovými senzory, které umožňují nastavit výšku v závislosti na změně geografických údajů během letu. UA proto mohou skenovat půdu a postříkat ji optimálním množstvím tekutiny. Stříkání se neprovádí rovnoměrně, ale podle pravidel precizního zemědělství<sup>20</sup>. Postřik se provádí 5 krát rychlejší než tradiční metody, přičemž množství použitých hnojiv výrazně úsporněji.

Příležitost bezpilotních systémů není v nahrazení letadel s posádkou nebo zemědělských strojů, ale v tom, že UA se snadno integrují do komplexu přesného zemědělství. Jinými slovy, některé UA mohou detekovat nedostatek pesticidů, vody nebo hnojiva pomocí multispektrálních kamer, zatímco jiné jsou připraveny k okamžitému odstranění závad a nedostatků. Účinky zavádění takovýchto technologií mohou přesáhnout až 30% efektivity úrody, než bylo dříve, nemluvě o snížení chemického zatížení půdy a organismu spotřebitele. [41]

---

<sup>20</sup> Viz kapitola 2.1

Pro realizaci této metody je potřeba:

- Létat na velké vzdálenosti až do 50 km a nést těžké náklady do 50 kg, což umožní LoRaWAN spojení<sup>21</sup>. Musí mít aspoň 4 rotory po dvou rotorech shora a zdola, což zajistí menší pravděpodobnost pádu při poruše jednoho z rotoru a poskytuje možnost převozu většího nákladu. Takovou výbavu má quadrokoptéra The Airborg H8 10K. [42] Dalším důležitým požadavkem na multikoptéru je to, že musí být schopna nechat se řídit za letu a odesílat informaci (obraz, terén) na stanici z větší dálky.
- Pro chemické postřiky by zemědělec potřeboval pouze vodorozpustná hnojiva, která se vyznačují vysokou koncentrací živin. Hnojivo se smíchá s vodou v určitém poměru, nejčastěji 1:100. Aby zemědělec postříkal 1m<sup>2</sup>, potřebuje 1 litr výsledné kapaliny, teda každý metr čtverečný potřebuje maximálně 1 litr roztoku, ale dávkování zaleží na druhu rostliny, ročního období, počasí či častosti postřiku; [43]
- Postřikovač vybavený běžnou nádobkou na vodu, pesticidy nebo hnojivo, injektory s válcovým sprejem a proměnným úhlem rozprašování (pro stříkání by kapky měly být ve formě „mlhy“, což je nezbytné, aby rostliny nebyly spáleny pesticidy a rovnoměrně pokryty) a samotným potrubím od nádoby do injektoru. Umísťovat trysky (injektory) je nutno přesně pod vrtulí UA, aby se postřiky s obou postřikovačů neprotínaly a netvořily bod dvojitého postřiku. Servomotor lze namontovat pro nastavení určitého úhlu natočení a přesnou polohu. Kromě svislého pádu se voda také víří v důsledku otáčení lopatek. To následně způsobí, že již tak jemně rozptýlená směs se stává ještě jemnější.

Ve výsledku pro postřik například jahodového pole v rozložení 2 hektarů pomocí bezpilotního letadla schopného unést do 20 litrů, je potřeba 2000 litrů chemického roztoku a 150 minut čistého času<sup>22</sup>. Ve stejném případě, ale bez UA, by člověk vykonával tutéž činnost mnohokrát déle. A kdyby použil například traktor, musel by pracovat s chemikálií celou dobu, což by se odrazilo na jeho zdraví.

Lze předpokládat, že s největší pravděpodobností se v budoucnu budou UAS zabývat řešením lokálních problémů vznikajících v terénu. Kde některá zařízení budou detekovat nedostatek živin, vody nebo přítomnost hub, parazitů nebo chorob, ostatní budou okamžitě řešit nastalý problém. V nejlepším případě zemědělec budoucnosti jednoduše obdrží textovou zprávu přes jeden vybraný komunikační prostředek: „Automatizace zachytila a vyřešila problém. Spotřeba pesticidů byla X, očekávaný zisk na konci sezóny je Z“.

---

<sup>21</sup> Viz Kapitola 2.2.2

<sup>22</sup> Bez doplňování a nabití baterie

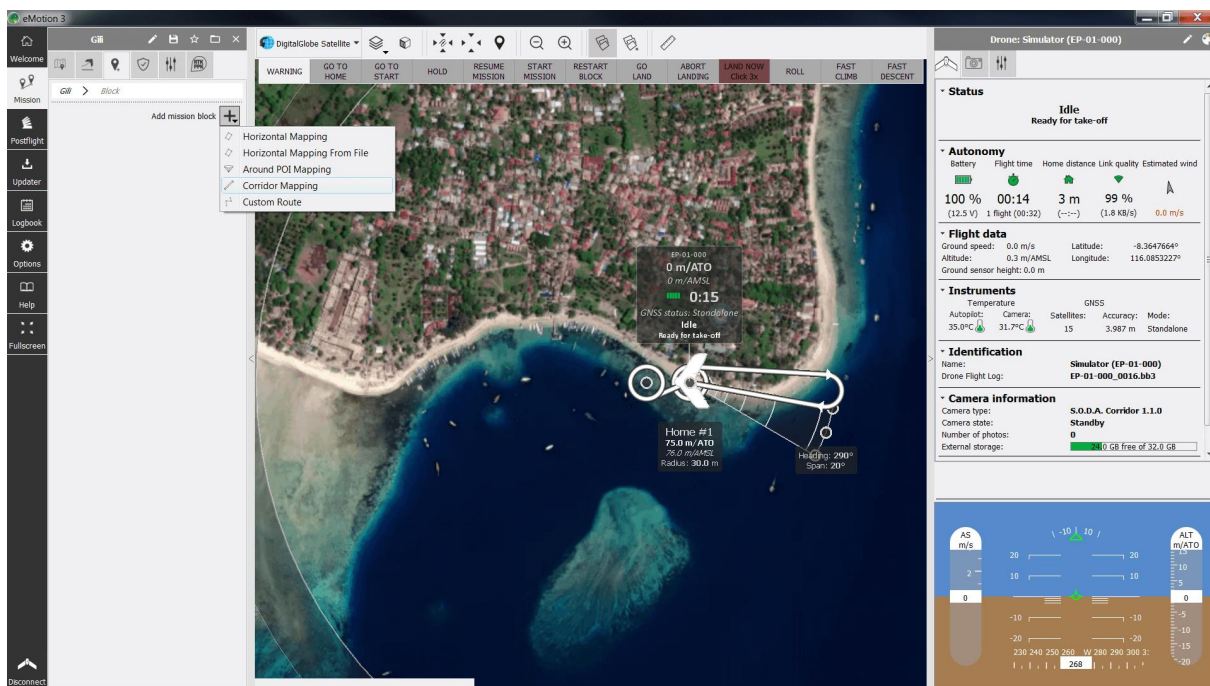
Autorkou doporučená technika zalévání a postřiku rostlin vyžaduje letadlo, které je schopno:

- Přepravovat se z místa na místo v případě potřeby zalévání více než pouze jednoho pole nacházejících se daleko od sebe;
- Umístit různá vybavení, jako kamera, nádoby pro postřik a další příslušná vybavení;
- Zastavit se a stát na místě pro zalévání jednotlivých míst. Stává se, že je potřeba zalít více či méně nebo vůbec nezalévat;
- Vydržet hodiny létání bez doplnění energie – UA je schopen zalít více hektarů najednou bez doplnění či výměny baterie, ale když čas vyprší a je potřeba se obnovit pro let, doplnění nebo výměna trvá necelé dvě minuty;

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům k letadlu a podle kritérií a vlastností UA popsaných v tabulce č. 1 a 2 v kapitole 1.3.1 vyplývá, že pro tuto techniku se nejvíc hodí multikoptéra s vodíkovým pohonem pro zalévání a postřik. Velikost multikoptéry a počet jejích rotorů zaleží na zemědělci, ale autorka doporučuje použít hexakoptéru z důvodu její střední velikosti a tedy menší celkovou vahou a pro účely unést co nejvíce požadovaného nákladu (hnojivo, voda).

### **2.1.3 Metoda monitoringu stavu rostlin a plodin**

Podle autorčina názoru, malé senzory a infračervené kamery budou sledovat průběh růstu plodin a varovat zemědělce přes počítač nebo jiné zařízení pokud se vyskytne nějaký problém, nebo když nastane nejlepší čas na sklizeň. Na UAS musí být nastaven určitý software, který analyzuje infračervené snímky zachycené pomocí kamery k detekci nezdravé vegetace. Když je identifikována problematická část, je pěstitel upozorněn na svém zařízení. Pravidelné učení a vylepšení softwaru a technických složek strojů zlepšují schopnost celého systému rozlišit odrůdy plodin od plevelu, který je ohrožuje. Například platforma od francouzské společnosti SenseFly eMotion 3 je poslední nejnovější verze softwaru pro eBee UA. [44] Lety jsou stavěny pomocí nastavených bloků a tedy stačí libovolně vybrat oblast, zvýraznit ji definováním klíčových bodů a eMotion automaticky vygeneruje letový plán bezpilotního systému. Návrat UA se také určuje dopředu, ale může být kdykoliv změněn jak časově, tak i dle polohy. (viz Obrázek 13)

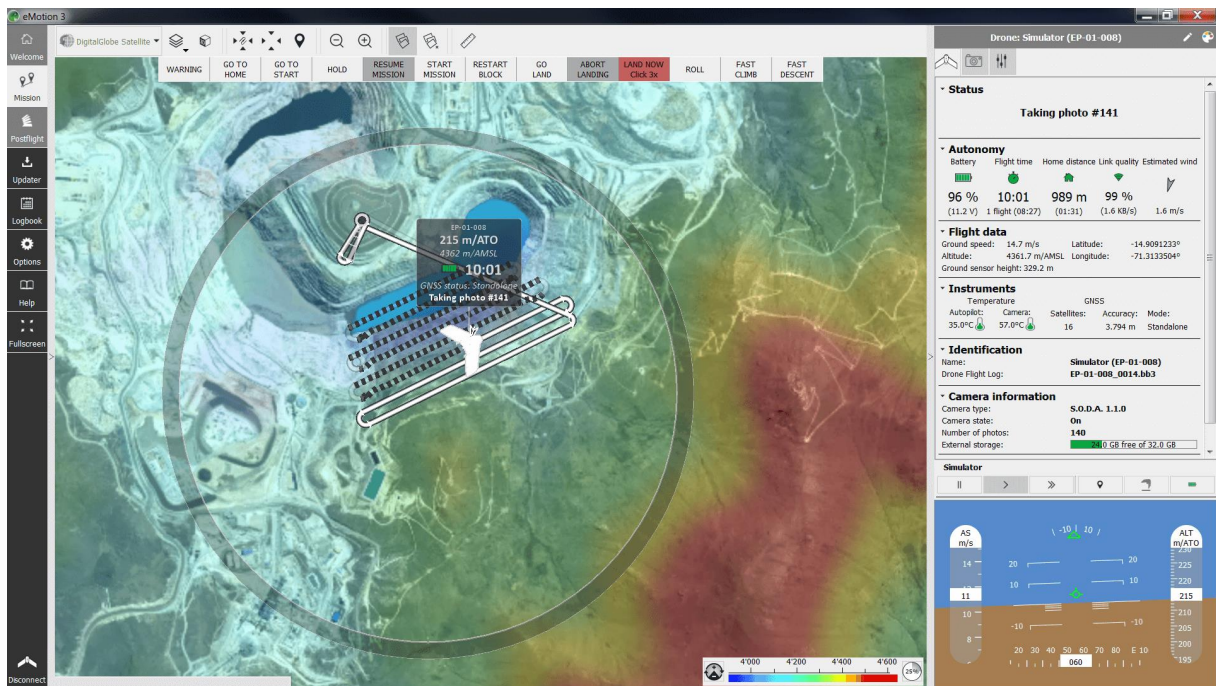


Obrázek 13. eMotion 3. Výběr oblasti [44]

Režim simulátoru eMotion pomůže optimalizovat letový plán a prozkoumat funkce a stav bezpilotního letadla za letu. Přezkoumá stav a teplotu baterie, vzdálenost od bodu „Home“, kvalitu spojení s Wi-Fi, letový čas, přesnost satelitu, výškoměr a umělý horizont (stejně jako v kabině letounu) atd. V případě potřeby jakékoliv nouze je možné pozastavit činnost UA, odvést ho od aktuální polohy, snížit nebo zvýšit jeho rychlost nebo výšku nad terénem<sup>23</sup> – takovýto software umožňuje manipulovat s UA za letu při jakýchkoliv různých podmínkách. (viz Obrázek 14)

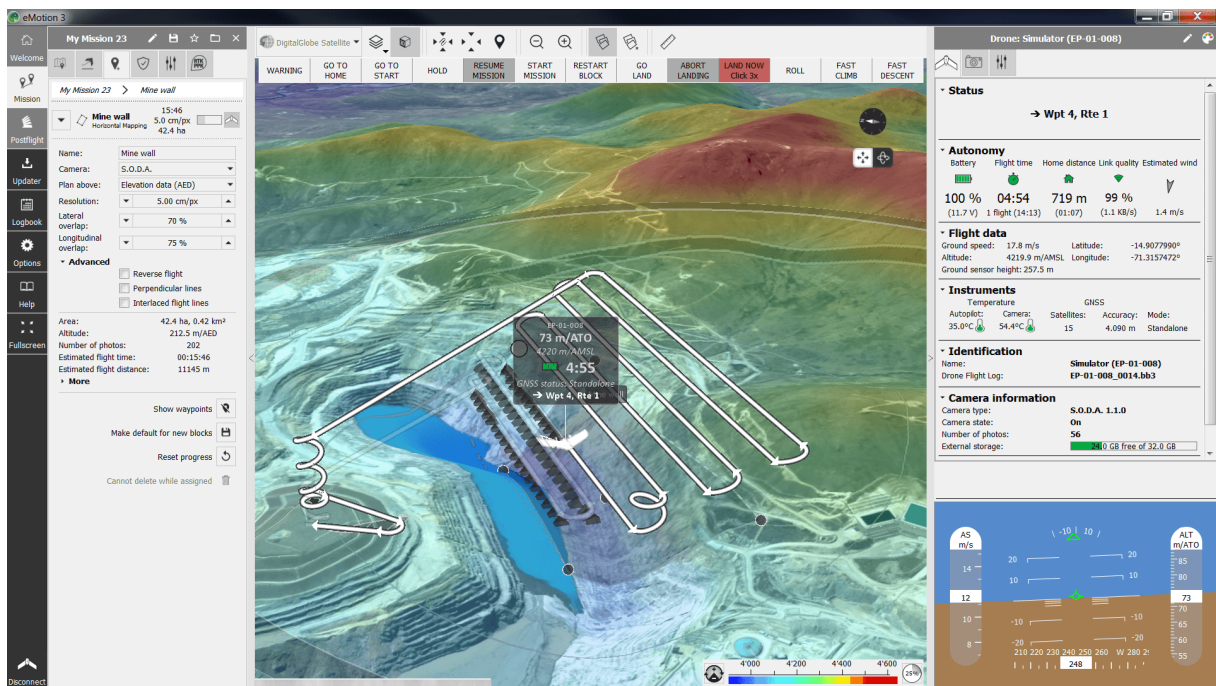
<sup>23</sup> Vždy se uvádí výška nad terénem, nikoliv nadmořská výška





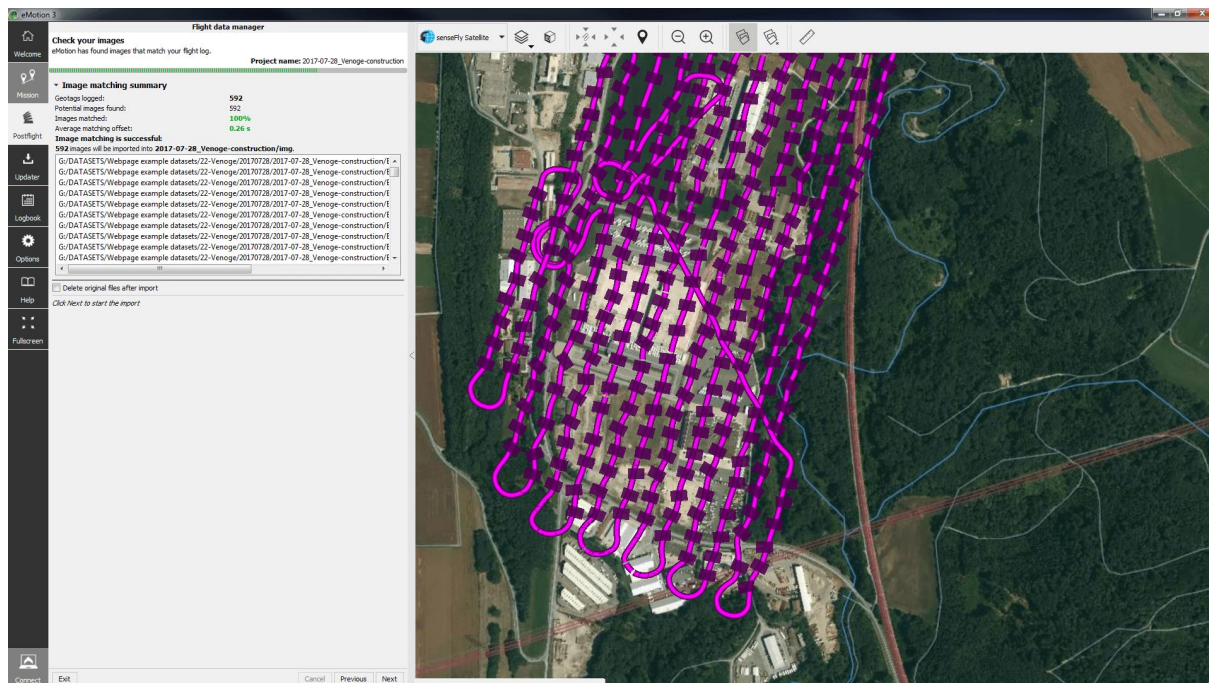
Obrázek 14. eMotion 3. Vlastnosti UA za letu [44]

Po jednoduchém ručním startu pak letadla eBee s pevnými křídly létají, zachycují obrazy a přistávají samy podle nastavení. Přistát lze lineárně, což vyžaduje aspoň 50 m přistávací dráhy, nebo kružnicí v případě neexistence dostatečující plochy pro přistání nebo vhodného místa. (viz Obrázek 15). Trajektorie letu se provádí ve tvaru „hadice“ a vždy za bočního větru pro dosažení konstantní rychlosti.



Obrázek 15. eMotion 3. Let [44]

Vestavěný správce letových údajů společnosti eMotion automaticky zpracovává georeferencování a připravuje obrazy potřebné pro následné zpracování v dalším softwaru, jako je například Pix4Dmapper (výrazně snižuje problémy s kompatibilitou softwaru jiných výrobců). (viz Obrázek 16)



Obrázek 16. Řízení získaných dat [44]

## 2.2 Doporučené použití bezpilotních systémů v hospodářství

### 2.2.1 Monitoring hospodářských zvířat a jejich zdraví

Cílem autorkou doporučeného projektu je navrhnout nové využití systému (viz kapitola 2.2.2) neboli platformy autonomních bezpilotních leteckých systémů pro sledování zdraví chovů skotu. Nový UA systém vybavený schopností snímání vidění, který identifikuje každé zvíře ve stádě a každodenně monitoruje jejich fyzickou polohu na pastvinách i indikátory zdraví, jako jsou funkce obličeje, hmotnost a fyzické aktivity. Všechna tato měření budou provedena za aplikace UA, které používá neinvazivní<sup>24</sup> metody měření. Významné pokroky v oblasti počítačové vědy, kooperativní kontroly či zemědělského inženýrství a správy živočišných systémů jsou potřebné k odblokování potenciálu UA systémů pro sledování zdraví skotu a přesné řízení hospodářských zvířat.

<sup>24</sup> nepronikající dovnitř organismu



Hlavními body jsou:

1. identifikace zvířete a jeho zobrazení,
2. trojrozměrné skenování skotu,
3. měření pohybu,
4. reakce skotu, zpětná vazba přes čidla,
5. hodnocení.

## 2.2.2 Platforma SAP

Existuje mnoho různých platform a softwarů pro analýzu dat získaných z informací, které zhotoví bezpilotní systém za letu. V této diplomové práci byl zvolen a doporučen autorkou systém neboli platforma SAP<sup>25</sup> [45] pro monitoring a sledování stavu zdraví zvířat na farmě.

SAP je často vnímán jako jediný vývojář ERP<sup>26</sup> systémů pro řízení korporací a průmyslových podniků. Avšak firma již dávno překročila rámec řízení podnikových systémů. SAP investuje ve směru výzkumu a vývoje a spoléhá na nové průmyslové odvětví, například Internet of Things<sup>27</sup> [46], strojní učení, umělou inteligenci, roboty, rozšířenou a virtuální realitu a mnohem více. Jedním z nových scénářů využívajících pokročilé technologie je inteligentní farmářské řešení s využitím bezpilotních systémů, mobilních aplikací a SAP Cloud Platform. [47] Tento systém pomůže zaměstnancům zemědělských podniků po celém světě sledovat velké množství skotu. Zemědělské podniky a chovatelé hospodářských zvířat stanovují několik cílů, které by chtěli pomocí systémových novinek dosáhnout:

- registrace a zvýšení počtu zvířat,
- sledování zdravotního stavu skotu z dálky,
- kontrola a monitoring pastvin a polí,
- rozšíření plochy pro pastvu, a to bez značného zvýšení personálních nákladů.

Proto se nyní v zemědělství aktivně studují a zavádějí nové technologie fungující přes internetové platformy. Například, jeden z největších holdingů plánuje umístit milion zvířat na deset tisíc kilometrů čtverečních. Pokud je tedy potřeba shromažďovat data z takového obrovského území, lze najmout více zaměstnanců nebo najít nová technologická řešení pro

---

<sup>25</sup> (angl. Systems - Applications - Products in data processing) – podnikový informační systém

<sup>26</sup> (angl. Enterprise Resource Planning) – plánování podnikových zdrojů – označení systému, jímž podnik za pomoci počítače řídí a integruje všechny nebo většinu oblastí své činnosti

<sup>27</sup> (angl. Internet of Things, IoT) – nový trend v oblasti kontroly a komunikace předmětů běžného využití mezi sebou nebo s člověkem a to zejména prostřednictvím technologií bezdrátového přenosu dat a internetu

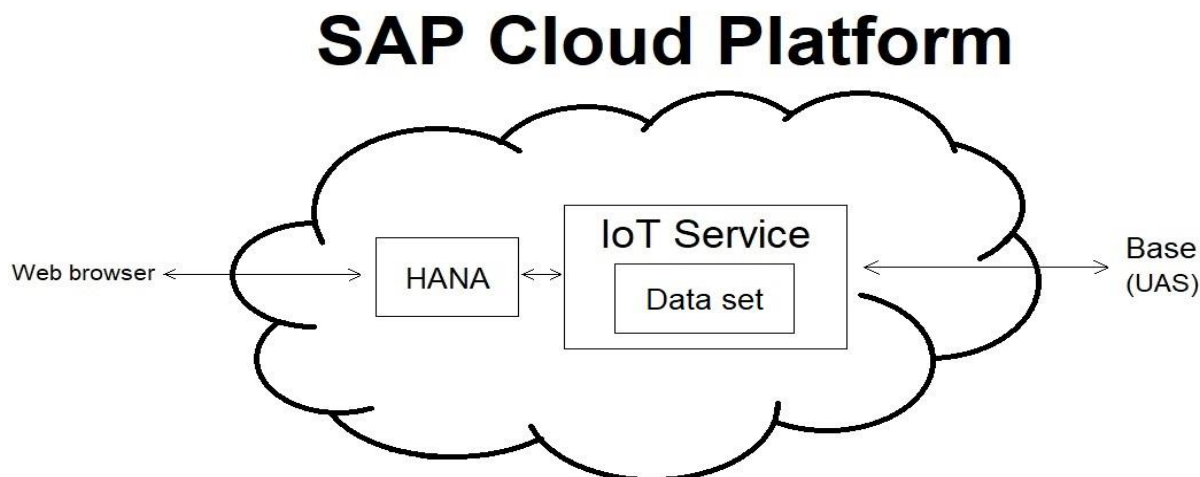
Internet of Things. Ve velkých farmách je již běžné používání čipů ke shromažďování informací o tom, jak se zvířata chovají. Řešení SAP pomáhá automatizovat řadu procesů a ponechává pouze funkce správy pro zaměstnance.

System se skládá z následujících součástí hardwaru:

- Mikropočítač;
- GPS senzory;
- Senzory teploty a pohybu;
- LoRaWAN<sup>28</sup> modem a vysílač s komunikačním dosahem až 5 km;
- Multikoptéra.

A softwaru, což je SAP Cloud Platform (viz Obrázek 17), zahrnující: [47]

- Web browser;
- Hana Platform, která umožňuje rychlé zpracování velkých objemů dat v reálném čase a zároveň jejich okamžitou analýzu;
- Internet of Things<sup>29</sup>;
- Datový soubor, což je samotný soubor, ve kterém se ukládají získána data;
- Základna – samotný UA přijímající signál.



Obrázek 17. SAP Cloud Platform (zdroj: vlastní úprava)

Na zvířatech jsou umístěny snímače polohy (GPS), pohybu (akcelerometr) a teploty. Akcelerometr ukazuje zrychlení ve 3 osách. Zvířata začínají provádět specifické pohyby částí

<sup>28</sup> (angl. Long Range Wide Area Network)

<sup>29</sup> Viz. Kapitola 2.2.2

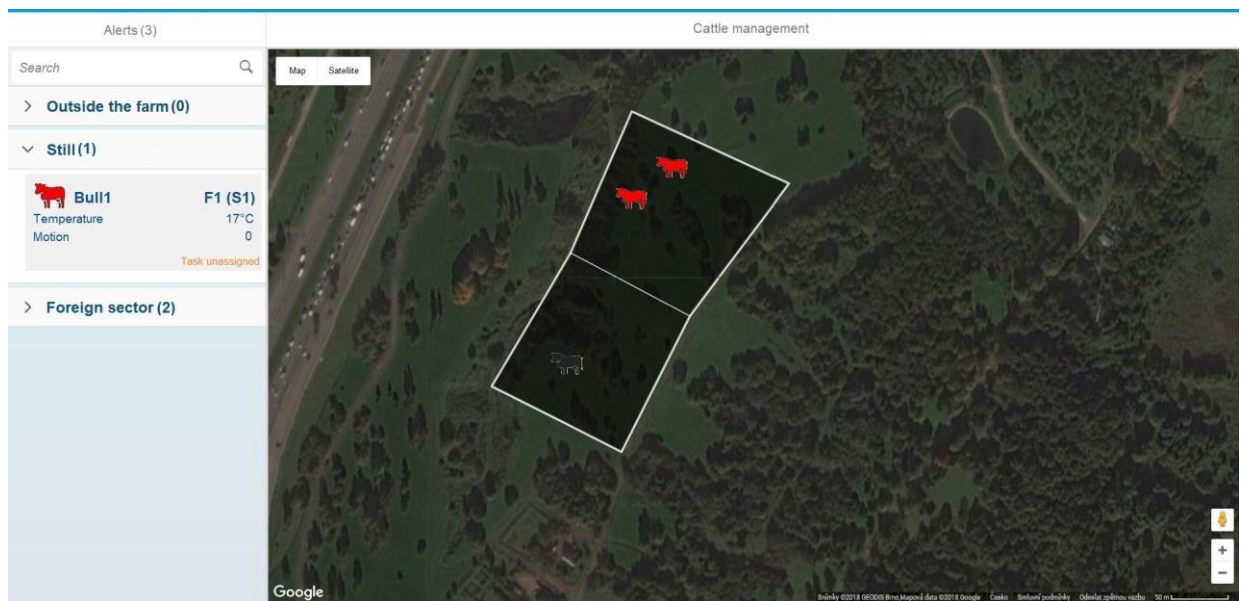
těla (například hlavy) pro vyjádření různé nemoci nebo změny ve zdravotním stavu (například připravenost na reprodukci nebo přítomnost parazitů). Snímače přenášejí data pomocí technologie LoRaWAN nainstalovanou na mikropočítač bezpilotního systému. LoRaWAN je nová technologie pro přenos dat, která prokázala svou účinnost v rozsáhlé síti (od 1 do 30 km) s bezdrátovými senzory pro zvířata. [48] Sady snímačů využívajících LoRaWAN lze připojit do sítě až 1000 zařízení. Využívá pásmo do 1GHz a rychlost přenosu je potom od 0.3 kb/s do 50 kb/s. Komunikace mezi koncovými prvky a bránami je rozložena na různá frekvenční pásma a přenosové rychlosti. Volba rychlosti přenosu dat je kompromisem mezi komunikačním rozsahem a délkou zprávy. Jednotlivé komunikační proudy s různými přenosovými rychlostmi spolu neinterferují vzhledem k technologii rozprostřeného spektra a vytváří sadu „virtuálních“ kanálů pro zvýšení kapacity brány. Aby se maximalizovala životnost baterie koncového zařízení a celková kapacita sítě, síťový server LoRaWAN spravuje přenosovou rychlost. [48] UA se používá jako základna pro příjem datového signálu, protože skoro na všech velkých pastvinách neexistuje žádný mobilní ani jiný druh komunikace. Letadlo letí nad stádem a sbírá data z jednotlivých objektů, pak se vrací „domů“, kde jsou informace ze snímačů načteny pro zpracování v platformě SAP Cloud Platform. Nyní cena jednoho senzoru pohybuje kolem 25 dolarů, ale ceny se neustále snižují. Vestavěné baterie umožňují přenos dat po celou dobu životnosti krávy, asi tři roky. Díky tomu, že UA jsou schopny i snímat pastviny a zvířata, pak se výsledné snímky používají pro výpočet indexu NDVI, a z toho je následně vidět stav zelené vegetace v pastvinách. Údaje získané ze senzorů umožňují vyvodit závěry o stavu zdraví zvířete. Nedávné studie ukázaly, že akcelerometr dokáže rozpoznat až devět různých chorob dobytka. Snímač teploty pomáhá detekovat mrtvé nebo nemocné zvíře a eliminovat možný zdroj infekce pro zbytek stáda. Srovnání údajů z GPS a teploměru umožňuje nalézt zraněné nebo chycené zvíře.

Když se UA vrátí na farmu se shromážděnými daty, všechny informace a fotografie se načítají do platformy SAP Cloud Platform. Následně zaměstnanci farmy mohou okamžitě začít analyzovat obdržené údaje, vypracovat plán dalších kroků nebo předpovídat stav dalšího vývoje zjištěných problémů.

V navrhovaném systému pod pracovním názvem "Řízené hospodářství" existuje několik režimů pro řízení stáda:

- Identifikace jednotlivých zvířat, která opustila svoji farmu, nebo jsou mimo povolený prostor;
- Zjištění zdravotního stavu. Pokud získaná data jsou nad nebo pod normou – přiřazení příslušných úkolů veterinářem;

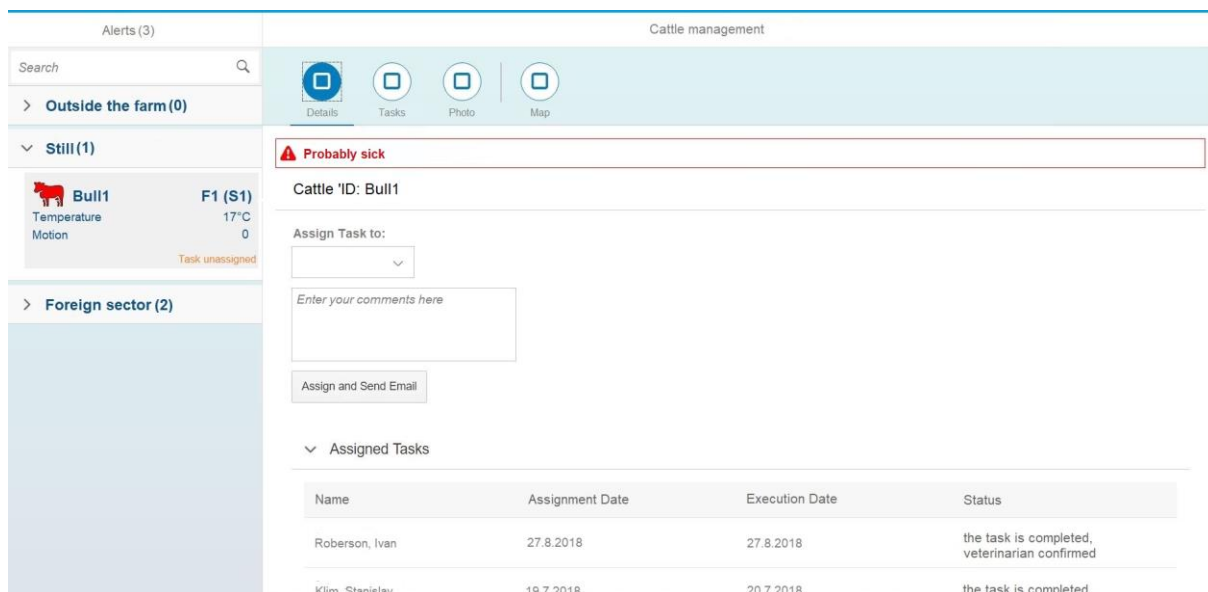
- Kontrola stavu zvířete za periodu (den, měsíc).



**Obrázek 18. Identifikace zvířat, která opustila svůj sektor pro pastvu (zdroj: vlastní úprava)**

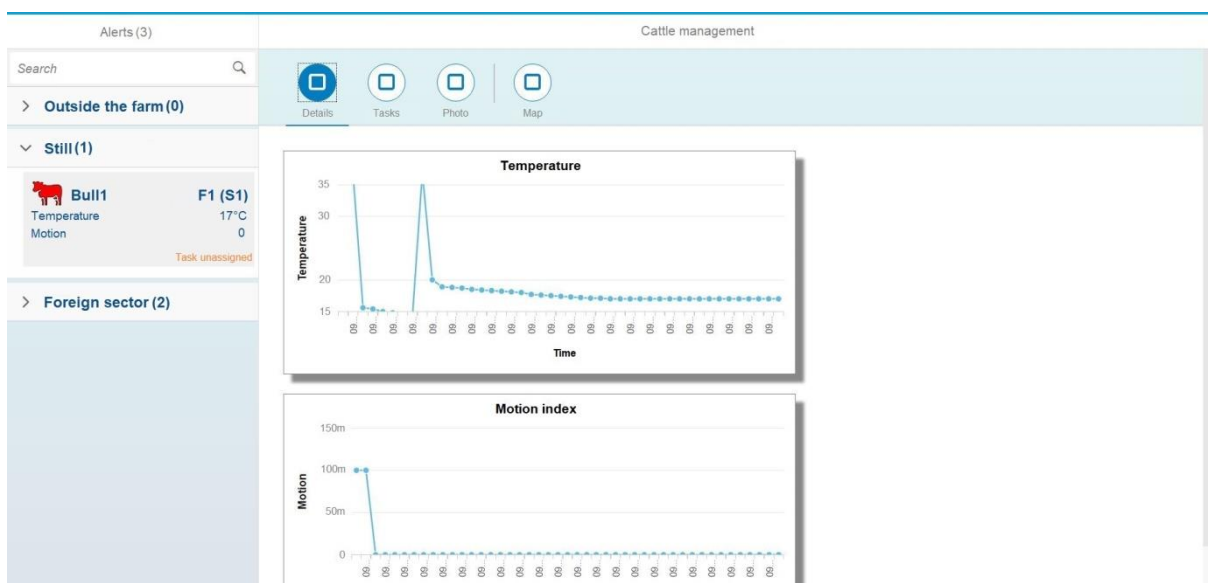
První snímek (viz Obrázek 18) zobrazuje obrazovku s upozorněním na mimořádné události. S její pomocí mohou zemědělci zaznamenat zvířata, která unikla do cizího sektoru pro pastvu, jakož i určit katastrální čísla zvířat, jejich fyzický stav a poslat úlohu provozovateli, který vrátí „utečené“ zvíře do správného sektoru. Pro tuto diplomovou práci byli použité býci, protože:

- není potřeba zahánět skot zpět do kravína kvůli každodennímu dojení, a proto můžou být venku kdykoliv;
- každý senzor, který se používá pro kontrolu každého zvířete, stojí přibližně 25 dolarů, což není zanedbatelná částka, a tedy nemusí být na každém jedinci. Rozumnějším řešením dávat senzory pouze na plemenné býky, kteří dokáží vyvolat případné změny polohy celého stáda.



**Obrázek 19. Přiřazení úkolů operátorovi (zdroj: vlastní úprava)**

Video může také rozpoznat jiné klinické příznaky u zvířat. Kdyby došlo k identifikaci choroby, UA to hned zachytí a operátor tento údaj následně vidí na displeji PC (viz Obrázek 19). Následovně je operátor schopen (i nucen) rychle se rozhodnout o izolaci zvířete od zbytku stáda a poslat příslušnou úlohu veterináři.



**Obrázek 20. Kontrola stavu zvířete s informacemi získanými ze snímačů (zdroj: vlastní úprava)**

Zaměstnanci podniků zaměřených na chov hospodářských zvířat mohou získat informace o stádu a dělat rozhodnutí o řízení jak v počítači, tak v mobilním aplikačním formátu pro smartphone nebo tablet. Na Obrázku č. 20 je vidět, že veškeré informace o kondici každého jednotlivce jsou znázorněné a archivovány.

Autorkou doporučená technika monitoringu hospodářských zvířat a jejich zdraví za letu vyžaduje letadlo, které je schopno:

- Umístit různá vybavení, jako kamera, čidla pro komunikaci se zvířaty (feedback stavu);
- Zastavit se a stát na místě, protože je potřeba monitorovat a zastavovat se v jedné poloze pro pozorování, analyzování, skenování stavu a chování zvířat;
- Vydržet hodiny létání bez doplnění energie, protože zvířata se pohybují venku po nějakou dobu minimálně dvou hodin, a to několikrát denně i přes noc. Vysoká výdrž usnadňuje práci při hospodaření i tím, že není potřeba pořád kontrolovat, kdy je letounu potřeba doplnit nebo vyměnit baterie, ale stačí se aspoň jednou za hodinu podívat, kde se momentálně nachází a je-li v provozním stavu neohrožujícím prostředím a ani dobytek;
- Vydržet hodiny za letu při nulových až záporných teplotách, protože dobytek je venku celý rok a je potřeba je sledovat tedy i v zimě;
- Mít ekologický a tichý pohon, který nebude vadit zvířatům, jejich zdravotnímu stavu a okolí, a který by pomáhal zemědělcům skenovat zvířata co nejbližší k nim pro větší přesnost a kvalitu výsledků.

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům k letadlu a podle kritérií a vlastností UA popsanych v tabulce č. 1 a 2 v kapitole 1.3.1 vyplývá, že pro tuto techniku se nejvíce hodí multikoptéra s vodíkovým pohonem. Velikost multikoptéry a počet jejích rotorů zaleží na zemědělcích, ale autorka doporučuje použít quadrokoptéru z důvodu její menší velikosti pro její menší celkovou váhu, která by vytvářela menší hluk, což by vyhovovalo zvířatům i zemědělcovi při monitoringu.

### **2.2.3 Veterinární a medicínská pomoc zvířatům na farmách**

UAS jsou vhodné ke sledování volně žijících živočichů, ropných skvrn ve vodních tocích či zvířat v karanténě. Doporučení autorkou dávat injekci za letu zvířatům shora, pouštět samo rozpouštěcí tabletu proti nachlazení nebo jiným lehkým nemocím je také návrhem na využití bezpilotních letadel. Například jeden vládní veterinární lékař by odcestoval do daného prostředí a poté tam poslal několik naprogramovaných UA a shromáždil data po dobu jednoho dne. Daná data poslouží poté pro analýzu situace. Jakmile bude každá veterinární klinika vybavena zařízeními pro podávání laboratorních vzorků bezpilotním letadlem, tak nebude nutné zvyšovat náklady na lidskou práci. Tím pádem se lidé nebudou muset soustředit na vyzvedávání vzorků a léků z veterinárních nemocnic, ale dodávky lékárenského sortimentu a převozu léčebných pomůcek může zajistit UA. Tímto opatřením

bude také snížena uhlíková stopa zanechaná dopravou osob (auto, autobus, loď, letoun...). Nebude také nutné, aby v budoucnu veterinární nemocnice musela nakupovat drahé nástroje, protože bude existovat možnost je nechat doručit a poté je vrátit pomocí UA, tím pádem si je jen půjčovat.

Bezpilotní letadlo je schopno zajistit péči přímo na poli, což znamená následující:

- Identifikovat chorobu pomocí tepelné kamery, podle které je vidět odlišení od ostatních zvířat (viz kapitola 2.2.2);
- Upozorňovat operátora, aby včas posuzoval závažnost použití lékařské péče např. pro okamžitou péči nebo k izolaci zvířete od stáda;
- Za stavu jen zvýšené teploty operátor zajistí okamžitý zásah UA tak, že ho přiblíží na dostatečnou vzdálenost k nemocnému zvířeti, maximálně na vzdálenost 35 ft, pro úspěšné vykonání činnosti a zanechání zvířete v klidu a následně vystřelit šikmo do těla zvířete samorozpadající se léčivou tabletu. UA tuto činnost vykoná pouze jednou, než bude znovu vyžadována.

Například, veterinární klinika, kde se zkoumávají odběry, se nachází 3 km od farmy, kde se pěstují hospodářská zvířata, a je potřeba co nejdříve odvézt odběry krve. Nejrychleji se tam dostane UA, který převezve vzorky, a to za čistých 6 minut, pokud bude konstantně letět 30 km/h konstantně. Určitě, se tam nepočítají překážky a limity podle legislativní stránky – to vše zaleží i na oblasti lokalizace farmy a veterinární kliniky.

Bezpilotní letadlo by mělo mít následující vlastnosti:

- Umí letět pomaleji a postupně snižovat rychlost, zastavit se a stát na místě – je potřeba vystřelit přesně;
- Výdrž minimálně hodinu až několik hodin, aby stihlo přepravit vzorky do nejbližší veterinární kliniky;
- Tichý a ekologický provoz, který neškodí zdraví zvířat, neohrožuje a ani nestraší dobytek a také šetří ovzduší;
- Dokáže umístit mechanismus pro stříkačku nebo tabletu (je podobný mechanismu u techniky sazení rostlin a stromů)
- Výdrž při záporných teplot, protože určitě bude potřeba převézt vzorky i v zimě.

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům k letadlu a podle kritérií a vlastností UA popsaných v tabulce č. 1 a 2 v kapitole 1.3.1 vyplývá, že tato technika velice shoduje s technikou monitoringu hospodářských zvířat a je tedy vhodné využít quadrokoptéru s vodíkovým pohonem.



## 2.3 Shrnutí kapitoly

Byla provedena analýza a komparace pro výběr vhodného UA, jeho částí, konstrukce, vybavení, souvisejících aplikací a platforem pro uskutečnění úkolů, které musí splnit UA. Níže sestavená a shrnutá Tabulka č. 4 slouží k jednoduššímu znázornění všech nejdůležitějších kritérií, která byla vybrána pro zvolení nejvhodnějšího UA pro konkrétní účely.

**Tabulka 6. Výběr UA**

Zdroj: vlastní úprava

|              | Zemědělství                         |                                       |                          | Hospodářství                    |                                      |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Typ činnosti | Sazení rostlin                      | Zalévání a postřik                    | Monitoring stavu rostlin | Monitoring stavu zdraví zvířete | Medicinská a veterinární pomoc       |
| Typ UA       | Křídlo + hexakoptéra                | Hexakoptéra                           | Křídlo                   | Quadrokoptéra                   | Quadrokoptéra                        |
| Vybavení UA  | Mechanismus na sazení semen, kamera | Mechanismus na zalévání <sup>30</sup> | Kamera                   | Kamera, čidla                   | Mechanismus pro injekci nebo tabletu |
| Pohon        | Elektrický – vodík                  | Elektrický – vodík                    | Elektrický – baterie     | Elektrický – vodík              | Elektrický – vodík                   |

<sup>30</sup> Mechanismus je popsán v Kapitole 2.1.2

Z výše navržených mini projektů, jejich možností a metod realizací, lze říct, že všech pět činností potřebuje skoro stejná bezpilotní zařízení s téměř stejným pohonem. Z toho vyplývá, že ideální bezpilotní systémy jsou dva, samokřídlo a hexakoptéra. Z hlediska nejen finanční náročnosti, zjednodušení ve skladování a využívání pouze dvou letadel, ale i z pohledu údržby mít pouze jeden stroj nebo stroje jednoho typu nebo značky je ve velké míře dostupnější a snadnější.

Křídlo provádí pouze snímkování, což by zvládlo u všech činností potřebujících fotografování zvolených v této diplomové práci.

Důvod zvolení hexakoptéry pro konkrétní účely je podmíněn následujícím:

- Velikost letadla – schopnost unést více nákladu, než quadrokoptéra, ale zase není největší (existuje i oktokoptéra). Pro poslední variantu použití nebyla vybrána, protože váží příliš mnoho, a tedy by byla příliš hlučná a to by mohlo vadit zvířatům. Pro převoz těžkých materiálů je však perfektní;
- V případě rozbití nebo selhání jedné z vrtulí by nebyla přerušena provádějící činnost, protože hexakoptéra má ještě 5 vrtulí navíc (obzvláště pokud každý ze šesti rotorů má dvě vrtule – shora i zdola);
- Snadná k manipulaci a lehká pro transportování.

Vodíkový pohon v účelech této práce je nejlepší variantou, protože:

- Specifická energetická náročnost benzínu a jiných typů fosilních paliv je o něco větší než u jakýchkoliv typů lithiových baterií. Celkově multikoptéra, jako jeden z nejeekonomičtějších letových systémů, potřebuje vyšší energetickou náročnost než všechny ostatní typy letadel. Základní princip multikoptového letu je neustálá dynamická stabilizace s řízením otáček motoru, což nemůže být v kombinaci s benzinovými motory spojeno kvůli velké setrvačnosti a mnohem horší přesnosti a rozsahu nastavení;
- Vodíkový pohon umožňuje provádět delší, tišší a ekologičtější lety – nejlepší kombinace pro Evropu, kde ekologie a zdraví zvířat jsou na prvním místě;
- Doplnění vodíku trvá necelé dvě minuty na rozdíl od dvouhodinového nabíjení baterií v případě, jestli pilot nemá náhradní nabitě;
- Elektrický pohon má obrovskou ekologickou zátěž způsobenou těžbou, likvidací nebo recyklací kovů, které jsou v bateriích používány. Problém lithiových baterií je i jejich nákladná výroba, která vytváří více emisí, než pak uspoří UA s elektrickým pohonem.

Nakonec, takovémuto zemědělci, který vlastní a má na starosti jak rostliny, tak i zvířata na své velké farmě, by stačily dva typy UA: samokřídlo a hexakoptéra. Kvůli provádění různých typů činností, vybavení hexakoptéry je snímatelné a vyměnitelné, proto ji lze použít na všechny typy úkolů představených v této diplomové práci.

Samokřídlo, které bylo vybráno pro zkoumání půdy, rostlin a vytváření ortofotoplánů a různých map, má elektrický pohon s využitím baterie, tzn., že se potřebuje dobíjet po každých 20-30 minutách. Pro rychlejší a jednodušší nabití společnost Global Energy Transmission zavedla systém pro indukční nabíjení letadel přímo během letu (viz Obrázek 21). [49]



**Obrázek 21. Global Energy Transmission. In-flight charging [50]**

Technologie je schopna současně nabít nejen jeden UAS, ale více najednou, přitom nepotřebuje jejich přistání. Bezdrátová síť pracuje následovně: UA letí do šestiúhelníkové nabíjecí stanice, jejíž průměr je asi 10 metrů a přenáší až 12 kW s účinností cca 80%. Průměrně velkému bezpilotnímu letadlu stačí šestiminutová zastávka, aby potom byl schopný letu ještě nejméně 25 minut. Systém je snadno sestavitelný, přepravovatelný a jednoduchý k nasazení na potřebném místě kdekoliv a kdykoliv a za různého počasí. [49]

### 3 Rizika, nebezpečí a limity plynoucí z použití bezpilotních systémů v zemědělství

---

Počet bezpilotních létajících systémů se postupně rozrůstá a jejich distribuce může způsobit mnoho problémů. Nejhlavnějším tady není to, že se UA můžou najednou obrátit proti lidstvu (i toto se nesmí vyloučit). U rozvoje vždy existují dvě strany. UAS otevřely nové příležitosti pro lidi v naprosto nečekaných oblastech, ale společnost zatím není připravena i na to, že desítky automatizovaných robotů budou procházet nebo i prolétávat ulicemi města, a přitom provádět řadu operací.

UAS jsou mnohem ekologičtější než ostatní letadla a obyčejná doprava. Většinou je pro jejich provoz zapotřebí jen elektřina. Možná právě proto bezpilotní letadla tak aktivně dobývají zemědělství. UAS v zemědělství jsou používány k mnoha různým účelům, některé z nich byly popsány v této diplomové práci. Z tohoto se lze domnívat, že jedno zařízení může vyřešit několik problémů, což je mnohem vhodnější, než použít velké množství strojů, zařízení a lidských zdrojů k dosažení jednoho konkrétního cíle.

Následující vlastně vytvořená tabulka č. 7 obsahuje možná rizika, problémy a limity, které mají vysokou pravděpodobnost nastat při vykonávání zemědělských činností a chovu hospodářských zvířat. Avšak každé jednotlivé riziko, nebezpečí a limit má své řešení.

**Tabulka 7. Rizika, nebezpečí, limity a jejich řešení**

Zdroj: vlastní úprava

| Riziko, nebezpečí, limit  | Řešení  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Nesjednocená legislativa</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vytvořit nový právní rámec nebo jednotný právní soubor evropských předpisů pro území Evropské Unie, aby se urychlil technologický pokrok, zvýšila se poptávka po UA, s čímž se zajistí větší bezpečnost jak pro uživatele a výrobce, tak i bude šetrnější pro ovzduší a ekologii jako celku</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>UA neunes náklad požadované hmotnosti nebo spadne na polovině cesty</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vypočítat maximální hmotnosti nákladů, který může být v hospodaření použit a na základě zjištěných informací zakoupit příslušný UA</li> <li>Zakoupit UA s maximální vzletovou hmotností odpovídající požadavkům provozovatele</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Střet s překážkou (strom, ohrada)</li> <li>Létání v nízké výšce</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Podrobné a detailní zkoumání pole, po čemž nastavení softwaru přesně podle ortofotoplanu</li> <li>Využití možností nainstalování funkcí detekce překážek pomocí čidel na jejich zjištění</li> <li>Zadání přesné trajektorie letu UA včetně vyhýbání se překážkám</li> </ul>                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Předčasné vybíjení baterie</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sledování stavu baterie a jiných složek vybavení UA z dálky přes počítač, smartphone nebo jiné komunikační zařízení</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Lidský faktor spojený s únavou, zanedbáním, nepozorností, nezodpovědností, nezkušeností</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pravidelná školení a výcvik</li> <li>Doplňková školení a výcvik v případě novinek v pravidlech létání nebo legislativě</li> <li>Rozdělení směn (i nočních) mezi operátory</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Při exportu UA do jiných zemí v případě objednání je potřeba přiložit ke každému jednotlivému UAS povolení, jehož získání trvá zhruba měsíc</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>UAS jednoho typu/výrobce lze odesílat společně, čímž se sníží doba doručení a export bude rychlejší</li> </ul>   |



| Riziko, nebezpečí, limit   | Řešení   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meteorologické podmínky (např. dlouhodobý déšť), které by mohly ovlivnit práci zemědělců nebo komplikovat vykonávání činnosti na polích</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vybrat voděodolný UA, který může fungovat za nepříznivých podmínek</li> <li>• Vybrat UA ze speciálního materiálu</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozmanitost výběru UA jak podle typu, tak i podle výrobce</li> <li>• Není jediná optimální varianta nebo standard</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vybrat co nejvhodnější UAS aktuálně existující na trhu a vybavit ho podle vlastních preferencí a potřeb</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• V současné době bezpilotní systémy vnímány jako sekundární technologie a nejsou financovány státní složkou</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Přijetí UA jako důležitou složku přivede ke značnému rozvoji této sféry a urychlení ve vývoje použití v zemědělství a ke kontrole skotu</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• V rámci precizního zemědělství (např. technika práce na polích, když se hnojivo neaplikuje rovnoměrně, ale jen v místech, kde je potřeba) zemědělec potřebuje informaci o problematických místech hned po letu, ale společnosti, které se zabývají snímáním a focením pomocí UA, jsou schopni poskytnout tyto informace až po dvou týdnech</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvůli tomu, že létat s UA zemědělského typu je možné jen v případě získání povolení od ÚCL, není možné se tomuto limitu vyhnout. Jediná možnost vyřešení je zmírnění legislativní stránky (viz kapitola 4.2.2)</li> </ul> |

### 3.1 SWOT analýza

SWOT analýza zcela umožnila zhodnotit faktory ovlivňující zvolenou problematiku využití UAS sestavením. Sestavená matice se čtyřmi kvadranty (viz Tabulka 8), jimiž jsou silné a slabé stránky jako vnitřní činitele, a příležitosti a hrozby jako vnější činitele. Stanovení těchto faktorů usnadňuje určení metod, jak posílit silné stránky a jak eliminovat slabé stránky, jak využít příležitostí a jak se vyhnout hrozbám.

Tabulka 8. SWOT analýza

Zdroj: vlastní úprava

|                   |  | SWOT Analýza  |  |
|-------------------|--|---|--|
|                   |  | Silné stránky   | Slabé stránky  |
| Vnitřní prostředí |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychlé nasazení</li> <li>• Mobilita</li> <li>• Jednoduchost ovládání</li> <li>• Skladnost</li> <li>• Rozmanitost využití</li> <li>• Neomezená dostupnost v terénu</li> <li>• Velký výběr UAS pro konkrétní účel</li> <li>• Levnější provoz a údržba</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Závislost na meteorologických a povětrnostních podmínkách</li> <li>• Absence certifikovaných bezpečnostních prvků</li> <li>• Omezující a nejednotná mezinárodní legislativa, nespecifikovaná pro zemědělské a hospodářské účely</li> <li>• Zkrácený letový čas</li> </ul> |
|                   |  | Příležitosti  | Hrozby   |
| Vnější prostředí  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rychle se rozvíjející technologie</li> <li>• Zkušenosti ze zahraničí</li> <li>• Zvyšující se počet registrovaných pilotů a bezpilotních systémů</li> <li>• Zvyšující se počet dodavatelů a výrobců UA technologií</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Možnost zneužití UA teroristy a dalšími nežádoucími organizacemi</li> <li>• Možnost používání UA pro protizákonné činnosti (vezení – dodávka drog)</li> </ul>   |

Bezpilotní létající systémy nejsou výjimkou a mají také své výhody i nevýhody. Výše uvedené slabé stránky mají pouze dočasný charakter. Závislost na meteorologických a povětrnostních podmínkách zůstanou, ale s vyvíjejícími se UA technologiemi se bude snižovat. Omezená vzdálenost a doba letu se budou ještě více vylepšovat i nadále z důvodu poptávky po službách. K využití příležitostí bude potřeba neustálé spolupráce všech zúčastněných subjektů, kteří se na výrobě, propagaci, distribuci, prodeji a provozu podílejí,

a to nejen v rámci České republiky, ale především na mezinárodní úrovni. Podobně to je i s eliminací existujících hrozeb, kde je zapotřebí i dostatečně informovat veřejnost, aby nevznikaly otázky způsobené obavami z neznámého a nového. K silným stránkám patří především jednoduchost a mobilita UAS, protože na prvním místě je vždy časová náročnost a ekonomická stránka. Zdá se, že využití UA je limitováno, ale není to tak. UA má levnější provoz a údržbu na rozdíl od klasické letecké dopravy, také i snadnější manipulovatelnost díky malým rozměrům a nízké hmotnosti UAS. Současně je nutné pořád držet krok s vývojem a sledovat novinky v této sféře, tak aby státní složky byly ve využívání bezpilotních systémů stále technicky a organizačně napřed.

## 4 Legislativa

---

Stejně jako řízení pozemních dopravních prostředků se řídí i létání s UAS podle určitých pravidel a zákonů, jejichž cílem je zajištění bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru nad územím České republiky.

Hlavním pramenem práva v oblasti letectví je Úmluva o mezinárodním civilním letectví<sup>31</sup> provedenou 7. prosince 1944 v Chicagu. [4] Chicagská úmluva představuje základní platformu jakékoli jiné právní regulace v letectví a v těchto právních základech spočívá také i problematika UAS. Rozumíme-li bezpilotním létajícím systémem neboli UAS každé bezpilotní letadlo, pamatovala na něj i Chicagská úmluva od samého počátku, a to ve velmi restriktivním smyslu, kdy v souladu s čl. 8 musí být let letadla řízeného bez pilota nad územím smluvního státu definována vždy zvláštním zmocněním. Taktéž i Zákon o civilním letectví v České republice podmiňuje let letadla bez pilota nad územím České republiky zvláštním povolením (§ 52 zákona o civilním letectví<sup>32</sup>). [5] Avšak, z hlediska významu oba dva standardy národního a mezinárodního práva jsou překonané v realitě masivního použití UA a se vznikající novou vizí svého využití. Oficiální omezení letů UAS bylo přijato za podmínek zcela jiných a za jiného stavu techniky, než toho, co dnes existuje.

Řízení letového provozu bezpilotních systémů čelí problémům zejména v souvislosti s jejich miniaturizací, kde jsou malé UA odděleny od vzdáleného a nepřístupného vzdušného prostoru, který se vnímá odděleně od běžného života a který je plný dopravních letadel. Vstupem do vzdušného prostoru a výstupem z něj přestává být letiště a stává se všechno, co obklopuje lidi. Současně převládá napětí mezi zájmem o bezpečnost a zájmem o ochranu soukromí, životního prostředí a veřejného zdraví na jedné straně a zájmem o využívání nových technologií ze strany společnosti na straně druhé. Tyto zájmy se liší v každé zemi jinak a ukáže až budoucnost, jaké z nich převáží.

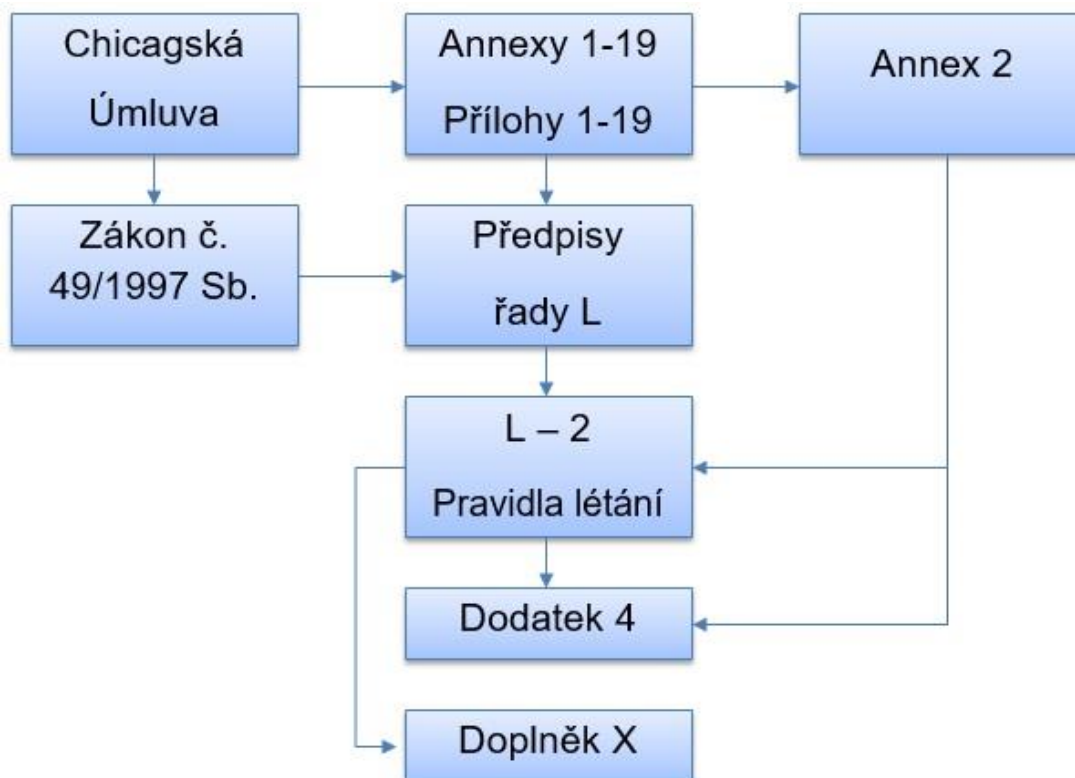
Bezpilotní létající systémy působí v několika oblastech práva, z nichž v první řadě je regulace letových operací obecně, ale do značné míry také i ochrana soukromí a odpovědnosti za škodu v civilním právu, jakož i obchod se zbraněmi nebo vliv na životní prostředí.

---

<sup>31</sup> Chicagská Úmluva

<sup>32</sup> Létání letadel bez pilota

Provoz bezpilotních systémů v České republice závisí na několika právních dokumentech (viz Obrázek 22). [1, 4, 5]



**Obrázek 22. Právní struktura létání s bezpilotními letadly v České republice**  
[Zdroj: vlastní úprava, 1, 4, 5]

Na mezinárodní konferenci v roce 1944 v Chicagu byla přijata Úmluva o mezinárodním civilním letectví neboli Chicagská úmluva, která stanovila zásady létání, upravila mezinárodní leteckou dopravu, vytýčila organizační strukturu nové Mezinárodní organizace pro civilní letectví<sup>33</sup>.

Zákon o civilním letectví neboli Zákon č. 49/1997 Sb. přijatý v České republice obsahuje všechny náležitosti a požadavky této mezinárodní úmluvy, podle kterých jedná a rozhoduje Úřad pro civilní letectví, Ministerstvo dopravy a další spoje v České republice.

Standardy a doporučení, přílohy neboli Annexy jsou vydané na základě čl. 37 Úmluvy o mezinárodním civilním letectví. Přílohy jsou přeloženy do českého jazyka (stejně jako do jiných jazyků členských států ICAO) jako Předpisy řady L a jsou vydávány ve znění přijatém Českou republikou zastoupenou Ministerstvem dopravy a uveřejněném v Letecké informační příručce. Stát se nemusí omezovat na doslovné převzetí a překlad příslušných předpisů

<sup>33</sup> ICAO – International Civil Aviation Organization

ICAO. Letecké předpisy specifikují vnitrostátní požadavky jako závazný právní předpis řady L, kterých je celkem 19.

Nejdůležitější letecký předpis pro UAS je Předpis L2 – Pravidla létání vycházející z Annexu 2 Chicagské úmluvy i z přeložených do Češtiny Předpisů řady L.

Dodatek 4 leteckého předpisu L2 vychází z Appendixu 4 Annexu 2 Chicagské úmluvy. Dodatek 4, ustanovení 2.4 zavazuje Doplněk X nabývat účinnosti na vnitrostátní úrovni v České republice, protože Doplněk X není transpozicí textu schváleného na úrovni ICAO, ale právě výše zmíněným doplněním leteckého předpisu L2 na vnitrostátní úrovni se zvláštními požadavky pro létání se systémy dálkově řízeného letadla na území ČR.

## 4.1 Doplněk X

Provozu bezpilotních letadel se věnuje zvláštní Doplněk X [1] k obecným pravidlům létání L2. Doplněk X je verze České republiky, jinak leteckého předpisu L2, ukotveného v českém právním řádě na základě § 102 odst. 2 Zákona o civilním letectví, což z hlediska normativní síly vyvolává otázky v souvislosti s tím, že úkoly a povinnosti je možné podle ústavy ČR ukládat jen na základě daného zákona. Doplněk X, vydaný Ministerstvem dopravy bez jasného regulačního zmocnění, ve skutečnosti působí jako zákonné ustanovení v rámci zásadního zákazu. Významná změna Zákona o civilním letectví nebo vydání zvláštního zákona, který není zatím na dohled, ani v bližší době, jež by mohly dát zákonnou povinnost čili základ pro provozovatele UAS. Taková právní úprava jako celek může být charakterizována jako činnost, která je obecně zakázaná, ale zákon stanoví regulační rámec, v němž je tato činnost považována za přípustnou. Neexistuje žádné komplexní pozitivní přizpůsobení UA v oblasti civilního letectví a povolené limity nemají dočasnou podporu při regulaci příslušné právní síly, a to ani v právních předpisech. Let bezpilotního letadla je principiálně vázán na zvláštní povolení, a také se považuje za cizí a nežádoucí věc, pro kterou musí být povolena výjimka na každý individuální a zvláštní případ. Avšak dodržování Doplněku X je navrženo tak, aby zaručovalo jeho beztrestný a ve skutečnosti legální provoz. Otázka dodržování Doplněku X při zvláštní události ve vzdušném prostoru bude nepochybně rozhodující pro posouzení možné odpovědnosti za trestný čin nebo přestupek, a Doplněk X se pravděpodobně projeví i při soudním posuzování odpovědnosti za způsobenou škodu. Tedy účinek Doplněku X je v Ústavě a právním státě rozporuplný. Rozhodně stojí za to se přizpůsobit nejen kvůli vlastní bezúhonnosti, ale také kvůli bezpečnosti nejen pilotů, posádek, cestujících, ale i dalších lidí kdekoli, kde UAS mohou bezproblémově létat. Přijetí pozitivních právních norem pro bezpilotní systémy by bylo více než žádoucí. Samotné UA



nejsou základním etickým problémem, a proto některé etické otázky s nimi spojené budou muset být považovány za relativní vzhledem k jejich specifickému použití.

#### 4.1.1 Hlavní ustanovení

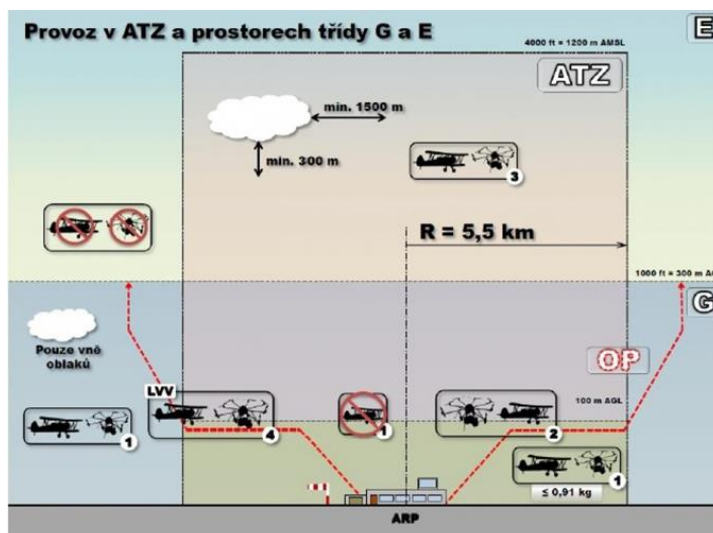
Základní pravidla létání se rozdělují podle několika zón, v nichž je možné létat s bezpilotními systémy: [1]

- Vzdušný prostor třídy G (viz Obrázek 23), což znamená maximálně 300 metrů nad terénem a vně oblak;
- CTR – Control Zone – Řízený okrsek, kde je povoleno létání s UAS do výšky 100 metrů nad terénem a v horizontální vzdálenosti 5,5 km od vztaženého bodu řízeného letiště mimo ochranná pásma, nestanoví-li ÚCL a provozovatel letiště jinak na základě dohody;
- ATZ – Aerodrome Traffic Zone – Letištní provozní zóna – část vzdušného prostoru v okolí neřízeného letiště (doporučené radiové spojení). Let smí být prováděn na základě dohody a splnění podmínek stanovených provozovatelem letiště;
- RMZ – Radio Mandatory Zone – aktivovaná oblast s povinným radiovým spojením – část vzdušného prostoru nad neřízeným letišťem, kde let se provádí na základě koordinace s letištní letovou informační službou<sup>34</sup> poskytující meteorologické informace a informace o provozu na letišťem známému provozu nebo podle dohody na stanovení koordinace s provozovatelem letiště. Letadlo musí být vybaveno odpovídačem sekundárního radaru, jinak nesmí vstoupit do RMZ;
- Plochy pro sportovní a zájmové létání, které nejsou řízené a pro ně žádná zóna není vyhlášená, proto let s UAS smí být prováděn v jakýchkoliv výškách a vzdálenostech na vlastní zodpovědnost pilota a uživatele.

Snadnější pravidla mají modely s maximální vzletovou hmotností do 0,91 kg, které smějí v třídě G, zóně CTR a ATZ létat do výšky maximálně 100 m nad terénem a ve vzdálenosti 5,5 km od vztaženého bodu bez koordinace. [1]

---

<sup>34</sup> AFIS – Aerodrome Flight Information Service



Obrázek 23. Prostor pro létání. [1]

**Legenda k obrázkům 1 a 2:**

|              |  |            |                           |
|--------------|--|------------|---------------------------|
|              | Modely letadel s maximální vzletovou hmotností do 20 kg                                  |            |                           |
|              | Bezpilotní letadla (tj. včetně modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nad 20 kg) |            |                           |
| <b>CTR</b>   | Řízený okresek letiště   | <b>LKR</b> | Omezený prostor           |
| <b>ATZ</b>   | Letištní provozní zóna neřízeného letiště  | <b>LKP</b> | Zakázaný prostor          |
| <b>OP</b>    | Ochranná pásma letiště   | <b>LKD</b> | Nebezpečný prostor        |
| <b>G / E</b> | Označení třídy vzdušného prostoru  | <b>TSA</b> | Dočasně vyhrazený prostor |
| <b>ARP</b>   | Vztažný bod letiště  | <b>TRA</b> | Dočasně vymezený prostor  |
| <b>AMSL</b>  | Nadmořská výška  | <b>AGL</b> | Nad úrovní země           |

|   |  |
|---|--|
| 1 | Lety bez koordinace  |
| 2 | Splnění podmínek provozovatele letiště (PL) + koordinace s letištní informační službou (AFIS)  |
| 3 | Splnění podmínek PL + koordinace s AFIS  |
| 4 | Souhlas/povolení ÚCL   |
| 5 | Letové povolení příslušného stanoviště řízení letového provozu (ŘLP). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru                      |
| 6 | Povolení ÚCL (nebo v případě leteckých prací (LP) koordinace s ŘLP + koordinace s PL). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru     |
| 7 | Povolení ÚCL (nebo v případě LP koordinace s ŘLP + koordinace s PL) + letové povolení ŘLP. ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru |

Obrázek 24. Legenda [1]

Nejdůležitějším prvkem je nutnost získat příslušné povolení od Úřadu pro civilní letectví jak pro létající systém, tak i pro pilota. Rozlišuje se dva typy: letecká činnost pro vlastní potřebu a letecká práce. Letecká činnost pro vlastní potřebu je podpora vlastního podnikání, k čemuž je potřeba mít licenci pro provádění letů. Zatímco, za leteckou práci se musí považovat všechny děje, když se při tom vydělává a používá se UA, jakými jsou např. fotografování na svatbě profesionálním fotografem z výšky pomocí UA nebo také průzkum konstrukčních prvků výškové stavby kamerou ovládanou z dálky, což vyžaduje i povolení k provozování letecké práce. V takových případech vzniká otázka, zda současná dočasná regulace UA absolutně neuspořádaná a bezúčelně přísná, je vhodná.

V tomto ohledu by se mohla i v blízké budoucnosti právní stránka změnit, ale na druhou stranu by masové rozšíření v oblasti využívání UAS mohly způsobit řadu problémů, způsobených provozem nevyškolených a amatérských pilotů.

## 4.2 Vlastní návrh na změny v legislativě

Změny právních předpisů čili konkrétně Doplnku X jsou již pod kontrolou odborníků. Při následujících návrzích, které se nabízejí autorkou této diplomové práce, se vycházelo z úmyslu zlepšit stav v oblasti využití UAS přesně v zemědělství a hospodářství, stejně tak i v jiných složkách, kde se UA používají. Někteří profesionální piloti<sup>35</sup> se stěžují, že mají moc přísné předpisy pro let bezpilotními systémy a pravidla pro získání licence profesionálního pilota bezpilotních letadel na ÚCL. Zatímco, obyčejní amatéři, kteří nemusejí skládat ani zkoušku, můžou provádět lety kdykoliv a jakkoliv, i kdyby někoho urazili nebo na něco narazili a poškodili majetek. Neříká se, že se předpis L2 na amatéry nevztahuje, ale jde pouze o vlastní zodpovědnost, což znamená, že UA méně než 25 kg se neregistruje, čímž nestává majetkem uživatele, a proto neexistuje pro amatéry žádné oficiální limity v používání UAS.

Do Doplnku X navrhuji zařadit změny popsané v níže uvedených kapitolách.

### 4.2.1 Dohled pilota

Během letu pilot nemusí udržovat trvalý vizuální kontakt s bezpilotním letadlem, pokud je UAS vybaven certifikovaným Fail-safe systémem, Sense avoid systémem, odpovídajícím záchranným padákem a jestli ÚCL udělí provozovateli povolení k FPV létání.

### 4.2.2 Prostory

Let smí být prováděn pouze v povolených prostorech (třída G) s výjimkou situací krajní nouze, kdy v nepovoleném prostoru dojde ke přímému ohrožení života, zdraví, majetku nebo životního prostředí a vzniklé riziko nelze odvést jinak, než narušením nepovoleného nebo zakázaného prostoru. Takovýmto narušením nesmí vzniknout ještě větší nebezpečí než to, které bylo odvráceno. Pokud to povaha nebo okolnosti úkonu dovolí, vstup do jiných než povolených prostor musí být předem ohlášen ÚCL. Pro zemědělce je vhodné létat nad svým soukromým pozemkem nebo pronajatým prostorem, který slouží jako farma, časově neomezeně, tzn. i v noci. Další změnou v předpisech je výška letu. ÚCL povoluje létání s bezpilotním letadlem do 300 m nebo 100 m pro vybrané typy UA v prostoru ATZ nebo CTR. Navržená změna by dovolovala létání do 50 m nad terénem bez jakýchkoliv povolení

---

<sup>35</sup> Profesionální pilot bezpilotních systémů pan Martin Sedláček (viz. Kapitola 2.1)

od ÚCL. Uvedená výška umožňuje zkoumat půdu a kontrolovat stav dobytka, a zároveň neblokuje ani neomezuje ostatní vzdušný prostor.

### **4.2.3 Ochranná pásma**

Provádění letu pomocí UA v ochranných pásmech je dovoleno pouze v případě krajní nouze a za podmínek jako při průletu zakázaným, omezeným nebo nebezpečným prostorem.

### **4.2.4 Shazování nákladu**

Bezpilotní letadlo může být použit ke shazování předmětu za letu pouze v případě certifikace daného přístroje, jehož provozovatel má k němu povolení od ÚCL, a jehož pilot úspěšně složil zkoušku způsobilosti pro provedení letu.

### **4.2.5 Minimální vzdálenosti**

Stanovení minimálních vzdáleností, vyplývajících z řádku č. 7 Tabulky 1 v Doplnku X Předpisu L 2, lze porušit pouze v případě krajní nouze a za stejných podmínek, jako při průletu nedovoleným prostorem a při provádění letu v ochranném pásmu.

### **4.2.6 Nebezpečné zboží**

Bezpilotní letadlo smí být použito k přepravě lékařských přípravků, vzorků krve, chemických látek (stříkačky, tablety) určených pro veterinární pomoc na farmách a pro hospodářská zvířata<sup>36</sup>, chemických látek pro postřik rostlin a plodin<sup>37</sup>. UA musí mít specifikaci jako zemědělské UA a mít certifikace pro provádění těchto činností.

## **4.3 Shrnutí kapitoly**

Jednalo se o základní a okamžité právní problémy při létání s bezpilotními létajícími systémy hlavně pro zemědělské činnosti, což, podle autorčina názoru, okamžitě ovlivnilo jejich provoz. Hlavním cílem a motivací k zpracování této kapitoly legislativního aspektu směřuje k orgánům veřejné moci, která je svěřena legislativními pravomocemi, jakož i zákonodárcům v rámci České republiky a Evropské unie, aby vzali v úvahu přeměnu vojenských dronů na UA pro lidské a civilní činnosti a dali civilním bezpilotním systémům jasnější, aktualizovanější a hodnotově vyváženější právní základ. Doposud je využití UAS nelehké a omezené práce s nimi pouze v dohledu pilota omezuje vykonávání činnosti, což neumožňuje zavést je do provozu v rámci zemědělství na území České republiky.

---

<sup>36</sup> Viz kapitola 2.2.3

<sup>37</sup> Viz kapitola 2.1.2

## Závěr

---

V této diplomové práci na základě získaných informací byla provedena analýza a popis důležitosti technologie bezpilotních létajících systémů nejen v oblasti zemědělství a chovu hospodářských zvířat, ale i v jiných oblastech, kde se UAS již využívají a také jejich šíření do budoucna a možné oblasti dalšího uplatnění. Práce obsahuje informace vzaté nejen z veřejně dostupných zdrojů, ale také i ze zkušeností a předmětů zájmů, což ovlivnilo navrhnout některé možné oblasti použití UAS.

Začátek práce se krátce zabývá historií bezpilotních systémů a jejich charakteristikou a rozdělením podle různých kritérií. Dále se práce zaměřila na popis nejdůležitějších prvků bezpilotních systémů. Tyto prvky jsou popsány pouze obecně z důvodu, že většina specifických detailů zůstává přísně utajována, aby nedošlo k úniku informací, které by mohla použít konkurence, nebo jsou pouze výsledkem předpovědí využití UAS v budoucnu.

Následující kapitola je praktičtější, popisuje se v ní specifická část diplomové práce, tj. využití bezpilotních systémů v oblasti zemědělství a chovu hospodářských zvířat. Každá činnost byla rozdělena do několika popisujících kapitol, aby bylo jasné, jakou činnost který bezpilotní systém a metodu realizace v praxi potřebuje. Pro každou činnost v zemědělství a hospodářství se nevybíral konkrétní bezpilotní systém od konkrétního výrobce s určitým vybavením a určitými technickými charakteristikami, ale navrhoval se bezpilotní systém tak, že byl popsán jeho vizuální druh, typ pohonu, technické složky vybavení, v některých případech i konkrétní vybavení a důvod výběru – a to všechno pro každý účel a jednotlivý bezpilotní systém. Všechna nejdůležitější kritéria pak byla sepsána do jedné tabulky, aby se znázornila vizuálně a sloužila pro rychlou a jednoduchou volbu maximálně dvou z pěti UAS pro jednoho zemědělce vykonávajícího obě činnosti: zemědělství i hospodaření zvířat.

V další kapitole se zvažují rizika a limity plynoucí z používání UA v zemědělství. Cílem bylo popsat již vyskytující se nebezpečí, rizika a limity a vymezit jejich opatření před stejnými a dalšími podobnými problémy, kterým může čelit zemědělec v budoucnu.

Kapitola 3 obsahuje SWOT analýzu. Metoda je optimální vzhledem ke své přehlednosti, možnosti zcela a komplexně vyhodnotit situaci v konkrétním případě a eventuálně pomoci nalézt řešení budoucího růstu nebo identifikovat problémy. Cílem metody je zhodnotit aktuální stav se silnými a slabými stránkami a identifikovat a eliminovat potenciální příležitosti a hrozby.

Ve finální kapitole byla provedena analýza legislativní stránky v rámci České republiky a světa, konkrétněji Úmluvy o mezinárodním letectví, Leteckého zákona, předpisů ICAO

a Doplněk X předpisu L2. Byla navržena i změna tohoto Doplněk X pro zavedení a výhodné využití UA v oblasti zemědělství a chovu hospodářských zvířat na území České republiky. V Evropě i jinde ve světě je stále nejistota ohledně stanovených pravidel a zůstává otázkou, jak se všichni shodnou na řešení situace ohledně UAS. Nesrozumitelné právní předpisy nebo příliš omezující předpisy brání veřejnosti a společnostem čerpat z výhod UAS.

Je zapotřebí si uvědomit, že se bezpilotní systémy pohybují ve výšce pouze několik málo metrů a tím skutečně mohou narušovat soukromí ostatních lidí. Proto pokud nebudou v nejbližší době stanoveny jasné a kvalitní předpisy, lze předpokládat, že ÚCL a ÚOOÚ<sup>38</sup> budou při dalším rozšiřování bezpilotních systémů v dohledných letech docela bezmocní. Z toho důvodu je důležitá komunikace politiků a odborníků v dané oblasti o vhodném stanovení předpisů pro tuto technologii.

První reakce člověka na UA jsou vždy jen emotivní. Technologie musí vospět tak, aby se lidé necítili v nebezpečí a ohrožení. Důležité je podpořit růst a vývoj bezpilotních systémů, jelikož je v nich do budoucna ohromný potenciál, jinak by se tato technologie nadále nešířila s tak prudkou rychlostí.

---

<sup>38</sup> Úřad pro ochranu osobních údajů

## Seznam tabulek

---

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1. Porovnání pohonných jednotek _____  | 17 |
| Tabulka 2. Porovnání typů UA _____   | 18 |
| Tabulka 3. Příklady obecného využití UAS _____   | 19 |
| Tabulka 4. Budoucí využití UA _____  | 23 |
| Tabulka 5. Minimální doba, kterou je třeba dodržet v závislosti na výšce a rychlosti letu __ | 32 |
| Tabulka 6. Výběr UA _____  | 47 |
| Tabulka 7. Rizika, nebezpečí, limity a jejich řešení _____                                   | 51 |
| Tabulka 8. SWOT analýza _____  | 53 |



## Seznam obrázků

---

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1. Vrtulníkový UAS na Marsu v roce 2020                              | 13 |
| Obrázek 2. UA GAIA 160-AG – postřik rostlin                                  | 20 |
| Obrázek 3. Využití UA pro marketingové účely v Mexiku                        | 21 |
| Obrázek 4. UA MD4-1000 pro doručení zásilek společnosti DHL                  | 22 |
| Obrázek 5. Používání UA ve výrobním procesu společnosti Audi                 | 22 |
| Obrázek 6. Sledování ovce při výpasu   | 24 |
| Obrázek 7. Projektování místa pro založení výbušnin                          | 25 |
| Obrázek 8. Robird  | 26 |
| Obrázek 9. Sledování situace při požáru                                      | 26 |
| Obrázek 10. UAS SenseFly eBee 2  | 29 |
| Obrázek 11. Multispektrální kamera Sequoia                                   | 31 |
| Obrázek 12. Nasazení Sequoia   | 32 |
| Obrázek 13. eMotion 3. Výběr oblasti   | 36 |
| Obrázek 14. eMotion 3. Vlastnosti UA za letu                                 | 37 |
| Obrázek 15. eMotion 3. Let   | 37 |
| Obrázek 16. Řízení získaných dat   | 38 |
| Obrázek 17. SAP Cloud Platform   | 40 |
| Obrázek 18. Identifikace zvířat, která opustila svůj sektor pro pastvu       | 42 |
| Obrázek 19. Přiřazení úkolů operátorovi                                      | 43 |
| Obrázek 20. Kontrola stavu zvířete s informacemi získanými ze snímačů        | 43 |
| Obrázek 21. Global Energy Transmission. In-flight charging                   | 49 |
| Obrázek 22. Právní struktura létání s bezpilotními letadly v České republice | 56 |
| Obrázek 23. Prostor pro létání.  | 59 |
| Obrázek 24. Legenda  | 59 |

## Literatura použitá při studiu

---

- [1] Řízení letového provozu České republiky. *Letecké předpisy. Doplněk X – Bezpilotní prostředky*. Letecká informační služba. Úřad pro civilní letectví, 2012
- [2] KARAS J., *222 tipů a triků pro drony*. Brno: Computer Press, 2017, ISBN 978-80-251-4874-7
- [3] FLADELAND M., *UAS Platforms*, NASA Ames Research Center, 2017
- [4] ICAO. *Úmluva o mezinárodním civilním letectví. (Československo)*. Washington, 1947
- [5] Parlament České republiky. *Zákon č. 49/1997 Sb. o civilním letectví a o změně doplnění zákona č. 455/1991Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů*. Sbírka zákonů České republiky, 1997

## Seznam citovaných zdrojů

---

- [6] Cnet. *Japan develops a drone to patrol farmland and destroy insect pests*. [online] 2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/news/japan-develops-a-drone-to-patrol-farmland-and-destroy-insect-pests/>
- [7] JAROŠ J., *Vynálezy, které Nikola Tesla předpověděl*. Licence Creative Commons BY-NC-SA. [online]. 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://tesla.xf.cz/predpovezene.html>
- [8] STAMP J. *Unmanned Drones Have Been Around Since World War I*. [online]. 2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/unmanned-drones-have-been-around-since-world-war-i-16055939/>
- [9] ThoughtCo. *World War II: V-1 Flying Bomb* [online]. 2018 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/world-war-ii-v-1-flying-bomb-2360702>
- [10] The Drone Racing League. [online] 2018 [cit. 2018-10-10] Dostupné z: <https://thedroneracingleague.com/>
- [11] Forbes. *Dubai To Put Autonomous Taxi Drones In The Skies 'This Summer'*. [online] 2017 [cit. 2018-10-10] Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/parmyolson/2017/02/14/dubai-autonomous-taxi-drones-ehang/#6c695bbf4702>
- [12] Spaceflight now. *NASA to decide soon whether flying drone will launch with Mars 2020 rover*. [online] 2018 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <https://spaceflightnow.com/2018/03/15/nasa-to-decide-soon-whether-flying-drone-will-launch-with-mars-2020-rover/>
- [13] Český rozhlas. *K pojmenování dronu inspiroval trubec*. [online] 2016 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://olomouc.rozhlas.cz/k-pojmenovani-dronu-inspiroval-trubec-6381101>
- [14] Unmanned Aerial Vehicle Systems Association. *UAV or UAS?*. [online] 2018 [cit. 2018-03-7] Dostupné z: [https://www.uavs.org/index.php?page=what\\_is](https://www.uavs.org/index.php?page=what_is)
- [15] Federal Aviation Administration. *Unmanned Aircraft Systems*. [online] 2018, [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <https://www.faa.gov/uas/>
- [16] MIŠÁK P., *Co je to dron a jaké může mít využití?* [online] 2015, [cit. 2018-03-7]. Dostupné z: <https://www.droni.cz/co-je-to-dron/>
- [17] Jamcopters. *Precizní zemědělství*. [online] 2018, [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://jamcopters.cz/industry/precizni-zemedelstvi>
- [18] Integral drones. [online] 2018 [cit. 2018-03-26] Dostupné z: <https://www.integraldrones.com.au/wp-content/uploads/2017/10/11.jpg>

- [19] Heros Geodézie. *Letecké měřické snímkování*. [online] 2018, [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://herosgeodezie.cz/letecke-mericke-snimkovani/>
- [20] Inside Unmanned Systems. *Advertising Drones Deliver*. [online] 2018, [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://insideunmannedsystems.com/advertising-drones-deliver/>
- [21] Dronomanija. [online] 2018 [cit. 2018-03-26] Dostupné z: <https://dronomania.ru/professionalnye/drony-dlya-informirovaniya-naseleniya.html>
- [22] Tadviser. *Ispol'zovaniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya vyvavleniya narusheniy PDD v Rossii*. [online] 2017, [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://tadviser.ru/a/357605>
- [23] Upvision. [online] 2018, [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.upvision.cz/>
- [24] WACHAL. *Využití bezpilotních letounů ve stavebnictví*. [online] 2018, [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.wachal.sk/vyuziti-bezpilotnich-letounu-ve-stavebnictvi.html>
- [25] Logisweb.cz. [online] 2018 [cit. 2018-03-26] Dostupné z: <http://www.logisweb.cz/wp-content/uploads/2017/08/DHL-dron.jpg>
- [26] Columbus. *Ispol'zovaniye dronov na skladakh*. [online] 2018, [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.columbusglobal.com/ru-ru/news/2017/06/innovations-in-wms-drone-usage/>
- [27] Posco. [online] 2018 [cit. 2018-03-26] Dostupné z: <http://globalblog.posco.com/wp-content/uploads/2017/12/Audi-Drone.jpg>
- [28] Geoawesomeness. *How accurate is your drone survey? Everything you need to know*. [online] 2017 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://geoawesomeness.com/accurate-drone-survey-everything-need-know/>
- [29] Vertical images. *Hledání zvěře při senoseči s termokamerou na dronu*. [online] 2017 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.verticalimages.cz/cz/aktuality/hledani-zvere-pri-senoseci-s-termokamerou-na-dronu-jak-na-to-85>
- [30] *Drony na sluzhbe chelovechestva: novyye vozmozhnosti, novyye professii*. [online] 2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://integral-russia.ru/2017/10/11/drony-na-sluzhbe-chelovechestva-novyye-vozmozhnosti-novyye-professii/>
- [31] *Proyektirovaniye burovzryvnykh rabot s ispol'zovaniyem bespilotnikov*. [online] 2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://www.azotvzryv.ru/press/151/>
- [32] Clear Flight Solutions. *Effective Bird Control*. [online] 2018 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://clearflightsolutions.com/>
- [33] Aviation Safety Network. [online] 2017 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20120402-0>
- [34] Power DMC. *Drones in the Fire Service*. [online] 2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://www.powerdms.com/blog/drones-fire-service/>

- [35] O pojištění. *Jak se k pojištění dronů staví německé pojišťovny?* [online] 2016 [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.opojisteni.cz/zahranici/jak-se-k-pojisteni-dronu-stavi-nemecke-pojistovny/>
- [36] Air Worldwide. *5 Ways Drones Are Transforming the Insurance Industry.* [online] 2017 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.air-worldwide.com/Blog/5-Ways-Drones-Are-Transforming-the-Insurance-Industry/>
- [37] Habr. *Startup sozdast tekhnologiyu, kotoraya pozvolit sazhat' po milliardu derev'yev yezhegodno.* [online] 2017 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://habr.com/post/378827/>
- [38] *Bespilotniki v dele.* [online] 2017 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://iot.ru/gadzhety/bespilotniki-v-dele>
- [39] *Vlastnosti hlavních lesních dřevin* [online] 2017 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: [https://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani\\_v\\_heslech/vychodiska/dreviny/drev\\_sm.html](https://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/vychodiska/dreviny/drev_sm.html)
- [40] Pix4D. *Learn more about Sequoia+.* [online] 2017 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://www.pix4d.com/product/sequoia/faq>
- [41] Simulyze. *The Future of Farming: UAS in Precision Agriculture.* [online] 2016 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://www.simulyze.com/blog/the-future-of-farming-uas-in-precision-agriculture>
- [42] Habr. *Dvukhmetrovy kvadrokopter na benzine derzhitsya v vozdukhke boleye 3 chasov s gruzom* [online] 2017 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://habr.com/post/405835/>
- [43] *Udobreniya dlya kapel'nogo poliva: osobennosti podkormki i osnovnyye preimushchestva* [online] 2017 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://letnyayadacha.ru/irrigatsiya/kapelnyj-poliv/sposoby/udobreniya-dlya-kapel'nogo-poliva-osobennosti-podkormki-i-osnovnyye-preimushchestva.html>
- [44] SenseFly. *EMotion.* [online] 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.sensefly.com/software/emotion/>
- [45] SAP. [online] 2018 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://www.sap.com/cz/about.html>
- [46] IoT Portal. *Co je IoT?* [online] 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://www.iiot-portal.cz/co-je-iiot/>
- [47] SAP Cloud Platform. *What is SAP Cloud Platform?* [online] 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://cloudplatform.sap.com/index.html>
- [48] Lora Allianz. *What is the LoRaWAN™ Specification?* [online] 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>
- [49] Global energy transmisson. *In-flight Wireless Charging – Outdoor Demonstration.* [online] 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://getcorp.com/in-flight-wireless-charging-outdoor-demonstration/>

[50] Robotrends. *Drony poluchat neogranichenny radius dyaystviya*. [online] 2018 [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <http://robotrends.ru/pub/1838/drony-poluchat-neogranichenny-radius-dyaystviya>