

Využití bezpilotních prostředků Hasičským záchranným sborem České republiky

Bc. Roman Pořízka

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Roman Pořízka
Osobní číslo: L20204
Studijní program: N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace: Ochrana obyvatelstva
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Využití bezpilotních prostředků Hasičským záchranným sborem České republiky

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte teoretický vstup do oblasti provozu a využití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky.
2. Zmapujte možné mimořádné události a krizové situace na teritoriu místní působnosti Hasičského záchranného sboru Zlínského kraje –Územního odboru Uherské Hradiště.
3. Navrhněte vhodný konstrukční typ bezpilotního prostředku pro Hasičský záchranný sbor Zlínského kraje –Územní odbor Uherské Hradiště.
4. Navrhněte bezpilotní prostředek pro Hasičský záchranný sbor Zlínského kraje –Územní odbor Uherské Hradiště.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. KARAS, Jakub. *222 tipů a triků pro drony*. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4877-8.
2. KOCOUREK, Jaroslav a Jaroslav ŘEŠÁTKO. *Drony: praktická příručka pro majitele dronů DJI*. Praha: TELINK, spol. s.r.o., 2021. ISBN 978-80-11-00186-5.
3. WOLF, Harrison G. *Drones: safety risk management for the next evolution of flight*. New York: Routledge, Taylor and Francis Group, 2017. ISBN 978-1138203556.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Kyselák, Ph.D.**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 1. prosince 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 6.5.2022

Jméno a příjmení studenta: Bc. Roman Pořízka

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem na využití bezpilotních prostředků Hasičským záchranným sborem České republiky při mimořádných událostech a krizových situacích.

Teoretická část diplomové práce objasňuje současný stav využití bezpilotních prostředků Hasičským záchranným sborem České republiky a využití bezpilotních prostředků požárními jednotkami okolních států. Dále diplomová práce popisuje technické parametry bezpilotních prostředků a provozní podmínky k létání ve vzdušném prostoru. V praktické části je řešeno zhodnocení využití bezpilotních prostředků v oblasti Uherského Hradiště při mimořádných událostech a krizových situacích, ze kterých vychází navrhované způsoby využití bezpilotních prostředků. Dále je v diplomové práci uvedena komparace jednotlivých konstrukčních typů bezpilotních prostředků s výsledkem, ze kterého vychází kritéria pro navrhovaný bezpilotní prostředek. V závěru diplomové práce je metodou vícekriteriálního hodnocení variant navržen vhodný bezpilotní prostředek pro Hasičský záchranný sbor Zlínského kraje – Územní odbor Uherské Hradiště, který v případě realizace návrhu, poskytne dané jednotce požární ochrany širší schopnosti při zásahu.

Jako stěžejní metody pro podporu řešení diplomové práce byla kromě jiných využita metoda komparace a metoda vícekriteriálního hodnocení variant.

Klíčová slova: bezpilotní prostředek, jednotky požární ochrany, krizová situace, mimořádná událost, využití.

ABSTRACT

The diploma thesis deals with a proposal for the use of unmanned aerial vehicles by the Fire Rescue Service of the Czech Republic in emergencies and crisis situations.

The theoretical part of the diploma thesis explains the current state of use of unmanned aerial vehicles by the Fire Rescue Service of the Czech Republic and the use of unmanned aerial vehicles by fire brigades of neighboring countries. Furthermore, the diploma thesis describes the technical parameters of unmanned aerial vehicles and operating conditions for flying in the airspace. The practical part deals with the evaluation of the use of unmanned aerial vehicles in the area of Uherské Hradiště in emergencies and crisis situations, on which the proposed ways of using unmanned aerial vehicles are based. Furthermore, the diploma thesis provides a comparison of individual design types of unmanned aerial vehicles with the result on which the criteria for the proposed unmanned aerial vehicle are based. At the end of the diploma thesis, a suitable unmanned vehicle is designed by the method of multi-criteria evaluation of variants for the Fire Rescue Service of the Zlín Region – Territorial Department of Uherské Hradiště, which, if the design is implemented, will provide the fire unit with wider capabilities during intervention.

The method of comparison and the method of multicriteria evaluation of variants were used, among others, as a method for supporting the solution of the diploma thesis.

Keywords: unmanned aerial vehicle, fire protection units, crisis situation, emergency, use.

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. Janu Kyselákovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za odborné vedení, spolupráci při konzultacích a poskytnutí odborných rad, které mi velice pomohly při zpracování diplomové práce. Rád bych poděkoval i panu Ing. Jaroslavu Křeháčkovi, komisaři ochrany a přípravy obyvatelstva Hasičského záchranného sboru Zlínského Kraje Územní odbor Uherské Hradiště, který mi poskytl informace o problematice možných zdrojů ohrožení v oblasti Uherského Hradiště a řediteli tohoto odboru, který mi poskytl konzultaci o možnostech realizace pořízení bezpilotního prostředku pro výše zmíněný územní odbor. V neposlední řadě bych poděkoval své rodině za podporu v průběhu celého studia a vytváření prostoru pro zpracování diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍL PRÁCE, POUŽITÉ METODY A OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY	12
I TEORETICKÁ ČÁST	15
1 AKTUÁLNÍ STAV VE VYUŽÍVÁNÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ PŘI ŘEŠENÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ A KRIZOVÝCH SITUACÍCH	16
1.1 VYŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ U HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY	16
1.1.1 Koncepce využití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky	16
1.1.2 Bepilotní prostředky jako podpora při řešení mimořádných událostí	17
1.1.3 Typy bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky	20
1.2 VYUŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ POŽÁRNÍMI JEDNOTKAMI VYBRANÝCH STÁTŮ STŘEDOEVROPSKÉHO REGIONU.....	26
1.2.1 Polská republika	26
1.2.2 Německá spolková republika	28
1.2.3 Slovenská republika	28
1.2.4 Rakouská republika	29
2 TECHNICKÉ PARAMETRY BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ A PROVOZNÍ PODMÍNKY K LÉTÁNÍ VE VZDUŠNÉM PROSTORU.....	31
2.1 KONSTRUKČNÍ PRVKY A TECHNICKÉ VYBAVENÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ	31
2.1.1 Typy konstrukcí bezpilotních prostředků.....	31
2.1.2 Konstrukční prvky jednotlivých typů bezpilotních prostředků.....	34
2.1.3 Senzory a přídatné zařízení	35
2.2 PROVOZOVÁNÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ.....	36
2.2.1 Podmínky pro provoz bezpilotních prostředků	36
2.2.2 Obsluha bezpilotních prostředků.....	37
2.2.3 Způsob provozu bezpilotních prostředků.....	37
2.3 BEZPEČNOST V LÉTÁNÍ	38
2.3.1 Bezpečnost v letovém prostoru	38
2.3.2 Příprava a kontrola bezpilotních prostředků před letem	40
3 DÍLČÍ ZÁVĚR	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
4 VYUŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ PŘI MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTECH A KRIZOVÝCH SITUACÍCH V OBLASTI UHERSKÉHO HRADIŠTĚ	44
4.1 ZDROJE OHROŽENÍ A PŘEDPOKLÁDANÝ ROZSAH MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ A KRIZOVÝCH SITUACÍ.....	44

4.2	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ PŘI MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTECH A KRIZOVÝCH SITUACÍCH.....	51
5	ZHODNOCENÍ VHODNÉHO KONSTRUKČNÍHO TYPU BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU	55
5.1	KONSTRUKČNÍ TYPY BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ, VÝHODY A NEVÝHODY POUŽITÍ.....	55
5.1.1	Bezpilotní prostředky typu letoun.....	55
5.1.2	Bezpilotní prostředek typu multikoptéra.....	58
5.1.3	Bezpilotní prostředek typu vrtulník	60
5.2	KOMPARACE VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ A DISKUSE	63
6	VÝBĚR VHODNÉHO BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU	67
6.1	MOŽNOSTI VÝBĚRU BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU, STANOVENÍ KRITÉRIÍ	67
6.1.1	Vymezení možností výběru bezpilotního prostředku	67
6.1.2	Stanovení kritérií pro výběr bezpilotního prostředku	68
6.2	VARIANTY BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ	69
6.3	VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU	74
6.3.1	Vícekritériální hodnocení variant.....	74
6.3.2	Zhodnocení výsledků	80
7	NÁVRH BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU PRO HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ZLÍNSKÉHO KRAJE ÚZEMNÍ ODBOR UHERSKÉ HRADIŠTĚ.....	81
7.1	BEZPILOTNÍ PROSTŘEDEK MAVIC 2 ENTERPRICE ADVANCED	81
7.2	PŘÍSLUŠENSTVÍ MAVIC 2 ENTERPRISE ADVANCED	85
7.3	NÁKLADY NA POŘÍZENÍ KVADROKOPTÉRY MAVIC 2 ENTERPRICE ADVANCED.....	92
7.4	ZAVEDENÍ BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU	95
	ZÁVĚR	98
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	100
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	107
	SEZNAM OBRÁZKŮ	109
	SEZNAM TABULEK.....	110
	SEZNAM GRAFŮ	111

ÚVOD

Neustálý technický pokrok přispívá mj. i k rozvoji výroby nových produktů, které poskytují široké možnosti využití v letectví. V tomto směru rozvoje je na celosvětovém trhu nezanedbatelný růst nabídky bezpilotních systémů, které výrobci stále inovují. Využití bezpilotních prostředků je široké a je žádáno v mnoha odvětvích, například v zemědělství, stavebnictví a průmyslu. Způsob využití bezpilotních prostředků spočívá především v pořízení leteckých snímků a získání informací z monitorované oblasti.

Bezpilotní prostředky jsou žádány i v oblasti požární ochrany. V posledních době vzrostl zájem o pořízení bezpilotních prostředků do technické výbavy jednotek požární ochrany nejen v zahraničí, ale i na domácí půdě. Některé jednotky požární ochrany Hasičského záchranného sboru České republiky již bezpilotní prostředky vlastní a při zásahu využívají jejich potenciál.

V případě mimořádných událostí a krizových situacích je nezbytné, aby zasahující jednotky požární ochrany byly vybaveny dostatečnými technickými prostředky, které usnadní řešení celého zásahu a přispějí k záchraně lidských životů nebo materiálních hodnot. Bezpilotní prostředky se bezpochybně do technické výbavy jednotek požární ochrany řadí, schopnosti, které nabízejí, mohou být přínosné například při rozhodování, koordinaci zasahujících jednotek a činnostech spojených se záchranou lidských životů, životů zvířat a životního prostředí.

Zavedení bezpilotních prostředků do technické výbavy jednotek požární ochrany je z pohledu rozšíření schopností při zásahu do budoucna nezbytné. Podstatou je nezávislost zasahující jednotky a možnost využít bezpilotní prostředek v případě vlastní potřeby. Především jde o schopnost získat informace z místa zásahu, které mohou být v některých případech zásadní pro zhodnocení celé situace a usnadnění rozhodnutí velitele zásahu. V případě realizace pořízení bezpilotních prostředků pro konkrétní požární stanici je nutné zvážit, jaký typ bezpilotního prostředku pro danou jednotku zvolit. Východiskem mohou být analyzované zdroje ohrožení v oblasti, kde jednotka požární ochrany působí a zhodnocení způsobu využití bezpilotních prostředků v konkrétní situaci. Při výběru vhodného bezpilotního prostředku je nutné zhodnotit i technické parametry a provozní limity.

V současnosti je na trhu nabízeno mnoho variant konstrukčních typů bezpilotních prostředků, které jsou předurčeny pro letecké práce a svými technickými schopnostmi a výbavou poskytují profesionální využití. Odlišné varianty bezpilotních prostředků nabízí

svým uživatelům rozdílný způsob provozu, například způsob startu a přistání, možnost zavěšení přídatného zařízení nebo možnost doletu do větší vzdálenosti. Bezpilotní prostředky se také dělí dle váhových kategorií, které stanovují možnosti provozu ve vzdušném prostoru. Přídatná zařízení a speciální senzory lze na určité konstrukční typy bezpilotních prostředků zavěsit a je možné je kombinovat dle potřeby a způsobu provádění leteckých prací.

Možnosti výběru vhodného typu bezpilotního prostředku pro jednotky požární ochrany jsou velké, je nutné posoudit jaký konstrukční typ bezpilotního prostředku je vhodný na určité záchranné práce a zvolit dostatečnou výbavu přídatných zařízení.

CÍL PRÁCE, POUŽITÉ METODY A OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY

K dosažení cílů je v rámci metodologického pojetí v diplomové práci aplikováno několik vědeckých metod, které se prolínají teoretickou i praktickou částí práce. V diplomové práci jsou stanoveny omezující podmínky, které konkretizují cíl práce.

Cíl práce

Cílem diplomové práce je navrhnout bezpilotní prostředek využitelný Hasičským záchranným sborem Zlínského kraje – Územním odborem Uherské Hradiště (dále jen HZS ZLK ÚO UH) při řešení mimořádných událostí nebo krizových situacích na teritoriu místní působnosti.

Za účelem dosažení uvedeného cíle byl mj. v diplomové práci zejména:

- posouzen současný stav využití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky,
- zhodnoceno možné perspektivní využití bezpilotních prostředků HZS ZLK ÚO UH na možných zdrojích ohrožení v oblasti Uherského Hradiště.

Použité metody

Pro zpracování diplomové práce a k dosažení stanovených cílů bylo v rámci metodologického přístupu využito příslušných metod vědeckého zkoumání.

- **Metodou abstrakce** se rozumí myšlenkový proces, při kterém se u objektů oddělují podstatné charakteristiky od nepodstatných a je umožněno získat otázky a odpovědi, které si pokládáme (Molnár, 2022a). Metoda abstrakce je použita v teoretické části diplomové práce při popisu využití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky.
- **Metoda analýzy** je chápána jako proces, který člení faktické nebo myšlenkové celky na části, rozebírá vlastnosti, vztahy a fakta od celku k částem. Metodou analýzy lze oddělit podstatné od nepodstatného, rozlišit stálé vztahy od náhodných (Molnár, 2022b). Metoda analýzy je využita v teoretické části diplomové práce v první kapitole v části popisu využití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky a v druhé kapitole v částech konstrukční prvky a technické vybavení bezpilotních prostředků a bezpečnost v létání.
- **Metoda syntézy** určuje postup od části k celku a spojuje analyzované poznatky. Uceluje základ pro rozhodnutí (Sluková, 2022a). Metoda syntézy je použita

v praktické části, zhodnocení využití bezpilotních prostředků při mimořádných událostech a krizových situacích.

- **Metoda komparace** zjišťuje rozdíly nebo podobnosti dvou nebo více pozorovaných objektů. Cílem komparace je popis, odhad nebo vysvětlení odlišností, které je nutné vyhledat a odhalit ovlivňující daný jev (Vodáková, 2017). Komparace je využita v praktické části, komparace využití jednotlivých typů bezpilotních prostředků.
- **Metoda indukce** je proces, který odvozuje všeobecné závěry na základě poznatků o podrobnostech. Induktivní závěry poskytují vysvětlení, které jsou vždy ovlivněny vlastními znalostmi (Molnár, 2022c). Metoda indukce je použita v praktické části diplomové práce v kapitole čtyři, využití bezpilotních prostředků při mimořádných událostech a krizových situacích v oblasti Uherského Hradiště.
- **Metoda dedukce** vychází z přechodu od obecných závěrů k méně význačným. Obecně známé závěry jsou aplikovány na jednotlivé neprozkoumané případy (Molnár, 2022d). Metoda dedukce je použita v praktické části diplomové práce v kapitole čtyři, využití bezpilotních prostředků při mimořádných událostech a krizových situacích v oblasti Uherského Hradiště.
- **Statistické zpracování dat** je vědecká metoda, kterou se zpracovávají souhrnné informace o sledovaném jevu. Ucelená data a výsledky poskytují porozumění řešené problematice (Kořínek, 2014). Danou metodou je zpracováno zhodnocení využití bezpilotních prostředků při mimořádných událostech a krizových situacích, výsledek je vyjádřen procentuálním grafem.
- **Metoda vícekritériálního hodnocení variant** je metoda operačního výzkumu, která analyzuje rozhodovacích činnosti. Množiny posuzovaných variant jsou popsány konkrétním výčtem všech prvků. Cílem vícekritériální analýzy variant je rozhodnout a vybrat jednu z možností variant nebo varianty seřadit dle preferencí (Fiala, Jablonský, Maňas, 1994). Metoda byla využita při řešení výběru optimální varianty bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH.
- **Panelová diskuse** je metoda specifického druhu mítinku mezi skupinou odborníků na řešené téma a auditoriem. Panelová diskuse rozvíjí schopnosti řešeného problému, logického myšlení a respekt k ostatním názorům (Panelová diskuse, © 2022). Panelová diskuse byla využita v praktické části při stanovení kritérií pro výběr vhodného bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH.

Ke zpracování diplomové práce byla využita vlastní autorova zkušenost, vědomosti a dlouhodobá praxe z oblasti provozu bezpilotních prostředků. Dále byla provedena konzultace s ředitelem HZS ZLK ÚO UH o možnosti využití bezpilotních prostředků při MU a KS v oblasti Uherského Hradiště a realizaci pořízení bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH. Pro stanovení kritérií vhodného bezpilotního prostředku byla provedena panelová diskuse s operátory bezpilotních prostředků z 533. praporu bezpilotních systémů v posádce Prostějov. Cenné rady při výběru bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH poskytl i autorizovaný prodejce značky DJI v ČR.

Omezující podmínky

Pro zpracování diplomové práce jsou navržena následující omezení:

- výběr vhodného bezpilotního prostředku ve váhové kategorii do 5 kg,
- výběr vhodného bezpilotního prostředku z nabídky autorizovaného prodejce v ČR,
- výběr vhodného bezpilotního prostředku v cenové relaci do 200 000,- Kč.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 AKTUÁLNÍ STAV VE VYUŽÍVÁNÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ PŘI ŘEŠENÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ A KRIZOVÝCH SITUACÍCH

Není to tak dávno, co drony byly považovány za nepřístupnou technologii, která je určená pouze jen pro armádní sféru. V současnosti je trh s komerčními bezpilotními prostředky velmi rozšířen, což otevírá více možností jejich využití. Bepilotní prostředky se stále častěji využívají v oblasti výzkumu, marketingu, reklam, věd, stavebnictví, zemědělství a v neposlední řadě i při záchraně lidských životů a majetku jednotkami integrovaného záchranného systému, při vzniku mimořádných událostí a krizových situací.

1.1 Vyžití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky

Využití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen HZS ČR) není žádnou novinkou. Potenciál zavedení bezpilotních prostředků do výzbroje jednotek požární ochrany (dále jen JPO) stanovují koncepční dokumenty, které udávají směr rozvoje u HZS ČR.

1.1.1 Koncepce využití bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky

Myšlenka zavedení bezpilotních prostředků k HZS ČR a využití jejich schopností byla zrealizována v několika koncepčních dokumentech. První koncepcí, která byla vytvořena, je Koncepce bezpilotních systémů HZS ČR z roku 2015 vypracovaná Generálním ředitelstvím HZS ČR (Koncepce provozu bezpilotních systémů v rámci HZS ČR pro období 2016 až 2019, 2015a). Vytvořením koncepce byly stanoveny hlavní cíle pro zavedení bezpilotních prostředků do výzbroje HZS ČR, a to v oblastech pravidel pro létání a s tím souvisejí předpisy a bezpečnostní opatření. (Pravidla pro létání ve vzdušném prostoru v České republice stanovuje Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví (Česko, 1997). V koncepci byla také vymezena odpovědnost pilotujících hasičů, odpovědnost velitelů zásahů za zpracování metodických materiálů, které určují postupy a organizaci přípravy výcviku operátorů bezpilotních prostředků a všech dotčených dané problematiky v rámci HZS ČR (Koncepce provozu bezpilotních systémů v rámci HZS ČR pro období 2016 až 2019, 2015b). Zmíněnou koncepcí byl uveden prvotní směr rozvoje bezpilotních prostředků u HZS ČR.

Následnou koncepcí, která byla vydaná a dotýká se oblasti bezpilotních prostředků je Koncepce požární ochrany Hasičského záchranného sboru Karlovarského kraje (dále jen HZS KVK). Koncepce požární ochrany byla zpracovaná na základě zajištění systematického rozvoje v oblastech požární ochrany, integrovaného záchranného systému, krizového řízení, ochrany obyvatelstva a civilního nouzového plánování. V koncepci požární ochrany je zmíněn pilotní projekt, který je směřován na využití bezpilotních prostředků jako podpora při řízení mimořádných událostí. Projekt byl realizován na základě zkušeností a znalostí, které byly získány pilotním provozem u HZS ČR (Koncepce požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018a). Jak je zřejmé, hlavním smyslem obou koncepcí je možnost využití informací z bezpilotních prostředků ve formě obrazových dat ke způsobu řešení vzniklých mimořádných událostí a krizových situací.

Dalším dokumentem, kde je zmíněno využití bezpilotních prostředků, je Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2025 s výhledem do roku 2030, kde je v kapitole Trendy budoucího vývoje popsán směr jejich využití. Především jde o získání digitálních dat ze zásahu, která se zpracují, vyhodnotí a aplikují pro vytvoření scénářů průběhu událostí pro následné plánování (Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2025 s výhledem 2030, 2021, s. 29). Myšlenka využití bezpilotních prostředků, uvedená v tomto dokumentu, vychází ze Zprávy o ochraně obyvatelstva v ČR z roku 2018, kde je uvedeno využití v oblasti rychlého monitorování radiační a chemické situace. Vybavení bezpilotního prostředku by mělo být tvořeno z měnitelné nástavby s detekčním přístrojem a soupravou pro odběr vzorků pro monitoring ohrožených částí území (Zpráva o ochraně obyvatelstva v České republice z roku 2018, 2018, s. 59). Z pohledu využití bezpilotních prostředků při radiačním a chemickém průzkumu lze konstatovat, že daná možnost urychlí činnosti ke zjištění nebezpečných látek z kontaminovaného prostoru.

1.1.2 Bepilotní prostředky jako podpora při řešení mimořádných událostí

V roce 2017 vznikl u HZS KVK nový projekt s cílem začlenit bezpilotní prostředky do výbavy JPO a využít jejich schopnosti získat informace o situaci v prostoru zásahu. K provozu bezpilotních prostředků při zásahu JPO je nezbytné postupovat dle stanovených postupů a taktik. Taktika nasazování bezpilotních prostředků při zásahu je řešena v Koncepci požární ochrany HZS KVK Příloha č. 2, Operačně taktická podpora řízení mimořádných událostí bezpilotními prostředky (Koncepce požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018b). Příloha č. 2 popisuje nasazení bezpilotních prostředků v následných okruzích problematiky:

- využití bezpilotního prostředku,
- technické a personální zabezpečení,
- organizace při nasazení bezpilotního prostředku,
- financování a omezení provozu bezpilotního prostředku.

Využití bezpilotních prostředků

Hlavním předpokladem dobře řízeného zásahu je zanalyzování celé situace v oblasti zasahujících jednotek. Základem analýzy je získání dostatečného množství informací a údajů, které pomohou při rozhodování velitele zásahu k řešení situace v místě zásahu. Dostatek informací lze získat pozemním průzkumem, a to vizuální prohlídkou místa zásahu zasahujícími jednotkami, měřením nebo prostudováním dokumentace postiženého objektu. Využití bezpilotních prostředků při zásahu vnáší další možnost získat informace z oblasti monitorovaného objektu (Koncepce požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018c). Podstatou využití bezpilotních prostředků je pohled z ptačí perspektivy a možnost lepší orientace v oblasti, která tak urychlí rozhodování velitele zásahu, což může být výsledkem účinnějšího a efektivnějšího zásahu.

Získáváním informací z pořízených snímků zájmové oblasti se v současnosti zabývá také obor Dálkový průzkum Země, který se díky novým vesmírným programům a vývoji nových technologií řadí mezi nejrozšířenější metodu k získání dat o povrchu země. Ke sběru obrazových dat obor využívá satelitní techniku a bezpilotní prostředky, které nabízejí detailní zobrazení snímaného území (Kroulík, 2019).

Mezi hlavní činnosti využití bezpilotních prostředků patří především poskytnutí celkového obrazu na oblast zásahu, pohled do nedostupných míst, monitoring situace z bezpečné vzdálenosti, termovizní měření a zdokumentování sledovaných postupů a dějů. Pro obeznámení možného využití bezpilotních prostředků JPO jsou níže uvedeny příklady.

Příklady využití bezpilotních prostředků požárními jednotkami:

- monitorování rozsáhlých požárů a vyhledání požárních ohnisek,
- ucelený přehled o rozmístění sil a prostředků, přehled o civilních osobách v místě zásahu, vyhledání evakuační trasy,
- provádění teplotního měření rozptylu požáru tepelnými mosty,
- dlouhodobý monitoring zájmové oblasti v řádu hodin, pokrytí rozsáhlé oblasti,

- sledování průběhu úniku nebezpečné látky a získání důležitých informací z bezpečné vzdálenosti,
- pátrání po pohřešované osobě – vyhledávání termovizní kamerou,
- získání informací z nepřehledného prostoru.

Technické a personální zabezpečení

Pro zabezpečení technického vybavení je nezbytné pořízení samotných bezpilotních prostředků a s tím i spojené pořízení prostředků pro zobrazení a přenos obrazových dat z bezpilotního prostředku přímo na stanoviště velitele zásahu. Pro přepravu obsluhy a samotnou pilotáž bezpilotního prostředku je nutné vybavit vozidlo tak, aby splňovalo požadavky pro obsluhu bezpilotního systému. Jedním z nejpodstatnějších úkolů je také personální zajištění, které obnáší nejdůležitější část celé implementace. Samotné zaškolení obsluhy, získání odborné způsobilosti operátorů bezpilotních prostředků a nabytí zkušeností je velmi časově náročné. V oblasti personální problematiky je nutné vytvořit nová systematizovaná místa s funkční náplní operátora bezpilotního prostředku (Koncepce požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018d).

Z pohledu přepravy a možnosti pilotáže bezpilotního prostředku z vozidla je nutné, aby vozidlo splňovalo technické parametry pro přepravu osádky a disponovalo dostatečným prostorem k prevozu bezpilotního systému a všech nezbytných součástí k jeho provozu.

Organizace při nasazení bezpilotního prostředku

Důležitým aspektem pro nasazení bezpilotního prostředku při zásahu je druh a rozsah potřeb na využití bezpilotního systému. Automatické využití bezpilotního prostředku je stanoveno v případech vyhlášení druhého a vyššího stupně poplachu a některých druhů mimořádných událostí, které využití bezpilotních prostředků vyžadují (Koncepce požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018e). Stupně poplachu předurčují síly a prostředky pro záchranné a likvidační práce v souladu s rozsahem a druhem mimořádné události. Stupně poplachu stanovuje Vyhláška ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení Integrovaného záchranného systému (Česko, 2001). Rozhodnutí využít bezpilotní prostředky v případě zásahu stanovují operační důstojníci, kteří vyhodnotí danou možnost dle závažnosti zásahu. Možnost vyžádat bezpilotní prostředek má i velitel zásahu dle vlastní potřeby.

Financování bezpilotních prostředků

Financování projektů na pořízení bezpilotních prostředků je v kompetenci každého kraje zvláště, každá investice je financovaná z rozpočtu HZS kraje nebo z mimorozpočtových příjmů (Koncepte požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018f). Pro stanovení nákladů na pořízení bezpilotního systému je nutné provést specifikaci jednotlivých položek, ze kterých vychází stanovení ceny celého systému.

Omezení provozu bezpilotních prostředků

Co se týká omezení provozu, je nutné zmínit problematiku z oblasti technických možností bezpilotních prostředků za letu. Omezení spočívá především v provozu za zhoršení meteorologických podmínek, které tak mohou ovlivnit bezpečnost letu a zapříčinit poškození nebo ztrátu prostředku. Nedílnou součástí provozu bezpilotních prostředků u HZS ČR je také potřebné povolení létat s bezpilotními prostředky ve vzdušném prostoru. (Koncepte požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018g). V současnosti je daná problematika využití vzdušného prostoru při zásahu stále nedořešena. HZS ČR vynakládá úsilí k zakotvení povolení využívat vzdušný prostor při zásahu do právních norem. Podstatou povolení provozu bezpilotního prostředku při zásahu je možnost vymežit vzdušný prostor pro potřebu HZS ČR.

1.1.3 Typy bezpilotních prostředků u Hasičského záchranného sboru České republiky

V souladu s koncepcí zavedení bezpilotních prostředků do výbavy HZS ČR (Koncepte provozu bezpilotních systémů v rámci HZS ČR pro období 2016 až 2019, 2015c) jsou již některé jednotky požární ochrany (dále jen JPO) těmito prostředky vybaveny a při zásahu využívají jejich technických schopností.

První bezpilotní prostředky u Hasičského záchranného sboru České republiky

V roce 2015 byla zrealizována prvotní myšlenka zavedení bezpilotních prostředků do provozu u HZS ČR. Prvním průkopníkem se stal Technický ústav požární ochrany v Praze (dále jen TÚPO), který pořídil bezpilotní prostředek a zahájil tak výcvik hasičů v pilotáži (Bzpilotní prostředky u TÚPO, © 2019a). TÚPO je organizační součástí Ministerstva vnitra – generálního ředitelství HZS ČR, je zřízen podle §. 6 odst. 8 zákona č. 320/2015 Sb., o HZS (Česko, 2015a). Jako první bezpilotní prostředek byl pro výcvik pořízen bezpilotní prostředek značky Da – Jiang Innovations (dále jen DJI) řady F450. Pro provoz daného

prostředku v letovém prostoru a provádění leteckých prací u HZS ČR bylo nutné získat od Úřadu civilního letectví (dále jen ÚCL) povolení k létání a prokázat teoretické a praktické schopnosti v pilotáži.

Po získání povolení k létání bylo možné plně využívat pořízený bezpilotní prostředek k leteckým pracím. Získané zkušenosti z provozu bezpilotního prostředku a doplnění informací využil TÚPO pro následný nákup bezpilotního prostředku. V roce 2017 TÚPO pořídil bezpilotní prostředek značky DJI řady Inspire 2, který již více korespondoval s požadavky na využití prostředku u HZS ČR (Bespilotní prostředky u TÚPO, © 2019b). Lehká konstrukce daného modelu bezpilotního prostředku je tvořena čtyřmi rameny z lisovaného plastu a motory. Model je určen pro rekreační i pro poloprofesionální využití. V současnosti se zmíněný model bezpilotního prostředku již nevyrábí. Pro přiblížení je model bezpilotního prostředku řady DJI Inspire 2 vyobrazen na obrázku 1 (dále jen obr.).



Obrázek 1 DJI F 450 (RC obchod, © 2021)

Bezpilotní prostředky v sestavě opěrných bodů HZS ČR

Z důvodu zvýšení schopností JPO na území ČR se u určených krajských stanic HZS ČR zřídily tzv. opěrné body, které byly vybaveny technikou a obsluhou k provádění speciálních záchranných prací. Mezi techniku, která je zařazena do technické výbavy opěrných bodů, bezpochybně patří bezpilotní prostředky. Krajské stanice HZS ČR, které byly začleněny do opěrných bodů a jsou vybaveny bezpilotními prostředky, jsou uvedeny níže na obr. 2.



Obrázek 2 Dislokace opěrných bodů HZS ČR
(Opěrné body HZS ČR, © 2019)

Stanovení opěrných bodů a druhů předurčenosti JPO pro záchranné práce HZS ČR udává pokyn generálního ředitele HZS ČR ze dne 17. 3. 2017 (Česko, 2017). Pro přehled využití bezpilotních prostředků v sestavě opěrných bodů jsou níže uvedeny dva příklady jejich činností.

Hasičský záchranný sbor Jihomoravského kraje

HZS Jihomoravského kraje je součástí opěrných bodů, který může využívat bezpilotní letecké systémy v případě nasazení při vzniku mimořádných událostí a krizových situací (Drony u Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje, © 2021a). Využití bezpilotních prostředků mohou jihomoravští hasiči například v případě podpůrných činností při zásahu zdlouhání požárů v průmyslových areálech, nebo při hašení rozsáhlých lesních požárů. V obou případech je možné získat informace o směru šíření požáru, o skrytých ohniscích a jiné důležité informace, které mohou pomoci při koordinaci zasahujících jednotek v průběhu záchranných prací. V rámci bezpečnosti zasahujících hasičů může velitel zásahu, díky možnosti pohledu optické kamery do míst nestabilních částí konstrukcí, zamezit ohrožení zasahujících hasičů a vyvarovat se újmě na zdraví nebo ztrátě na životech. Jihomoravští hasiči v současnosti disponují bezpilotním prostředkem z řady firmy DJI s označením Matrice 210 RTK (Drony u Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje, © 2021b). Modelová řada Matrice 210 RTK, která je níže vyobrazena na obr. 3, je určena pro profesionální letecké práce, kde je obzvlášť kladen důraz na odolnost systému, kvalitu senzorů a dlouhou provozní výdrž.



Obrázek 3 DJI Matrice 210 RTK (DJI Matrice, © 2021)

Hasičský záchranný sbor Libereckého kraje

Stejně jako HZS Jihomoravského kraje, tak i HZS Libereckého kraje (dále jen LBK) je součástí opěrných bodů, které disponují schopnostmi v případě zásahu vyčlenit speciální technické prostředky a jejich obsluhu. Díky projektu „Zvýšení připravenosti HZS ČR k řešení a řízení rizik způsobenou změnou klimatu“ tak HZS LBK mohl pořídit bezpilotní prostředek DJI Matrice 210 RTK a současně tak navázat na rozšíření schopností využití bezpilotních prostředků u HZS ČR (Bespilotní prostředek u HZS LBK, © 2021a).

Bespilotní prostředek DJI Matrice 210 RTK je určen k profesionálnímu využití, jeho technické vybavení disponuje optickou kamerou s třicetinásobným zoomem ve full HD kvalitě. Dále je vybaven termovizní kamerou, která je schopna měření s teplotním rozsahem od -40° až +550 °C.

Financování projektu bylo realizováno prostřednictvím Evropských strukturálních a investičních fondů z Integrovaného regionálního operačního programu (Zvýšení připravenosti HZS ČR k řešení a řízení rizik způsobených změnou klimatu, © 2021).

Využití bezpilotního prostředku u HZS LBK bylo již mnohokrát prověřeno, a to například v roce 2020 při požáru lesního porostu v Tuhani nebo případě požáru muničního skladu v Bílině, dále také v roce 2021 při požáru průmyslového objektu v Chrastavě. Podstatou využití bezpilotního prostředku u těchto zásahů byl přenos obrazových dat přímo k veliteli zásahu a poskytnutí informací pro případ rozhodování při záchranných pracích (Bespilotní prostředek u HZS LBK, © 2021b).

Stanice HZS Jihočeského kraje, Moravskoslezského kraje a TÚPO, které jsou součástí opěrných bodů, disponují obdobnými prostředky a schopnostmi jako výše uvedené stanice

kraje JMK a LBK. Bezpilotní prostředky, kterými jsou stanice vybaveny, jsou převážně využívány na záchranné práce a v případě vzniku MU.

Bezpilotní prostředky využívané na úrovni krajských HZS

HZS KVK není přímo součástí sestavy opěrných bodů, ale u HZS ČR je vnímán jako jeden z průkopníků v zavedení bezpilotních prostředků do výbavy HZS ČR. HZS KVK díky modernizaci technického vybavení posunul způsob využití bezpilotních prostředků na vysoce profesionální úroveň. Rozšíření schopností HZS KVK je díky pořízení velitelského vozidla VEA LIZ, které je pro letecké práce s bezpilotním prostředkem technicky upraveno (Velitelské vozidlo s dronem, © 2021a). Tento projekt vychází z myšlenky Koncepce požární ochrany HZS KVK z roku 2018 (Koncepce požární ochrany HZS KVK do roku 2029, 2018).

Vozidlo disponuje dvěma pracovišti, z kterých jsou operátoři schopni ovládat bezpilotní prostředek, upravovat a vyhodnocovat obrazová data, provádět distribuci po internetu a přenášet obraz do dalších přijímačů přímo k veliteli zásahu a jeho štábu v reálném čase. Vozidlo disponuje bezpilotním prostředkem DJI Matrice 210 V2, který je velmi kvalitně vybaven, a to optickou kamerou s šedesátinásobným zoomem a možností termovizního vidění. Vozidlo je osazeno osmi statickými kamerami, které lze rozmístit až do vzdálenosti sta metrů od vozidla z toho čtyři kamery jsou schopny zabezpečit možnost snímání v okruhu 360° (Velitelské vozidlo s dronem, © 2021b). Velitelské vozidlo VEA – LIZ je lehké užitkové vozidlo postaveno na podvozku automobilky Mercedes-Benz s typovým označením Sprinter. Zmíněné vozidlo VEA – LIZ je níže zobrazeno na obr. 4.



Obrázek 4 Velitelské vozidlo VEA – LIZ (Velitelské vozidlo, © 2021c)

Na profesionální úrovni ve využívání bezpilotních prostředků při zásazích jsou i hasiči HZS Pardubického kraje (dále jen PAK). Hasiči disponují bezpilotním prostředkem od výrobce

značky DJI řady Mavic 2 Enterprise Dual, který je menších rozměrů a je řazen do nižší váhové kategorie než prostředky využívané v rámci opěrných bodů. Na druhou stranu Mavic 2 Enterprise Dual je pro využití při zásahu hodnocen velice kladně, neboť jeho schopnosti jsou obdobné jako u prostředků větší váhové kategorie. Mavic 2 Enterprise Dual je vybaven termovizní kamerou, se kterou jsou hasiči schopni odhalit místa požáru a jejich ohniska, rozlišit nejvyšší teplotu a rozpoznat nedohašená místa (Kvadroptéra již plně slouží hasičům, © 2019). Oba bezpilotní prostředky jsou charakteristické svým univerzálním využitím a možností kombinace přídatných zařízení. Modelová řada Mavic 2 Enterprise Dual je uvedena níže na obr. 5.



Obrázek 5 Mavic 2 Enterprise Dual (Požáry, © 2019)

Spolupráce HZS ČR na vývoji bezpilotního prostředku s možností hašení

HZS Středočeského kraje (dále jen STC) se stal součástí výzkumného týmu univerzity Českého vysokého učení technického v Praze, který vyvíjí bezpilotní prostředek s možností hašení. Projekt, který je zaměřen na využití bezpilotního prostředku k hašení ve výškových budovách, byl ve spolupráci s HZS STC v roce 2021 testován v rámci cvičného zásahu hořící výškové budovy v opuštěném objektu ve Staré Boleslavi. Bepilotní prostředek je schopen detekovat a lokalizovat požár pomocí kamery s infračerveným viděním a následně spustit speciální mechanismus k hašení. Ke zdolání požáru bezpilotní prostředek vystřelí do míst požáru půlkilovou kapsli s obsahem hasební látky, která je schopna odebrat požáru teplo a snížit jeho intenzitu.

Samozřejmě při testování bezpilotního prostředku v rámci projektu, byly shledány i nedostatky, které je pro následný vývoj nutné vyřešit. Především jde o použití bezpilotního prostředku v blízkosti budov, kdy dochází k odrazu Global Positioning Systému (dále jen GPS), a to komplikuje navigaci bezpilotního prostředku za letu. Daný problém je možné

vyřešit instalací palubních senzorů, které jsou schopny lokalizovat bezpilotní prostředek bez využití GPS (Vývoj dronu pro hasební práce, © 2021).

Podstatou využití daného hasebního systému při zásahu ve výškových budovách je okamžitá reakce po příjezdu na místo zásahu a možnost tak získat více času pro zasahující jednotku, která musí pro zahájení hasebních prací nejprve zdolat výškový rozdíl vyšších podlaží budovy. Bepilotní prostředek, který byl v rámci projektu testován, je uveden níže na obr. 6.



Obrázek 6 Bepilotní prostředek s hasební kapslí (Dron s hasební kapslí, © 2022)

1.2 Využití bezpilotních prostředků požárními jednotkami vybraných států středoevropského regionu

Vznik mimořádných událostí (dále jen MU) a krizových situací (dále jen KS) je pravděpodobný také v ostatních státech středoevropského regionu. Při vzniku MU a KS na území středoevropských států jsou v daném případě vyčleňovány hasičské záchranné sbory. Tak jako v ČR, některé JPO středoevropských států již využívají pro záchranné práce bezpilotní prostředky. Využití bezpilotních prostředků ve středoevropském regionu je obdobné jako u HZS ČR. Tato problematika a příklady využití bezpilotních prostředků jednotlivými státy jsou popsány v následujícím textu.

1.2.1 Polská republika

Pořízení nových bezpilotních prostředků pro JPO Polské republiky bylo zrealizováno v roce 2019 v rámci modernizačního programu z prostředků Ministerstva vnitra a Ředitelství Státního hasičského sboru. Celkem bylo zakoupeno dvacet šest bezpilotních prostředků, z toho jedenáct se základním a patnáct s rozšířeným vybavením. Bepilotní prostředky se základním vybavením jsou určeny především na pořízení snímků a videozáznamů

a bezpilotní prostředky s rozšířeným vybavením jsou doplněny o možnost nočního vidění, možnost přenosu dat do externích zařízení a možností provozu bezpilotních prostředků v obtížných letových podmínkách. Státní hasičský sbor Polské republiky především hodnotí využití bezpilotních prostředků jako možnost rychlého, přesného a levného posouzení situace při zásahu JPO a možnost ve větší míře chránit životy hasičů a zúčastněných osob při záchranných pracích (Rachwalská, 2019).

Dalším příkladem myšlenky a realizace využití bezpilotních prostředků u Státního hasičského sboru Polské republiky je pořízení bezpilotních prostředků u Zemského velitelství Státního hasičského sboru Polské republiky ve Varšavě. Záměrem Zemského velitelství je využití bezpilotních prostředků při zdolávání požárů, vyhodnocení rizik při povodních a v neposlední řadě i pro využití při pátracích a záchranných operacích. Pro dané účely byly vybrány bezpilotní prostředky značky DJI řady Matrice 300 RTK a řady Mavic 2 Enterprise Advanced, které disponují hybridní kamerou s optickým a tepelným zobrazováním, dále osvětlovacím zařízením a zvukovým systémem, který umožňuje předávat hlasové zprávy přímo z bezpilotního prostředku k příjemci (Předání dronů Zemskému ředitelství PSP PL, © 2021a). Využití bezpilotních prostředků u Státního hasičského sboru Polské republiky je bezpochybně přínosné v případě ochrany zasahujících hasičů a monitoringu oblasti zásahu. Bzpilotní prostředek, který je ve výbavě jednotek Státního hasičského sboru Polské republiky, je uveden níže na obr. 7.



Obrázek 7 Dron DJI Matrice 300 RTK
(Jednostki Państwowej Straży Pożarnej, © 2021)

1.2.2 Německá spolková republika

Mezi JPO Německé spolkové republiky, které vlastní ve své výbavě bezpilotní prostředek a využívají jeho schopnosti při záchranných pracích, bezesporu patří i Berlínský hasičský sbor. Myšlenka pořídit bezpilotní prostředek pro berlínské hasiče vychází ze vzniklé mimořádné události v roce 2020, při které došlo k požáru velké skladovací haly, kde hořelo 10 000 metrů čtverečných střešní konstrukce. Při zásahu bylo nasazeno kolem 300 hasičů, kteří zdolávali požár několik hodin. Po uhašení požáru a celkovém vyčerpání hasičů bylo nutné z bezpečnostních důvodů místo požáru stále pozorovat. Důležité bylo sledovat celý prostor a vyhledávat žhavá místa, která by mohla zapříčinit vzplanutí opětovného požáru.

Po vyhodnocení celého zásahu bylo zřejmé, že je nutné vybavit berlínské hasiče progresivní technologií, která je schopna ulehčit práci zasahujících hasičů a dokáže nepřetržitě monitorovat velkou plochu z ptáčích perspektivy. Berlínský hasičský sbor byl vybaven bezpilotním prostředkem DJI Mavic 2 Enterprise, který svými schopnostmi v případě potřeby může zabezpečit například monitoring rozsáhlých lesních požárů, monitoring oblasti vodních toků při vyhlášení vyšších stupňů povodňové aktivity a pro vyhledávání a lokalizaci pohřešovaných osob (Berlínský hasičský sbor bude v budoucnu používat drony, © 2020).

Bezpilotní prostředek Mavic 2 Enterprise je vybaven kamerou s možností nočního vidění, sto decibelovým reproduktorem a osvětlovačem. Využití bezpilotního prostředku při zásahu si po zhodnocení možného využití bezpilotního prostředku vyžadují velitelé zásahů přes operačního důstojníka. Na místo zásahu je bezpilotní prostředek přepravován ve velitelském vozidle, do kterého je možné při zásahu přenášet obrazová data přímo z bezpilotního prostředku.

1.2.3 Slovenská republika

Do výzbroje technických prostředků Hasičského a záchranného sboru Slovenské republiky byly v roce 2019 pořízeny bezpilotní prostředky výrobní značky DJI Mavic 2 Zoom. Bezpilotní prostředky jsou předurčeny pro využití JPO v rámci modulu pozemního hašení požárů v přírodním prostředí na území Slovenské republiky. Využití bezpilotních prostředků je směřováno především na monitoring a získání informací při požárech v přírodním prostředí a na efektivnější zjišťování směru šíření požáru. Potenciál využití bezpilotních prostředků je i v oblasti vyhledávání pohřešovaných osob, využití při povodních a živelních pohromách a také na průzkum terénu pro zjištění průjezdnosti cest pro zasahující techniku na místo zásahu.

Bezpilotní prostředek Mavic 2 Zoom je vybaven kamerou s nočním viděním, reproduktory, osvětlovačem a třemi bateriemi, které tak umožní delší dobu provozu bezpilotního prostředku při zásahu. V průběhu letu bezpilotního prostředku lze pomocí aplikace, která je součástí systému, přenášet online videopřenos z místa události přímo na stanoviště velitele zásahu a jeho štábu. Celou situaci lze tak rychleji posoudit a rozhodnout o dalších krocích postupu při zásahu JPO (Hasičský a záchranný sbor má první dron, © 2019).

1.2.4 Rakouská republika

Co se týká využití bezpilotních prostředků u rakouských záchranných sborů, tak tyto sbory nejsou oproti ostatním o nic pozadu. O tom vypovídá Sdružení hasičů okresu Kufstein v Tyrolsku, které jako první z rakouských hasičských stanic bylo zahrnuto do pilotního projektu zavedení bezpilotních prostředků do výbavy rakouských hasičů pod názvem „Drony v hasičské službě“.

V rámci projektu, byla oslovena mechatronická společnost Twins z Tyrolska, která se specializuje na vývoj konstrukcí multirotorových průzkumných bezpilotních prostředků. Na základě požadavků společnost Twins vyrobila vhodný bezpilotní prostředek, který splňuje požadovaná kritéria stanovená hasičským záchranným sborem. Model bezpilotního prostředku nabízí variabilitu užitečného zatížení, což znamená širší možnost využití přídavných senzorů. Na konstrukci bezpilotního prostředku lze dle potřeby připevnit různé typy senzorů, například RGB kameru, termokameru, hyperspektrální kameru dále senzory na měření kvality ovzduší nebo senzory na měření radiace. Díky variabilitě využití přídavných senzorů lze bezpilotní prostředek použít na hasičské operace typu průzkum při rozsáhlých požárech s únikem nebezpečné látky, monitoring oblastí při přírodních katastrofách jako jsou záplavy, sesuvy půdy a kamení, všude tam, kde jde o záchranu životů, přírody a majetku (Airandmore.at, 2020). Bezpilotní prostředek Twins, který využívá Sdružení hasičů okresu Kufstein v Tyrolsku je uveden na obr. 8.



Obrázek 8 Bezpilotní prostředek Twins (Twins, © 2019)

Typy bezpilotních prostředků, které využívají JPO uvedených států při vzniku mimořádných událostí a krizových situací, jsou různé, většinou jsou odlišné technickým vybavením a stavbou konstrukcí. Variabilita konstrukcí bezpilotních prostředků umožňuje uživatelům specifické možnosti provádění leteckých prací. Pro seznámení s danou problematikou jsou dále v následující kapitole popsány technické parametry bezpilotních prostředků a provozní podmínky k letu.

2 TECHNICKÉ PARAMETRY BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ A PROVOZNÍ PODMÍNKY K LÉTÁNÍ VE VZDUŠNÉM PROSTORU

V důsledku celosvětového technologického rozvoje v oblasti bezpilotního létání je v současnosti na trhu mnoho variant konstrukčních typů bezpilotních prostředků, které jsou rozdílné svými rozměry, tvary nebo také odlišné způsobem letu. Různorodost konstrukcí a provozu umožňuje uživatelům bezpilotních prostředků rozmanitější výběr při pořízení a možnosti využití, jak v profesionální oblasti při provádění leteckých prací nebo jen pro zábavu v komerční sféře.

2.1 Konstrukční prvky a technické vybavení bezpilotních prostředků

Základní dělení bezpilotních prostředků vychází z účelu jejich využití, zda bezpilotní prostředky jsou určeny pro profesionály, kteří využívají daných technických schopností v oblasti specializovaných činností, nebo jsou využívány v oblasti komerčního využití, kde uživatelé létají pro vlastní zábavu. Bepilotní prostředky pro komerční využití se od profesionálních prostředků liší především menší hmotností a velikostí, kvalitou materiálu, ze kterých je vyrobena jejich konstrukce a jednotlivé přídavné komponenty. U profesionálních bezpilotních prostředků je předpoklad častějšího využití v náročnějších podmínkách, proto je kladen větší důraz na kvalitnější zpracování materiálů, ze kterých jsou vyrobeny jednotlivé konstrukční prvky a technické vybavení (Karas, 2017a, s. 23).

2.1.1 Typy konstrukcí bezpilotních prostředků

Bepilotní prostředky se v současnosti rozdělují také do váhových kategorií, které vymezují jejich letové možnosti provozu ve vzdušném prostoru. Samozřejmě nejde jen o váhové parametry, podle kterých se dělí bezpilotní prostředky, ale také jde o konstrukční variace, které umožňují nebo omezují samotný provoz bezpilotních prostředků při provádění specifických leteckých prací. Bepilotní prostředky se rozdělují dle konstrukcí na:

- multikoptéry,
- bezpilotní letouny,
- bezpilotní vrtulníky.

Bezpilotní prostředek typu multikoptéra

Konstrukce bezpilotních prostředků tohoto typu jsou vybaveny různým počtem ramen s vrtulemi, které umožňují kolmý vzlet a přistání. Pro multikoptéry obecně platí, čím více motorů, tím je zajištěn větší výkon, vyšší stabilita při letu a v případě poruchy jednoho z motorů větší bezpečnost. Nejčastější osazení multikoptér je tvořeno čtyřmi, šesti a osmi motory s vrtulemi, které jsou uloženy na konci ramen konstrukcí bezpilotních prostředků tohoto typu. Základní označení multikoptér se tedy rozděluje dle počtu ramen s vrtulemi na kvadrokoptéry, hexakoptéry a oktokoptéry (Karas, Tichý, 2017a, s. 26-27). Mimo základního dělení multikoptér je možné konstrukce osadit i více rotory. Příklad bezpilotního prostředku s osmi rameny je zobrazen níže na obr. 9.



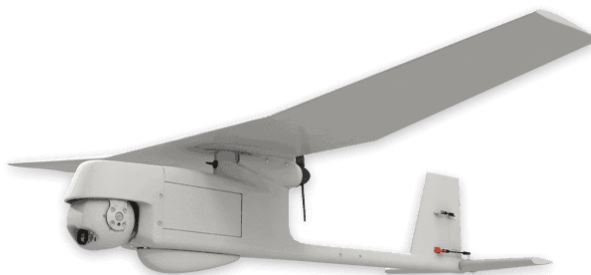
Obrázek 9 Yuneec H920 s kamerou CGO4

(Yuneec H920, © 2022)

Bezpilotní prostředek typu letoun

Konstrukce bezpilotního prostředku typu letoun je osazena pevnými křídly a motorem s tažnou nebo tlačnou vrtulí. Daný typ konstrukce je vzhledem k poměrně delší době provozu, oproti odlišným konstrukcím, využíván na monitoring spíše rozlehlých oblastí. Co se týká způsobu startu, tak vlet prostředku je většinou zabezpečen pomocí odpalovací rampy nebo pouhým odhodem z ruky uživatele. Samozřejmě se v současnosti nabízí i hybridní bezpilotní letouny, které disponují vrtulemi s možností i kolmého startu, což umožňuje vzlet hybridním prostředkům z omezeného prostoru oproti letounům bez této možnosti startu (Karas, 2017b, s. 24). Bezpilotní prostředek typu letoun využívá pro potřeby vzdušného průzkumu a monitorování zájmových oblastí Armáda ČR. Cílem armádního využití je získat obrazová data, která poskytnou potřebné informace o monitorovaném

prostoru. Příkladný typ bezpilotního prostředku využívaný v Armádě ČR je uveden níže na obr. 10.



Obrázek 10 Bepilotní prostředek Raven RQ 11 B
(Ball, © 2019)

Bezpilotní prostředek typu vrtulník

Konstrukce vrtulníku je charakteristická tím, že její schopnost letu je obdobná jako u multikoptéry, a to směrem vpřed, vzad nebo do stran. K tomu, aby vrtulník mohl vzlétnout, je tento typ prostředku vybaven nosným rotorem, který vyvíjí vztlak na listech, a tím umožňuje vertikální pohyb. Změnu směru letu vrtulníku umožňuje ocasní část konstrukce, kde je umístěn vyrovnávací rotor, směr letu lze také měnit i pomocí naklánění roviny nosného rotoru (Pelikán, 2021a). Příklad bezpilotního prostředku typu vrtulník je níže uveden na obr. 11.



Obrázek 11 Janys 23
(Bezpilotní vrtulník Janys © 23, 2021)

2.1.2 Konstrukční prvky jednotlivých typů bezpilotních prostředků

Bezpilotní prostředek typu multikoptéra

Hlavním stavebním prvkem multikoptér je rám, který spojuje veškeré součásti prostředku pohromadě a umožňuje umístit další přídatné zařízení na konstrukci. Rám je většinou konstruován tak, aby splňoval podmínky, které umožňují kompatibilitu s různými druhy přídatných prvků, které mohou být na rám připevněny. Konstrukce rámu udává nosnost a souhrnnou hmotnost, která je podstatná pro vzletové podmínky (Karas, Tichý, 2017b, s. 155-161).

Rám multikoptéry je obvykle osazen jednotlivými díly, které jsou tvořeny:

- centrální deska,
- ramena a montáže motorů,
- montáže baterií,
- úchyt a kryt řídicí elektroniky,
- spojovací materiál,
- podvozek,
- řídicí elektronika.

Bezpilotní prostředek typu letoun

Konstrukce letounu je složena z několika hlavních částí, které tvoří letadlový celek. Každá část letadla má vzájemný vztah s ostatními částmi. Mezi hlavní součásti bezpilotního prostředku typu letadlo patří:

- křídla,
- horizontální ocasní plocha,
- vertikální ocasní plocha,
- trup,
- pohonný systém,
- podvozek.

Bezpilotní prostředek typu vrtulník

Materiály, které jsou vhodné na výrobu konstrukcí nosných rámců a jednotlivých dílů bezpilotního prostředku typu vrtulník, jsou vyráběny z lisovaných houževnatých plastických hmot nebo z uhlíkového kompozitu a slitiny uhlíku (Pelikán, 2021b). Hlavními částmi bezpilotního prostředku typu vrtulník jsou:

- nosný rotor,
- ocasní část s vyrovnávacím rotorem,
- pohon vrtulníku,
- přistávací zařízení,
- kabina.

2.1.3 Senzory a přídatné zařízení

K tomu, aby bezpilotní prostředky mohly být efektivně využity a mohly poskytnout svým uživatelům variaci možností, jsou vybavovány optickými senzory a přídatnými zařízeními.

Standartním vybavením všech bezpilotních prostředků jsou kamery, které se mohou využít na ovládání bezpilotního prostředku tak, že pilot sleduje při letu terén a krajinu. Druhým způsobem využití kamer je pořizování fotografií a videozáznamu během letu. Pro zabezpečení stability obrazu a pořízení kvalitních fotografií a videa jsou kamery montovány na vyrovnávací závěsné zařízení tzv. gimbal. Podle možností pohybu gimbalu, v němž je kamera zavěšena, lze závěsná zařízení členit na jednoosé, dvouosé a tříosé (Hohenlohe, 2016a, s. 59). Možností, jak vybavit některé bezpilotní prostředky, je i montáž přídatného osvětlujícího zařízení, reproduktoru nebo další přídatné kamery s odlišným úhlem záběru. Přídatná zařízení lze připevnit na konstrukci pomocí držáku příslušenství se stativovým šroubem.

Pro zajištění ztráty nebo poškození bezpilotního prostředku lze na konstrukci připevnit i zařízení k zajištění bezpečnosti. Pro provoz nad vodní hladinou je možné použít plováky nebo zavěsit balónky, které se po kontaktu s vodou nafouknou. V případě neúmyslné ztráty bezpilotního prostředku lze připevnit na konstrukci GPS lokátor, který je schopen odeslat informaci o poloze havarovaného prostředku. V případě poruchy a možného pádu bezpilotního prostředku, aby nedošlo k poškození, lze následné riziko eliminovat, a to

umístěním padáku, který se aktivuje pomocí pyrogenerátoru (Kocourek, Řešátko, 2021a, s. 48-50).

2.2 Provozování bezpilotních prostředků

Provoz bezpilotních prostředků ve vzdušném prostoru nelze brát na lehkou váhu, neboť i v tomto prostoru platí určitá pravidla, kterými se uživatelé musí řídit. Obsluha bezpilotních prostředků musí být řádně proškolená a zná právidel využití vzdušného prostoru.

2.2.1 Podmínky pro provoz bezpilotních prostředků

V posledních letech, kdy uživatelé bezpilotních prostředků začali využívat vzdušný prostor, se řídili pravidly provozu, která vycházela z Doplňku X leteckého předpisu L2. Aby byly zajištěny stejné podmínky pro provoz v Evropské unii (dále jen EU) a byla možnost využívat bezpilotní prostředky kdekoli v EU obdobným způsobem, vstoupil v roce 2019 v platnost nový právní předpis pod názvem Prováděcí nařízení Komise EU 2019/947 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel (Prováděcí nařízení Komise EU 2019/947, 2019).

Pro ČR se pravidla pro provoz bezpilotních prostředků promítla do vyhlášky Opatření obecné povahy, kterou vydal ÚCL podle § 44 odstavce 4 zákona č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 445/1991 Sb., o živnostenském podnikání, ve znění pozdějších předpisů v souladu s ustanovením §172 zákona č. 500/2004 Sb., správního řádu. V tomto opatření obecné povahy se vymezují podmínky pro provoz bezpilotních prostředků a stanovuje omezený prostor s označením LKR10 – UAS, kde je možné provozovat bezpilotní prostředky v ČR (Veřejná vyhláška OOP, 2021a, s. 1).

Výhodou současné právní úpravy pro provoz bezpilotních prostředků je i nové rozdělení bezpilotních prostředků do tří kategorií dle způsobu využití ve vzdušném prostoru. První kategorií je kategorie OPEN, která je určena pro využití „hobby“, druhá je určena uživatelům, kteří bezpilotní prostředky využívají profesionálně, a to s označením kategorie SPECIFIC a třetí kategorie je označena CERTIFIED, kde je nutné provozovat certifikovaný bezpilotní prostředek (Bzpilotní letadla, © 2022). Bzpilotní prostředky, které využívá HZS ČR pro profesionální využití, jsou řazeny do třídy SPECIFIC.

2.2.2 Obsluha bezpilotních prostředků

Každý uživatel, jehož bezpilotní prostředek je vybaven záznamovým zařízením, musí mít patřičné povolení k provozu od ÚCL. Povolení lze získat po splnění online testu na internetových stránkách ÚCL, dále provedené registrace do evropské databáze a získání registračního čísla, kterým se identifikuje bezpilotní prostředek. Označení bezpilotního prostředku musí být čitelné, dobře viditelné a nesmí být smazatelné (Kocourek, Řešátko, 2021b, s. 179-180).

K tomu, aby uživatel bezpilotního prostředku mohl v prvních krocích bezpečně provozovat bezpilotní prostředek, aniž by musel řešit zbytečné havárie, je nutné absolvovat zaškolení obsluhy. Letecké školy nebo zástupci výrobců, které školení obsluhy nabízí, mohou nové uživatele seznámit s aktuální právní normou pro provoz bezpilotních prostředků, seznámit s konkrétní technikou, kterou budou provozovat, jak bezpečně létat a provádět údržbu jednotlivých částí prostředku (Telink, 2021).

2.2.3 Způsob provozu bezpilotních prostředků

Základním pravidlem pro létání je dodržení přímé viditelnosti obsluhy s bezpilotním prostředkem, a to neustále po celou dobu letu. Vizuální vzdálenost, kterou musí obsluha zachovat je závislá na nutném dodržení bezpečnosti ve vzdušném prostoru, obsluha musí neustále sledovat okolní překážky a letový provoz.

Pro efektivní monitorování a získání obrazových dat z optiky bezpilotních prostředků lze v průběhu letu měnit letové režimy. Každý režim nabízí specifické způsoby letu. Mezi nejvíce využívaný režim, který se během letu používá, je režim GPS. Provoz bezpilotního prostředku v tomto režimu je nejbezpečnější v extravilánu, neboť udržuje stálou zvolenou polohu při vzletu zastavením nebo letu do stran.

V případě výpadku GPS musí obsluha přejít do manuálního režimu, ve kterém není potřeba příjmu GPS. Při tomto letovém režimu je nutné brát v potaz mnoho skutečností, které mohou ovlivnit let a obsluha s nimi musí počítat. Zejména povětrnostní podmínky a rychlost letu může ovlivnit dráhu letu, obsluha musí být stále připravena korigovat směr letu v závislosti na měnících se podmínkách pro let.

V případě ztráty orientace operátora a podvědomí, kde se bezpilotní prostředek nachází, lze přejít do režimu, který navede bezpilotní prostředek přímo k obsluze. Režim s označením

HOME, lze také využít pro rychlý návrat bezpilotního prostředku k obsluze v případě spatření blízkého se letadla, které letí do vlastního prostoru.

Další letové režimy nabízí různé způsoby letu jako je například přímý let ve stanoveném kurzu, režim Follow Me, kterým lze sledovat určený objekt během pohybu a v neposlední řadě režim Orbit. V tomto režimu lze dráhu letu nastavit na kroužení bezpilotního prostředku kolem zvoleného místa a neustále snímat zvolený objekt (Karas, 2017c, s. 31-39).

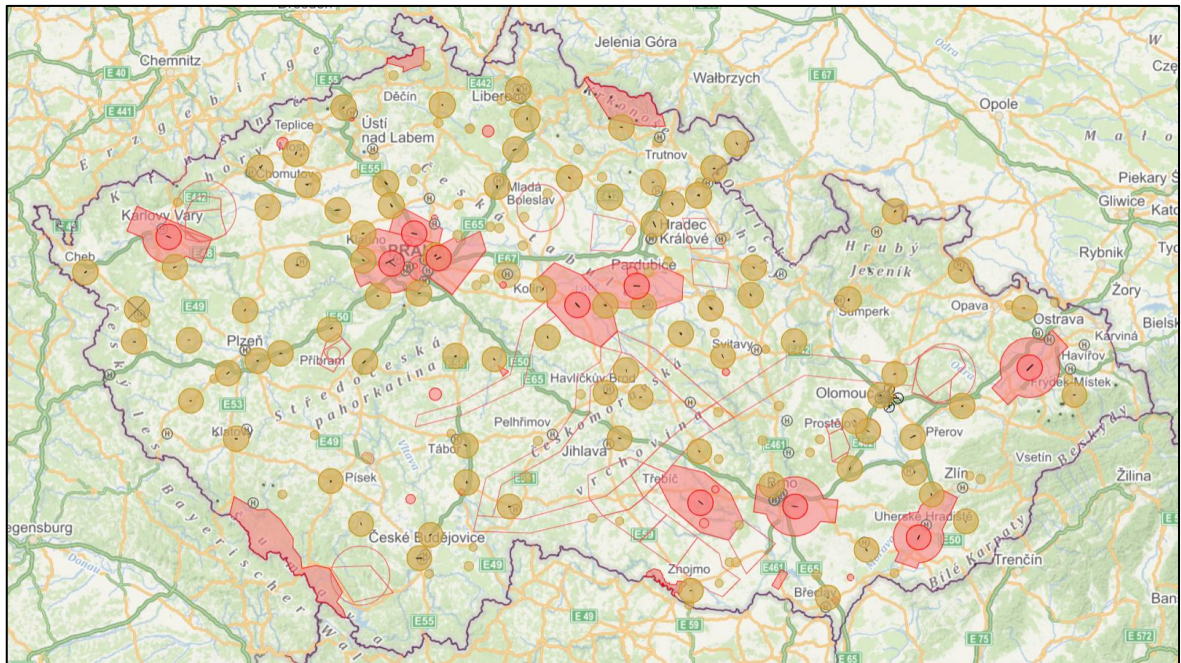
2.3 Bezpečnost v létání

Létání s bezpilotními prostředky ve vzdušném prostoru obnáší i možné riziko, které může způsobit škodu na majetku nebo ohrozit letový provoz. Nehody a incidenty ve vzdušném prostoru se nestávají jen náhodou, ale vždy mají svou příčinu. Častou příčinou nehod bezpilotních prostředků je selhání lidského faktoru. Nehody způsobené zaviněním pochybením obsluhy se mohou stát například z důvodu nedbalosti nebo porušení bezpečnostních pravidel. Příčinou havárií bezpilotních prostředků může být i technická závada, která způsobí neřízený pád (Wolf, 2017, s. 114). Aby se předcházelo nehodám během letu, je důležité dodržovat stanovená pravidla a provádět pravidelné servisní prohlídky a kontrolu jednotlivých funkcí před samotným letem.

2.3.1 Bezpečnost v letovém prostoru

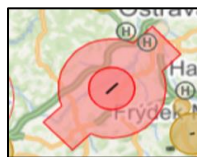
Bezpečnost ve vzdušném prostoru zajišťují zákonné normy, jež stanovují pravidla, kterými se piloti letadel, ale i uživatelé bezpilotních prostředků musí řídit.

Provoz bezpilotních prostředků je možný ve vzdušném prostoru třídy G, kde je stanovena maximální letová hladina, která je definována na 120 m nad zemí. Uživatel bezpilotního prostředku se musí před letem seznámit s prostory, které jsou pro let zakázané, nebezpečné nebo omezené. Pro seznámení lze nahlédnout do letecké mapy, kde jsou uvedené oblasti vyznačené. Letecká mapa s uvedenými prostory je zobrazena níže na obr. 12.



Obrázek 12 Letecká mapa (rlp.cz, © 2021)

Legenda



CTR – Řízený okresek – ochranný prostor v okolí řízených letišť.



LKP – Omezený prostor – prostor, kde je omezen letový provoz. Většinou jde o prostory, které jsou chráněny z pohledu ochrany životního prostředí.



LKD – Nebezpečný prostor – prostor zvýšeného rizika nehody.



LK – Vzdušný prostor místního letiště.



TSA – Dočasně vyhrazený prostor – většinou se jedná o vojenské výcvikové prostory.

Z důvodu bezpečnosti letu je zakázáno létat s bezpilotními prostředky nad osobami bez jejich souhlasu, nad souvislou zástavbou, v nebezpečných oblastech vojenského charakteru, v ochranném pásmu dopravní infrastruktury, v blízkosti letišť, nad oblastí přírodních rezervací, v noci a bez stálého zrakového kontaktu s bezpilotním prostředkem.

2.3.2 Příprava a kontrola bezpilotních prostředků před letem

Pro zajištění bezpečného letu je nutné před letem provést předletovou kontrolu, kterou se zjistí, zda veškeré ovládací funkce jsou v pořádku. Jednotlivými kroky kontroly obsluha ověřuje funkčnost kamer, stav napětí v bateriích, funkci motoru, stav GPS, funkčnost ovládání a kalibraci kompasu. Důkladná předletová kontrola je pro zabezpečení bezproblémového letu velmi důležitá, neboť vždy je výhodnější řešit závadu na zemi než za letu.

Podstatný je také výběr vhodného místa pro vzlet a přistání. V okolí místa startu a přistání nesmí být překážky, jako jsou stromy a elektrické vedení, které by mohly ovlivnit dráhu letu. Pokud je bezpilotní prostředek vybaven podvozkem a vzlet je uskutečňován přímo ze země, je důležité, aby prostor místa startu byl suchý, čistý a vodorovný. Vhodnými podmínkami pro start a přistání lze předejít možné nehodě, která může zapříčinit poškození některé části bezpilotního prostředku. Z bezpečnostního hlediska je nezbytné před letem nastavit v systému dostatečnou návratovou výšku. V případě ztráty komunikace bezpilotního prostředku a ovladače přechází bezpilotní prostředek do návratového režimu. Výšku je nutné navolit vzhledem k okolnímu terénu, pokud bezpilotní prostředek létá v členitém terénu, je potřebné zvolit výšku podle nejvyšší překážky v trase návratu (Kocourek, Řešátko, 2021c, s. 160-161).

Pro bezpečné létání je také nezbytné, aby byly vhodné letové podmínky. Před letem je nutné sledovat předpověď počasí a ujistit se, že během letu nedojde k výraznému zhoršení meteorologických podmínek. Možností, jak sledovat aktuální informace o počasí, je možné například na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu nebo v mobilních aplikacích v telefonu (Karas, Tichý, 2017c, s. 85-86).

3 DÍLČÍ ZÁVĚR

Aktuální stav využití bezpilotních prostředků u jednotek HZS ČR je z pohledu rozvoje hodnocen pozitivně. Zavedení bezpilotních prostředků do technické výbavy JPO je řešeno koncepčními dokumenty, které stanovují směr rozvoje v dané oblasti a potenciál využití bezpilotních prostředků při mimořádných událostech a krizových situacích.

V současnosti je využití bezpilotních prostředků u HZS ČR již realizováno několika JPO, které v případě potřeby při zásahu využívají nové technické možnosti. Významným průkopníkem ve využívání bezpilotních prostředků u HZS ČR je HZS KVK, který disponuje moderní technikou a zkušenostmi v oblasti podpory bezpilotních prostředků při zásahu. K rozvoji bezpilotních prostředků u HZS ČR přispěl i projekt opěrných bodů. Opěrné body HZS ČR, které bezpilotní prostředky vlastní, jsou dislokovány u vybraných hasičských stanic krajů, které v případě potřeby mohou poskytnout své schopnosti i ostatním JPO v jiných krajích.

JPO okolních států využívají v současnosti bezpilotní prostředky obdobným způsobem jako HZS ČR. Využití bezpilotních prostředků je převážně využito při mimořádných událostech a krizových situacích pro monitoring oblasti nasazených jednotek v místě zásahu.

Důležitým aspektem provozování bezpilotních prostředků je bezpečnost ve vzdušném prostoru. Podmínky a pravidla pro provoz bezpilotních prostředků ve vzdušném prostoru stanovují zákonné normy, předpisy a vyhlášky. Provozovatelé bezpilotních prostředků musí být dle podmínek řádně seznámeni s problematikou využití vzdušného prostoru pro let s bezpilotním prostředkem. Nedílnou součástí zajištění bezpečného letu je provedení řádné předletové kontroly, kde je nutné prověřit v jednotlivých krocích funkce potřebné k letu. Pro bezpečný let je nezbytné sledovat meteorologickou situaci, při zhoršení meteorologických podmínek během letu může dojít k negativnímu ovlivnění funkcí bezpilotního prostředku a může dojít k nekontrolovanému pádu. Provozovatelé bezpilotních prostředků jsou plně odpovědní za bezpilotní prostředky, které využívají ve vzdušném prostoru.

Pro sběr odrazových dat a následné vyhodnocení informací z místa zásahu je důležité použít vhodnou bezpilotní leteckou techniku s patřičným vybavením. Na trhu je mnoho variant typů bezpilotních prostředků, které jsou odlišné stavbou konstrukcí, velikostí, váhou a vybavením. Bepilotní prostředky se dělí do skupin dle využití na profesionální a prostředky pro zábavu. Různé varianty konstrukcí bezpilotních prostředků umožňují odlišné využití a způsob provozu ve vzdušném prostoru. Díky možnosti připevnění

přídavných zařízení na konstrukci bezpilotních prostředků je možné využití bezpilotních prostředků rozšířit. Vhodný výběr bezpilotního prostředku a jeho příslušenství tedy podmiňuje zejména jeho následné využití. Proto v praktické části práce je přistoupeno k návrhu takového bezpilotního prostředku pro konkrétní využití v rámci teritoria působnosti HZS ZLK ÚO UH.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 VYUŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ PŘI MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTECH A KRIZOVÝCH SITUACÍCH V OBLASTI UHERSKÉHO HRADIŠTĚ

Vznik MU a krizových situací (dále jen KS) na teritoriu místní působnosti HZS Zlínského kraje (dále jen ZLK) může být iniciován mnoha zdroji ohrožení, které mohou být přírodního nebo antropogenního charakteru. HZS ZLK ÚO UH musí každoročně řešit celou řadu zásahů spojených s hašením požárů, s technickými zásahy, úniky nebezpečných látek a jinými zásahy, ke kterým je nutné vysílat JPO. Četnost výjezdů a typy zásahů, ke kterým HZS UH vysílá JPO, jsou uvedeny ve statistických ročenkách HZS ZLK.

4.1 Zdroje ohrožení a předpokládaný rozsah mimořádných událostí a krizových situací

Z pohledu řešení KS se v minulosti Uherské Hradiště zapsalo do historie v roce 1997 a 2010, kdy území zasáhly rozsáhlé povodně a způsobily velké materiální škody. Možných zdrojů ohrožení je identifikováno na území Uherského Hradiště mnoho. V případě iniciace mohou zapříčinit vznik MU a KS a způsobit újmu na zdraví osob, způsobit škody na majetku a poškodit životní prostředí.

Mezi zdroje ohrožení, která analyzoval HZS ZLK na území Uherského Hradiště, se řadí:

- přírodní katastrofa,
 - povodeň,
 - vichřice,
 - sněhová kalamita,
- dopravní nehoda,
- únik nebezpečné látky,
- epidemie,
- hromadná nákaza zvířat,
- rozsáhlý požár (Zdroje ohrožení ve správním obvodu ORP Uherské Hradiště, 2021).

Povodeň

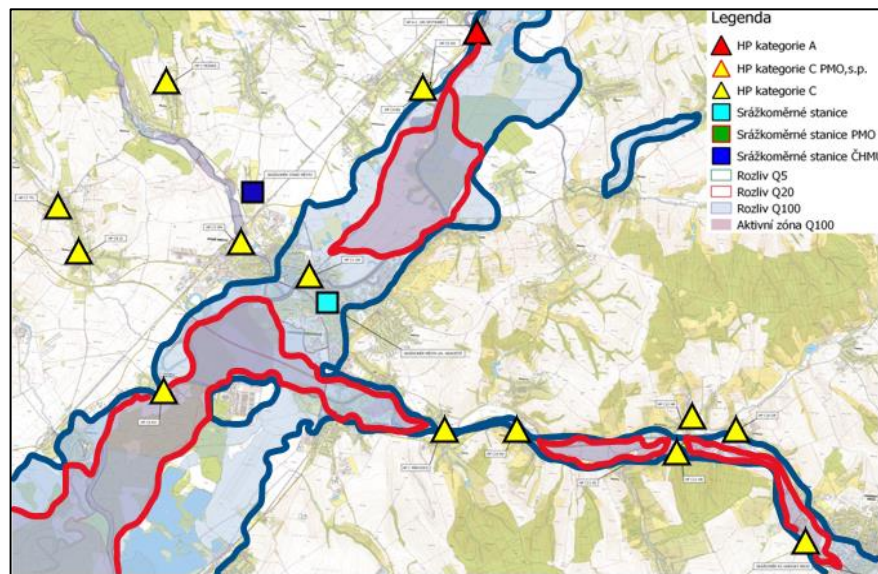
V oblasti Uherského Hradiště je nejvýznamnějším vodním tokem řeka Morava, která přitéká na území ze severní části kraje. Vodní toky jsou děleny dle rozsahu povodní na velké, střední a menší. Rozdělení toků v oblasti Uherského Hradiště a hrozby pro danou oblast jsou uvedeny v následné tabulce 1.

Tabulka 1 Dělení vodních toků dle rozsahu povodní (Druh a rozsah povodní, © 2010)

Rozdělení vodních toků dle rozsahu povodní		
Vodní tok		Hrozba
Menší	Mistřický potok	Přelítí levého břehu hráze – úpravna vody
	Vinohradský potok	Zaplavení ulic – Vinohradská, Družstevní, K Cihelně, Na Záповědi
	Mařatický potok	Hrozba zahlcení propustku pod tratí.
	Olšovec	Zvýšení hladin rybníků v okolí – přelítí
	Olšávka	Kritické místo – propustek pod železniční tratí
	Míkovický potok,	Zvýšení hladiny Míkovické nádrže – přelítí
Jarošovský potok	Zaplavení průmyslové zóny – pravý tok	
Střední	Olšava	Ohrožení městských částí – Sady, Věsky, Míkovice
	Potok Březnice	Zaplavení severozápadní části obce Jarošov
Velké	Morava	Rizikem je v případě povodní souběh řeky Bečvy a řeky Moravy Narušení hrází v okolí Moravy – průsak, trhliny, přetečení

V oblasti Uherskohradištska je dle výše uvedených informací mnoho vodních toků, které v případě rozvodnění mohou zaplavit přilehlé oblasti. Největším vodním tokem je řeka Morava, která v případě rozlivu může způsobit rozsáhlé škody. Pro případ řešení povodní jsou zpracovávány pro danou oblast povodňové plány, kde jsou vyobrazeny záplavové

území s možným rozlivem v okolí. Pro znázornění je níže na obr. 13 zobrazena mapa možného rozlivu.



Obrázek 13 Mapa záplavového území UH
(Mapa regionu Uherskohradištska, © 2010)

Vichřice

Možnost vzniku silného větru, který může způsobit škody na majetku a zranit osoby, se pro oblast Uherského Hradiště nedá vyloučit. Podle klimatologů (Klézl, 2022) se průměrná rychlost větru za poslední desetiletí v ČR a v okolních státech EU snížila, ale na druhou stranu je zaznamenáno zvýšení přibývajících větrných extrémů. Silný vítr může být i spojován s doprovodnými úkazy, jako například bouřky a přechody front.

Rychlost větru, která je stanovena jako riziko vzniku MU, je definována na Beaufortově stupnici číslem 9 jako vichřice. Typickými znaky vichřice jsou škody na střešních konstrukcích, zlomené větve stromů, výpadky elektrického proudu, přerušování telefonního a elektrického vedení, poškození automobilů a jiné možné materiální škody způsobené silným větrem.

V případě vzniku MU nebo KS v oblasti Uherského Hradiště v důsledku vichřice nebo orkánu by pravděpodobně došlo k velkým materiálním škodám, které by vznikly na budovách, lesních porostech a ke škodám na kritické infrastruktuře. Největší hrozbou pro oblast je vznik tornáda, které by zdevastovalo vše v jeho okolí a způsobilo nevyčísitelné následky. Předpoklad možného ohrožení při větrné smršti jsou v následné tabulce 2 uvedeny příklady.

Tabulka 2 Předpokládané ohrožení při větrné smršti (Vlastní)

Předpokládané ohrožení osob a majetku při větrné smršti	
Ohrožení osob	Ohrožení osob – pád stromu v důsledku silného větru
	Ohrožení osob – létající neukotvené předměty
	Ohrožení osob – dopravní nehody
	Ohrožení osob – rozbití okenních výplní
	Ohrožení osob – poškození krytin střech, padající části
Vznik materiálových škod	Přerušení dodávky elektrické energie – poškození elektrického vedení
	Přerušení komunikačních sítí – poškození telekomunikačních zařízení
	Škody na materiálu a komunikacích – dopravní nehody
	Poškození budov – střechy, okna, obvodové pláště
	Poškození lesního porostu

Sněhová kalamita

V současnosti pro oblast Uherského Hradiště lze předpokládat, že sněhové kalamity mohou nastat a mohou ochromit dopravu na krátké časové období. V budoucnu nelze zvýšení výskytu extrémních kalamit i v oblasti Uherského Hradiště vyloučit. Pro přehled předpokládaného ohrožení osob, majetku je níže zobrazena tabulka 3.

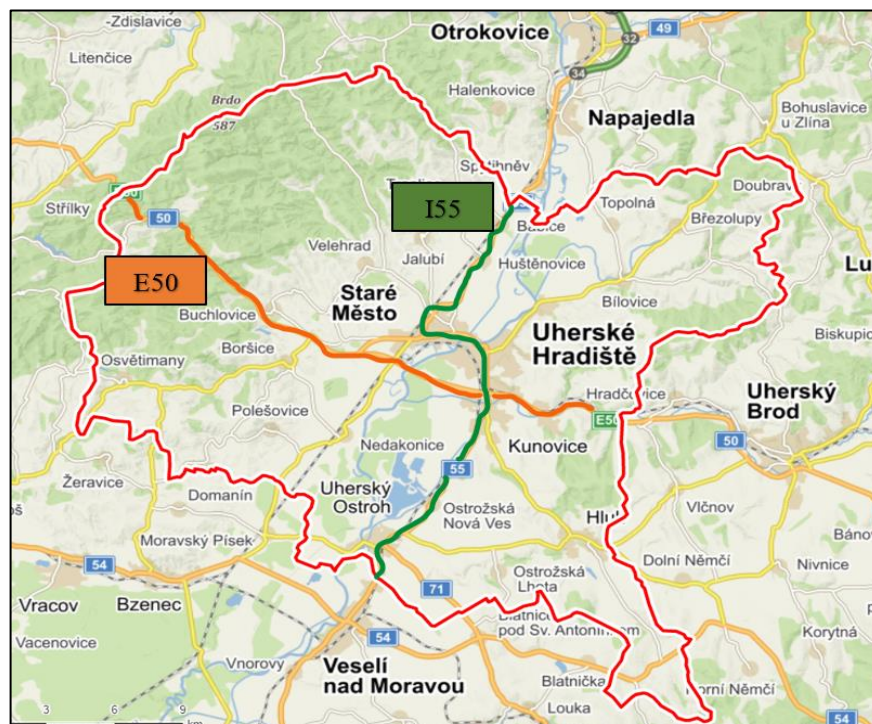
Tabulka 3 Předpokládané ohrožení při sněhové kalamitě (Vlastní)

Předpokládané ohrožení osob a majetku při sněhové kalamitě	
Ohrožení osob	Ohrožení osob – pádu ledu a sněhu ze střech budov
	Ohrožení osob bydlících v odlehlých stavení – zamezení přístupových cest
	Ohrožení osob – dopravní nehody
	Ohrožení osob – zřícení střešních konstrukcí střech v důsledku přetížení

Předpokládané ohrožení osob a majetku při sněhové kalamitě	
Vznik materiálových škod	Přerušení dodávky elektrické energie – poškození elektrického vedení
	Přerušení komunikačních sítí – poškození telekomunikačních zařízení
	Škody na materiálu a komunikacích – dopravní nehody
	Poškození budov v důsledku přetížení střešních konstrukcí
	Poškození lesního porostu

Dopravní nehody

V oblasti Uherského Hradiště vedou dvě hlavní komunikace, kde projíždí denně mnoho osobních a nákladních automobilů, které převážejí osoby a materiál. V případě dopravní nehody je na uvedených komunikacích možný vznik mimořádné události, při které mohou být ohroženy lidské životy a životní prostředí. Pro zobrazení páteřních komunikací na území Uherského Hradiště a možného vzniku dopravních nehod v oblasti je níže uveden obr. 14, kde jsou komunikace vyznačeny.



Obrázek 14 Území obce s rozšířenou působností UH
(Území ORP UH, © 2022)

Únik nebezpečné látky

V oblasti Uherského Hradiště je několik výrobních podniků, provozoven a prodejen, které se zabývají výrobou, prodejem a nakládáním s nebezpečnými látkami. Objekty, které zařadil HZS ZLK ÚO UH do seznamu zdrojů ohrožení pro oblast Uherského Hradiště, jsou výrobní podnik Colorlac a.s., a zimní stadion v Uherském Ostrohu. Firma Colorlac a.s., je největší firmou zabývající se výrobou nátěrových hmot v ČR. K výrobě produktů používá chemické látky, které jsou nebezpečného charakteru. Firma Colorlac a.s., je dle zákona 224/2015 Sb., Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi (Česko, 2015b), zařazena do skupiny A, která stanovuje množství nebezpečných látek. Z pohledu rizika zimního stadionu v Uherském Ostrohu může dojít k úniku amoniaku, který se používá jako médium v chladicím systému.

V případě havárie a úniku nebezpečných látek do ovzduší by pravděpodobně došlo u obou objektů k zamoření okolí a možného ohrožení obyvatelstva. V důsledku úniku nebezpečných látek by musela být provedena evakuace obyvatel přilehlých objektů. Možný ohrožený prostor v okolí výrobního podniku Colorlac a.s., je níže uveden na obr. 15. V případě havárie by ohrožený prostor stanovil velitel zásahu dle rozsahu úniku nebezpečné látky a směru větru.



Obrázek 15 Výrobní podnik Colorlac a.s.,
(Výrobní podnik Colorlac a.s., © 2022)

Epidemie

Epidemie je v současnosti nejaktuálnějším ohrožením obyvatelstva nejen v oblasti Uherského Hradiště, ale i v ČR. V důsledku epidemie a rychle se šířícího infekčního onemocnění byl vládou ČR vyhlášen několikrát KS a byly vydány restriktce k pohybu osob na veřejnosti, které ovlivnily život občanů i v oblasti Uherského Hradiště. Riziko vzniku epidemie v oblasti Uherského Hradiště je vysoké, v případě rychlého šíření dochází k ohrožení osob a ke kolapsu zdravotnické péče.

Hromadná nákaza zvířat

Hromadná nákaza zvířat neboli epizootie je pro oblast Uherského Hradiště také určitým rizikem, které může danou oblast postihnout. Například v roce 2017 se šířil ve Zlínském kraji africký prasečí mor, který nakazil divoká prasata. V tomto případě šíření epizootie jde převážně o ohrožení prasat v chovných závodech. Rizikem je i nákaza drobného zvířectva v domácnostech, která může zapříčinit hromadný úhyn zvířat.

Požár

Možnost vzniku požáru na území Uherského Hradiště a jeho správního území je vysoce pravděpodobná. Oblast Uherského Hradiště a samotné město je zastavěno obytnou, zemědělskou, výrobní a kulturní zástavbou, jako jsou například rodinné domy, sídliště, velké výrobní a skladovací haly, provozovny, zábavní a sportovní areály a jiné. Z pohledu rozlohy požáru hořícího objektu jsou možnosti vzniku MU a KS vyobrazeny níže v tabulce 4.

Tabulka 4 Možnost vzniku MU/KS z pohledu rozlohy požáru (Vlastní)

Možnost požárů z pohledu rozsahu a možného vzniku MU/KS				
P. č.	Rozsah	Objekty	Možnost vzniku MU/KS	
			MU	KS
1.	Malé – jednotlivé osoby, plocha o rozloze m ²	Obytné domy, byty, chaty, provozovny, sklady, ostatní budovy o rozloze desítek m ²	ANO	NE

Možnost požárů z pohledu rozsahu a možného vzniku MU/KS				
P. č.	Rozsah	Objekty	Možnost vzniku MU/KS	
			MU	KS
2.	Střední – desítky osob, plocha o rozloze stovek m ²	Malé a střední objekty – výrobní podniky, sklady, a reály podniků, kulturní objekty, sportoviště, nákupní střediska, panelové domy – sídliště	ANO	NE
3.	Velké – stovky osob, plochy v ha, nebo v desítkách ha	Dle počtu osob – Velké výrobní podniky, hypermarkety, nemocnice Dle rozlohy – pole, louky	ANO	ANO
4.	Katastrofické – tisíce osob, plochy ve stovkách ha	Celá oblast Uherského Hradiště – obce, lesní porosty, pole, louky	ANO	ANO

4.2 Zhodnocení využití bezpilotních prostředků při mimořádných událostech a krizových situacích

Využití bezpilotních prostředků na teritoriu HZS ZKL ÚO UH při MU a KS může být velmi přínosné, především pro velitele zásahu, který tak získá možnost pohledu z ptačí perspektivy a může urychlit rozhodovací činnosti a korigovat zasahující jednotku při záchranných pracích. Díky moderní technologii, kterou bezpilotní prostředky disponují, může být způsob využití JPO na teritoriu HZS ZKL ÚO UH při záchranných a likvidačních prací široké. Bepilotní prostředky jsou vybaveny speciálními senzory, které jsou schopny například za letu měřit hodnoty nebezpečných látek nebo využít přídavný reproduktor, a tak přenášet verbální informaci přímo k příjemci. Využitelným senzorem pro JPO může být videokamera s termovizí, která je schopna během letu rozlišovat tepelné zdroje vůči okolí.

V případě živelních pohrom jsou většinou následky v postižené oblasti rozsáhlé, využití bezpilotních prostředků pro plošný monitoring může například urychlit vyhledávání osob a tím eliminovat ztráty na životech. Velkou výhodou využití bezpilotních prostředků může být i online video přenos, který může sledovat velitel zásahu. Například může použít

bezpilotní prostředek na monitorování nepřístupných a nebezpečných míst a zhodnotit, zda do dané oblasti vyšle zasahující hasiče, nebo provede jiná opatření.

Samozřejmě bezpilotní prostředky mají i svá omezení, především jde o technické limity jako je například kapacita baterie, provozní podmínky, které umožňují způsob letu nebo povětrnostní podmínky a nutná rádiová viditelnost. Zhodnocení využití bezpilotních prostředků při vzniku MU nebo KS v oblasti Uherského Hradiště je uvedeno níže v tabulce 5. V tabulce je zhodnocení děleno na plné využití, omezené a nevyužitelné. Bližší vysvětlení je uvedeno v legendě pod tabulkou.

Tabulka 5 Zhodnocení využití bezpilotních prostředků (Vlastní)

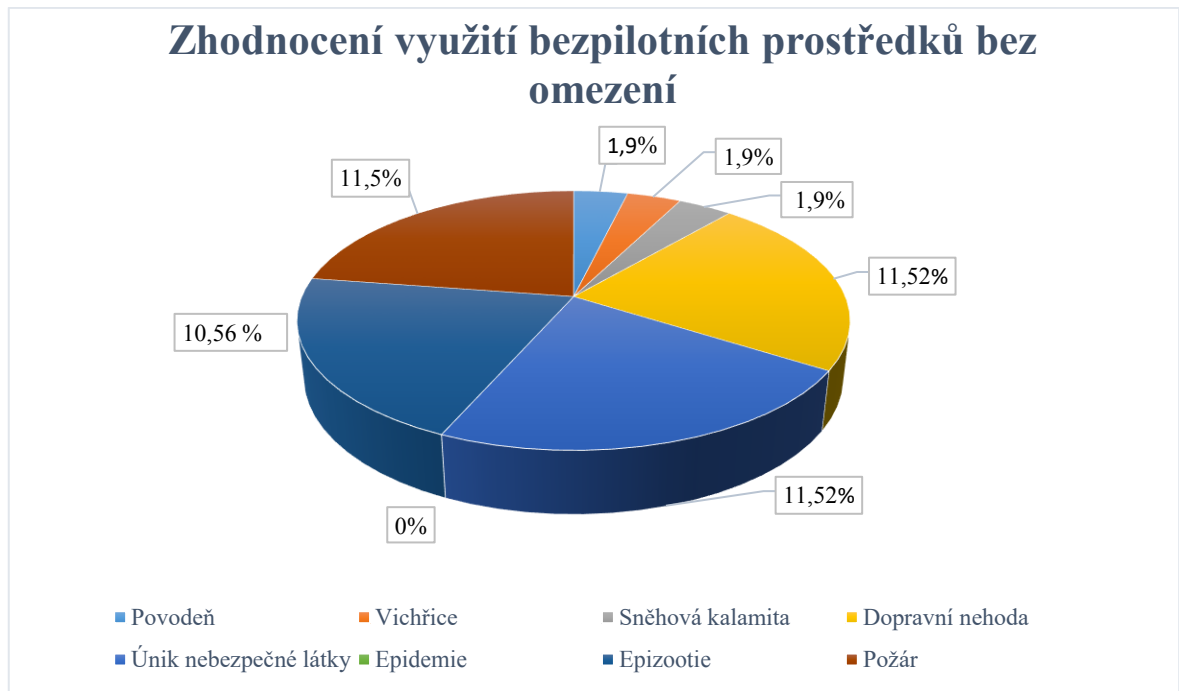
Zhodnocení využití bezpilotních prostředků									
P. č.	Způsob využití bezpilotních prostředků	Zdroje ohrožení							
		Povodeň	Vichřice	Sněhová kalamita	Dopravní nehoda	Únik nebezpečné látky	Epidemie	Epizootie	Požár
1.	Zjištění prvotních informací	O	O	O	V	V	N	V	V
2.	Možnost koordinace jednotek	O	O	O	V	V	N	V	V
3.	Online video přenos	O	O	O	V	V	N	V	V
4.	Monitoring velkého území	O	O	O	V	V	N	V	V
5.	Zásah v nebezpečné zóně	N	N	N	V	V	N	V	V
6.	Využití termovizní kamery	O	O	O	V	V	N	V	V
7.	Využití chemických čidel	N	N	N	V	V	N	N	V
8.	Kontrola místa po zásahu	V	V	V	V	V	N	V	V
9.	Využití při likvidačních pracích	V	V	V	V	V	N	V	V
10.	Monitoring nepřístupných míst	O	O	O	V	V	N	V	V

Zhodnocení využití bezpilotních prostředků									
P. č.	Způsob využití bezpilotních prostředků	Zdroje ohrožení							
		Povodeň	Vichřice	Sněhová kalamita	Dopravní nehoda	Únik nebezpečné látky	Epidemie	Epizootie	Požár
11.	Ucelený pohled na místo zásahu	O	O	O	V	V	N	V	V
12.	Využití reproduktoru a osvětlení	O	O	O	V	V	N	V	V

Legenda

V	Využití bezpilotního prostředku v případě zásahu JPO
O	Omezení využití bezpilotního prostředku (povětrnostní podmínky)
N	Pravděpodobně nevyužitelné v dané situaci nebo nevyužitelné JPO

Po zhodnocení využití bezpilotních prostředků na konkrétních příkladech je zřejmé, že využití je poměrně široké. Veškeré uvedené způsoby využití je možné aplikovat v případě úniku nebezpečných látek a při požáru. Podstatným omezením použití bezpilotních prostředků je v případech živelních katastrof, kdy použití bezpilotních prostředků by bylo ovlivněno zhoršenými povětrnostními podmínkami a využití by bylo možné až po jejich odeznění. Pravděpodobné nevyužití bezpilotních prostředků JPO je zejména v průběhu epidemie. Samozřejmě i v případech plného využití je nutné, aby podmínky pro let byly optimální a z pohledu bezpečnosti letu bylo vše v souladu s pravidly pro provoz. Ucelený pohled srovnání všech možných variant využití bezpilotních prostředků bez omezení je uveden následovně v grafu 1.



Graf 1 Zhodnocení využití bezpilotních prostředků v procentech (Vlastní)

V případě využití bezpilotního prostředku pro podporu řízení zásahu je z pohledu technických schopností bezpilotního prostředku nutné zvolit vhodnou konstrukci, která je využitelná při MU a KS v oblasti Uherského Hradiště. Zhodnocení výhod a nevýhod konstrukčních typů bezpilotních prostředků je dále uvedeno v následné podkapitole.

5 ZHODNOCENÍ VHODNÉHO KONSTRUKČNÍHO TYPU BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU

V první fázi výběru vhodného konstrukčního typu bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH je nezbytné zhodnotit výhody a nevýhody navrhovaných konstrukcí bezpilotních prostředků. Především zvážit jejich praktické využití a způsob provozu, a posoudit také technické parametry a schopnosti jednotlivých konstrukčních typů.

5.1 Konstrukční typy bezpilotních prostředků, výhody a nevýhody použití

Při výběru bezpilotních prostředků je nutné brát v potaz mnoho aspektů, které musí splňovat vhodný bezpilotní prostředek. Obzvláště jde o výhody a nevýhody, které mohou zvolení případného bezpilotního prostředku ovlivnit.

5.1.1 Bepilotní prostředky typu letoun

Výhodou bezpilotních prostředků s křídly je možnost letu do větší vzdálenosti a schopnost monitoringu oblasti z větší výšky. Především jde o pořízení velkého objemu dat během jednoho letu. Bepilotní prostředky s křídly využívají k letu vztlak, který umožňuje udržení letadla ve vzduchu a při snížení otáček motoru mohou plachtit, a tak šetřit částečně energii potřebnou k letu.

Bepilotní prostředky s pevným křídlem je možné vybavit jak spalovacím, tak elektrickým pohonem. Elektrické motory jsou napájeny lithium – polymerovými bateriemi, které se mohou po každém letu obměnit a následně dobít k opětovnému použití. Spalovací motory jsou oproti elektrickým náročnější na údržbu, ale na druhou stranu v závislosti na objemu palivové nádrže jsou schopny být v provozu déle.

Z pohledu bezpečnosti letu je daný typ bezpilotního prostředku schopen za určitých podmínek při poruše motoru bezpečně sklesat a přistát, samozřejmě při ztrátě některé části potřebné k letu jde bezpilotní prostředek nekontrolovatelně k zemi.

Možnou nevýhodou daného typu bezpilotního prostředku je nutnost rozsáhlejší vzletové a přistávací plochy. Bepilotní prostředky typu letadlo startují proti větru a pro vzlet a přistání potřebují dostatečný prostor. V případě navádění bezpilotního prostředku na přistání musí operátor sklesat krouživým pohybem a navést prostředek na zvolené místo. To ovšem záleží na zkušenostech operátora, aby přistál přesně na určené místo přistání.

Samozřejmě existují i hybridní bezpilotní prostředky, které jsou schopny i vertikálního vzletu a přistání, takové typy bezpilotních prostředků rozsáhlejší přistávací a vzletovou plochu mít nemusí. Jako příklad bezpilotního prostředku s možností vertikálního vzletu je níže na obr. 16 vyobrazen bezpilotní prostředek Wingtra, který se využívá v oblasti zemědělství a stavebnictví.



Obrázek 16 Bepilotní prostředek Wingtra (Vlastní – Dronfest 2021)

Při předletové kontrole je u bezpilotního prostředku typu letadlo nutná kontrola funkčnosti kamery, kontrola směrového a výškového kormidla, kontrola veškerých dat na ovladači, a především prověření otáček motoru tzv. motorovou zkouškou. Pro ucelený přehled výhod a nevýhod bezpilotních prostředků typu letadlo jsou informace uvedeny níže v tabulce 6.

Tabulka 6 Výhody a nevýhody bezpilotního prostředku typu letoun (Vlastní)

Zhodnocení výhod a nevýhod bezpilotního prostředku typu letoun	
Výhody	Monitoring větší plochy
	Pořízení velkého množství dat během letu
	Možnost plachtění a úspory energie

Zhodnocení výhod a nevýhod bezpilotního prostředku typu letoun	
Výhody	Možnost varianty elektrického nebo spalovacího motoru
	Možnost obměny baterie a provedení okamžitého letu
	Při poruše motoru lze navést letoun do bezpečného prostoru
	Přenos obrazu v reálném čase
	Odolnost konstrukce při provozu
	Možnost nést užitečná zařízení
	Dolet do větší vzdálenosti
	Možnost kombinace letových módů
Nevýhody	Při monitorování zájmového objektu musí letadlo kroužit
	Pro vzlet a přistání je nutná rozsáhlejší plocha
	Delší doba na předletovou přípravu a start
	Důkladná kontrola spojů konstrukce před letem
	Není možné provozovat v budově
	Větší prostor na přepravu
	Potřebná zkušenost operátora
	Pomalejší reakce prostředku při letu
	Pouze horizontální vzlet
	Let ve výškách těsně nad zemí není možný
	Náročnost na opravu a servis
	Není schopen viset za letu
	Absence odpovídače
	Vyšší pořizovací náklady

5.1.2 Bezpilotní prostředek typu multikoptéra

Mezi hlavní výhodu multikoptér bezpochybně patří jejich variabilita, která umožňuje kombinaci počtů ramen s rotory a širokou možností variace přídavných zařízení, která lze na multikoptéry zavěsit. Multikoptéry lze také využít na delší vzdálenosti, monitoring rozsáhlé oblasti a ke sběru obrazových dat, které lze využít pro specifické činnosti. Vzdálenost a doba provozu multikoptér závisí na zdroji energie. U daného typu bezpilotního prostředku se konstrukce převážně osazuje elektrickými motory, které jsou pro konstrukci lehčí a méně náročné na údržbu. Jako příklad profesionální kvadroptéry s elektrickým motorem je níže uveden obr. 17.



Obrázek 17 Flydeo (Vlastní – Dronfest 2021)

Co se týká bezpečnosti a možné poruchy motoru během letu je daná situace málokdy řešitelná, některé kvadroptéry již se ztrátou motoru umí létat, ale většinou dochází k neřízenému pádu. V tomto případě je výhodnější provozovat multikoptéru s osmi motory, neboť v daném výpadku jednoho z motorů lze bezpečně přistát, aniž by byla ohrožena bezpečnost letu. V případě absence GPS signálu je systém multikoptér vybaven optickými čidly nebo ultrazvukovými či laserovými dálkoměry, které zamezí střet s možnou překážkou.

Z pohledu prostoru, který je nutný pro vzlet a přistání, tak u multikoptér je daná problematika oproti konstrukcí letadel vyřešena lépe. V podstatě je možné startovat a přistávat kdekoli, kde je volný terén, neboť prostředky umožňují vertikální let.

Základní provozní údržba multikoptér není nijak významně náročná, zejména jde o zajištění pravidelné čistoty po použití, kontrolu pevnosti spojů a výměnu vrtulí, které se mohou časem opotřebit. Pokud jde o náročnější opravy spojené se softwarem prostředku, tak je nezbytné danou situaci řešit cestou servisní firmy. Sepsané výhody a nevýhody uvedeného bezpilotního prostředku jsou níže v tabulce 7.

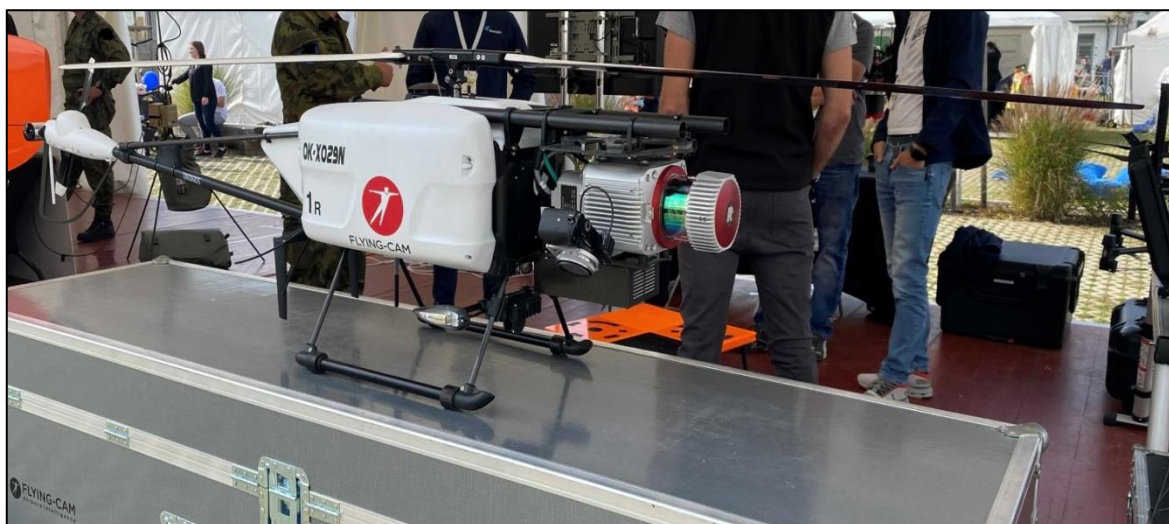
Tabulka 7 Výhody a nevýhody bezpilotního prostředku typu multikoptéra (Vlastní)

Zhodnocení výhod a nevýhod bezpilotního prostředku typu multikoptéra	
Výhody	Monitoring rozsáhlé plochy
	Pořízení velkého množství dat během letu
	Pro vzlet a přistání je dostačující menší plocha v řádech jednotek m ²
	Možnost obměny baterie a provedení následného letu
	Je možné pilotovat v budově
	Skladnost a mobilita
	Přenos obrazu v reálném čase
	Pružná reakce prostředku při letu
	Možnost nést užitečná zařízení
	Dolet do vzdálenosti nad 5 km
	Možnost volby letových režimů
	Zajištění bezpečnosti proti střetu
	Dostupnost náhradních dílů a servisních služeb
	Let v nízkých výškách je možný
	Schopnost horizontálního i vertikálního letu
	Je schopen viset za letu
Mnoho konstrukčních variant	

Zhodnocení výhod a nevýhod bezpilotního prostředku typu multikoptéra	
Nevýhody	Absence odpovídače
	Důkladná kontrola spojů konstrukce před letem
	Při poruše motoru riziko pádu
	Let v řádech desítek minut
	Menší odolnost
	Nízká nosnost užitečného zatížení

5.1.3 Bepilotní prostředek typu vrtulník

Bepilotní prostředky typu vrtulník jsou hojně využívány jako RC modely pro zábavu. Variací je mnoho, bepilotní vrtulníky jde pořídit za pár korun nebo i v řádech desítek či stovek tisíc korun, vše závisí na účelu využití a kvalitě vybavení. Pro představu profesionálního bepilotního prostředku je níže uveden na obr. 18 vrtulník značky Flaying-cam.



Obrázek 18 Bepilotní vrtulník Flying-cam (Vlastní – Dronfest 2021)

Tak jako ostatní bepilotní prostředky, tak i vrtulník může být poháněn elektrickým nebo spalovacím motorem. Bepilotní vrtulníky se spalovacím motorem jsou náročnější na údržbu a většinou se řadí do vyšší váhové kategorie. Výhodou vrtulníků se spalovacím

motorem je především větší nosnost užitečného zařízení, dolet do větší vzdálenosti a delší provozní doba, která může být i v řádech desítek minut či hodin.

Z pohledu bezpečnosti letu a řešení možné poruchy motoru během letu je podstatná včasná reakce pilota, který tak může v dané situaci přistát bezpečně. Vše závisí na výšce, ve které vrtulník letí, neboť během poruchy a klesání lze pomocí autorotace získat dostatečné otáčky rotoru a bezpečně přistát bez většího poškození.

Způsob vzletu a přistání je u bezpilotního prostředku typu vrtulník obdobný jako u multikoptér. Pro start a přistání je nutné mít rovný povrch terénu, kterým se zajistí, aby nedošlo k převrácení a následnému poškození vrtulí a rotoru.

Údržba a kontrola před letem je u vrtulníku také nezbytná, předletovou kontrolou se provede prověření funkčnosti a nepoškození jednotlivých částí konstrukce a vybavení. Především jde o kontrolu senzorů, stavu baterie a funkčnost motoru.

Pilotáž profesionálních bezpilotních vrtulníků je z pohledu výcviku a získání zkušeností pro let náročná, neboť výcvik nových pilotů obnáší mnoho hodin výcviku na simulátoru, kde je nutné nacvičit především nouzové postupy. Výhody a nevýhody bezpilotních vrtulníků jsou sepsány níže v tabulce 8.

Tabulka 8 Výhody a nevýhody bezpilotního prostředku typu vrtulník (Vlastní)

Zhodnocení výhod a nevýhod bezpilotního prostředku typu vrtulník	
Výhody	Monitoring rozsáhlé plochy – profesionální vrtulníky
	Pořízení velkého množství dat během letu
	Přenos obrazu v reálném čase – profesionální vrtulníky
	Možnost varianty elektrického nebo spalovacího motoru
	Možnost obměny baterie a provedení následného letu
	Při poruše motoru lze navést letoun do bezpečného prostoru
	Možnost nést užitečná zařízení
	Dolet do vzdálenosti nad 5 km – profesionální vrtulníky
	Možnost volby letových režimů – profesionální vrtulníky

Zhodnocení výhod a nevýhod bezpilotního prostředku typu vrtulník	
Výhody	Pořízení velkého množství dat během letu – profesionální vrtulníky
	Pro vzlet a přistání je dostačující menší plocha v řádech jednotek m ²
	Je možné pilotovat v budově – v halách
	Pružná reakce prostředku při letu
	Možnost nést užitečná zařízení
	Let v nízkých výškách je možný
	Schopnost horizontálního i vertikálního letu
	Je schopen viset za letu
Nevýhody	Dražší pořizovací náklady – profesionální vrtulníky
	Potřebná zkušenost obsluhy
	Profesionální prostředky větších rozměrů
	Při poruše motoru riziko pádu
	Absence odpovídače
	Náročnost na opravu a servis
	Neschopnost plachtění a úspory energie
	Náročnější údržba spalovacího motoru
	Let v řádech desítek minut – modely

5.2 Komparace využití jednotlivých typů bezpilotních prostředků a diskuse

Pro zhodnocení výhod a nevýhod uvedených konstrukcí bezpilotních prostředků je v následné části práce provedena komparace a diskuse s cílem vyhodnotit nejvhodnější typ konstrukce pro návrh bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH.

Konstrukce profesionálních bezpilotních prostředků typu letadlo umožňuje let do větších vzdáleností v řádech jednotek či desítek kilometrů s možností monitoringu rozsáhlé oblast. Profesionální bezpilotní vrtulníky dané schopnosti mají také, ale rozměrově se řadí do vyšší váhové kategorie. Schopnosti monitorování rozsáhlé plochy do větších vzdáleností umožňují multikoptéry obdobně jako ostatní, ale z pohledu provozu na jednu baterii jsou více omezené. Danou indispozici multikoptér lze řešit rychlou obměnou baterie s možností opětovného letu. Z časového hlediska je provoz multikoptér na větší vzdálenost výrazně náročnější oproti letadlům a vrtulníkům. Ale na druhou stranu komparací možných doletů všech prostředků, lze konstatovat, že multikoptéry oproti ostatním dané schopnosti mají i v menší váhové kategorii a nemusí být vybaveny spalovacími motory nebo být větších rozměrů.

Přídavná zařízení, která lze zavěsit na konstrukce bezpilotních prostředků závisí na váhové kategorii a celkové velikosti bezpilotního prostředku a možné nosnosti. U menších prostředků jako jsou multikoptéry, lze přídavná zařízení obměňovat nebo kombinovat. Modely vrtulníků jsou spíše menších rozměrů a řadí se do kategorie hobby, možnostmi upevnění přídavného zařízení a dobou provozu jsou velmi omezeny. V případě bezpilotních vrtulníků je vhodnější zvolit profesionální typ, který je převážně vybaven otočnou gimbalem s možností pořízení kvalitních obrazových dat. V porovnání všech typů bezpilotních prostředků lze zavěsit přídavná zařízení na všechny konstrukce, vše záleží na velikosti a na její nosnosti. I bezpilotní prostředky menších rozměrů je možné vybavit kvalitní kamerou s termovizí, zavěsit reproduktor, světlomet nebo z bezpečnostního hlediska i padák. Co se týká speciálních senzorů určených na chemický průzkum, tak z pohledu nosnosti a možnosti zavěšení jsou možná zavěšení spíše na větší konstrukce bezpilotních prostředků.

Způsob letu uvedených bezpilotních prostředků je v závislosti na typu konstrukce také odlišný. Především jde o rozdíl způsobu letu mezi konstrukcí letadel a multikoptér s vrtulníky. Letadla potřebují pro svůj vzlet rozsáhlejší vzletovou a přistávací plochu, nejsou vhodná pro použití v uzavřeném prostoru a v zástavbě. Multikoptéry a vrtulníky mohou

vzlétat z menšího prostoru, který může být v systému bezpilotního prostředku přesně zanesen a pomocí GPS mohou oba prostředky přesně bezpečně přistát. Samozřejmě i letadla jsou schopná přesně přistát dle GPS, ale k navedení letadla do navoleného místa potřebují dostatečný prostor. Výhodou vrtulníků a multikoptér je možnost visu a monitoringu oblasti z jednoho místa. Uvedená výhoda spočívá v možnosti monitoringu v omezeném prostoru.

Dodržení bezpečnosti letu je u bezpilotních prostředků také velice nutná. V případě pilotáže je nezbytné, aby obsluha bezpilotního prostředku měla výcvik na daný prostředek. Výcvik operátorů letadel a vrtulníků je oproti výcviku operátorů multikoptér časově náročnější. U daných prostředků je nutné splnit výcvik na simulátoru, kde si piloti natrénují nouzové procedury, ovládání a reakci na chybné hlášení systému. V případě poruchy motoru nebo poškození prostředku během letu je z pohledu bezpečnosti letu nezbytné okamžitě přistát bez ztráty prostředku a možného ohrožení okolního prostředí. Letadla jsou za určitých podmínek schopna plachtění a bezpečného přistání. Multikoptéry s větším počtem vrtulí výpadek jednoho motoru výrazně neovlivní a dá se s nimi bezpečně přistát. Multikoptéry s menším počtem vrtulí mohou být vybaveny padáčkem, který v případě poruchy motoru umožní zpomalení rychlosti pádu. V závislosti na zkušenostech pilota je i vrtulník schopen pomocí autorotace bezpečně přistát. Vše záleží na konkrétní situaci, která nastane, podstatou u všech prostředků je včasná reakce pilotů a zamezení ohrožení okolního prostředí.

Údržba bezpilotní techniky je z pohledu životnosti a bezpečnosti letu velmi důležitá. Pravidelná kontrola a servisní prohlídky bezpilotních prostředků zajistí dlouhodobou funkčnost a spolehlivost. Každý bezpilotní prostředek je vybaven určitou sadou náhradních dílů, které si uživatel dokáže v případě nutnosti obměnit. Složitější zásahy do elektroniky a softwaru provádějí servisní firmy, které jsou schopny závadu diagnostikovat a opravit.

Pokud jednotlivé konstrukce bezpilotních prostředků porovnáme z pohledu možného využití při MU a KS, na teritoriu HZS ZLK ÚO UH, tak každý konstrukční typ bezpilotního prostředku má své dominantní zastoupení v určitém okruhu řešení případného ohrožení. Pro návrh vhodného konstrukčního typu bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH je důležité zvolit takovou konstrukci, která umožní efektivní využití bezpilotního prostředku u všech analyzovaných zdrojů ohrožení, které jsou možné v oblasti působnosti HZS ZLK ÚO UH. Z tohoto pohledu je rozhodující zvolit konstrukci, která umožní letové procedury, umožní snadnou obsluhu a rychlé rozvinutí, poskytne videopřenos v reálném čase a logisticky bude méně náročná na přepravu. Zhodnocení vhodného konstrukčního typu a způsobu provozu je zobrazeno níže v tabulce 9.

Tabulka 9 Zhodnocení konstrukčních typů bezpilotních prostředků (Vlastní)

Zhodnocení konstrukčních typů bezpilotních prostředků				
P. č.	Požadovaný způsob provozu bezpilotních prostředků	Konstrukční typ prostředku		
		Letadlo	Multikoptéra	Vrtulník
1.	Let ve visu	–	X	X
2.	Dolet nad 5 km	X	X	X
3.	Denní a noční režim	X	X	X
4.	Snadná obsluha	–	X	–
5.	Bezpečnostní prvky	–	X	–
6.	Přídavná zařízení	X	X	X
7.	Snadná údržba	–	X	–
8.	Dostupnost náhradních dílů	–	X	–
9.	Vertikální a horizontální let	–	X	X
10.	Let v budovách	–	X	–
11.	Let v malých výškách	–	X	X
12.	Elektrický/spalovací motor	X	X	X
13.	Rychlé rozvinutí prostředku	–	X	–
14.	Plošné využití	X	X	X

Z uvedeného výčtu schopností je zřejmé, že v daných bodech splňuje všechny požadavky na způsob provozu konstrukce multikoptér. Vrtulník, který je v těsném závěsu za multikoptérou, je pro využití skoro ve všech případech také vhodný, ale v určitých pohledech je náročnější na obsluhu a údržbu. Bepilotní prostředek typu letadlo je z hlediska využití omezený ve způsobu letu, vzletu a přistání. Z tohoto pohledu je spíše vhodný na provoz v rozsáhlém prostoru. V případě využití multikoptéry při MU a KS na teritoriu HZS ZLK ÚO UH je možné:

- monitorovat prostor ve visu, snímat postiženou oblast v denním a nočním režimu,
- monitorovat rozsáhlé území – vyhledávat osoby, zjišťovat škody,
- po příjezdu na místo zásahu rychle rozvinut a použít multikoptéru,
- připevnit na konstrukci padáček,
- využít laserových senzorů pro zamezení střetu s možnou překážkou,
- rychle obměnit baterii a opětovně použít multikoptéru,
- let v malých výškách a v těsné blízkosti objektů,
- let v budovách – halách.

Z hlediska obsluhy a údržby:

- snadná obsluha – rychlé zaškolení,
- snadná údržba a výměna náhradních dílů.

Po zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých konstrukcí, provedení následné komparace a zvolení vhodné konstrukce je v další fázi návrhu vhodného bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH nutné provést výběr vhodného typu multikoptéry a potřebného technického vybavení.

6 VÝBĚR VHODNÉHO BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU

V druhé fázi výběru bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH je z pohledu nabídky domácího a zahraničního trhu nutné, vybrat vhodné kandidáty bezpilotních prostředků, ze kterých bude vycházet návrh bezpilotního prostředku. Zhodnocení bezpilotních prostředků spočívá především v porovnání technických schopností, vybavení a nákladů na pořízení. Pro výběr nejvhodnějšího bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH byla použita metoda vícekritériálního hodnocení variant.

6.1 Možnosti výběru bezpilotního prostředku, stanovení kritérií

Na světovém trhu je nyní mnoho prodejců, kteří nabízejí hned několik variant bezpilotních prostředků, které jsou určeny pro profesionální využití. Jelikož je okruh světových výrobců velmi široký, je nutné pro efektivní výběr bezpilotního prostředku daný okruh zúžit a při výběru vycházet jen z těch, které jsou ve světě hodnoceny jako ty nejlepší. Z hlediska pragmatického výběru je také důležité, aby bezpilotní prostředky byly prodávány autorizovaným tuzemským prodejcem, který je schopen poskytnout odborné zaškolení obsluhy a zabezpečit záruční a pozáruční servis. Z pohledu zajištění kvality požadovaných služeb je také nezbytné se soustředit na domácí dodavatele s dlouholetými zkušenostmi.

6.1.1 Vymezení možností výběru bezpilotního prostředku

V současnosti se mezi světové lídry výroby multikoptér, které jsou zastoupeny nejen v komerční sféře, ale i v profesionálním využití, řadí čínský výrobce multikoptér značky DJI. V oblasti bezpilotních prostředků již v roce 2013 firma DJI prorazila na světovém trhu prodejem multikoptéry řady Phantom. Neustálou inovací se tato firma vypracovala na první příčku nejlepších prodejců multikoptér v celosvětovém měřítku. Své obchodní zastoupení má DJI po celém světě.

Na domácí půdě je výrobce značky DJI také zastoupen. Je hned několik prodejců, kteří se zabývají prodejem multikoptér řady DJI v ČR, ale jen málokterý poskytuje zaškolení, záruční a pozáruční servis. Jediným autorizovaným prodejcem multikoptér DJI v ČR je firma Telink, která se v oblasti bezpilotních prostředků pohybuje od roku 2000. Svým zákazníkům firma Telink nabízí profesionální multikoptéry, které jsou vhodné pro využití v oblastech energetiky, stavebnictví, zemědělství, realit ale i v oblasti IZS. Firma Telink zprostředkovává zaškolení na veškeré bezpilotní prostředky, které prodává a zákazníkům poskytuje přípravu na závěrečné zkoušky na ÚCL.

V současnosti DJI v zastoupení firmou Telink v ČR nabízí více jak třicet různých kombinací multikoptér s rozdílnými parametry a schopnostmi využití. Z tohoto pohledu je nutné stanovit kritéria pro výběr vhodné multikoptéry, která usnadní výběr optimální varianty.

6.1.2 Stanovení kritérií pro výběr bezpilotního prostředku

Hlavní kritérium, které je vhodné zvážit, je bezesporu pořizovací cena výrobku, od které je nutné se odrazit a stanovit rozmezí cenové hladiny. Tak jako u každé elektroniky platí i u bezpilotních prostředků, čím dražší cena výrobku tím lepší funkce, kvalita a možnosti využití. Kvalitní bezpilotní prostředky lze koupit již od desítek tisíc korun, ty profesionální, které disponují kvalitnější optikou, delším provozem a větší výbavou stojí okolo padesáti tisíci korun. Aby bylo stanovené cenové rozmezí je nutné zvolit i maximální výši pořizovací ceny. V tomto směru je stanovena cena do dvě stě tisíc korun, tak aby vybrané bezpilotní prostředky disponovaly obdobnými parametry a schopnostmi, které je možné porovnat. Zahrnutí dražších bezpilotních prostředků by výrazně ovlivnilo celkové srovnání. K pořizovací částce, která bude stanovena na konci výběru, je také nutné počítat s navýšením o částku, která bude vynaložena za doplňkový materiál jako jsou například náhradní baterie přepravní kufry, náhradní díly a jiné potřebné vybavení.

Z pohledu letových schopností je výběr bezpilotního prostředku potřeba směřovat na možnost letu do vzdálenosti až pěti kilometrů od operátora a s minimální provozní dobou dvaceti pěti až třiceti minut na jednu baterii. Pro možnost letu do větších vzdáleností je také vhodné zvážit i možnou maximální rychlost prostředku, a to například z pohledu rychlého návratu k operátorovi. Stanovená kritéria jsou vymezena z hlediska možnosti provedení plošného využití v případě rozsáhlých živelních pohrom a možnosti souvislého monitoringu bez přistání.

Nutné je i zmínit možnost pořizování fotografických snímků a záznamu během letu. Důležitým aspektem při zhodnocení kamer je jejich rozlišení, které by u profesionálních bezpilotních prostředků mělo být velmi kvalitní. Stanovení výchozí hodnoty rozlišení kamer je v případě zvolení minimálního kritéria alespoň 1 920 x 1 080 px (Full HD). Důležité při výběru kamery je její schopnost otáčení kolem své osy. Podstatným parametrem kamery je také zoom, kterým jde přiblížit pohled kamery do míst z velké vzdálenosti a rozpoznat i malé detaily. Využití schopností kamery při zásahu JPO je výhodné například v případě sledování hořícího objektu z bezpečné vzdálenosti ve vysoké kvalitě obrazového přenosu.

Provoz bezpilotních prostředků je také velmi omezen zhoršenými povětrnostními vlivy, které mohou ovlivnit let. U tohoto hlediska je potřebné vybrat bezpilotní prostředek, který je schopen bezpečného letu v maximální hranici rychlosti větru $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Po zhodnocení všech uvedených informací lze vymezit následná kritéria pro výběr vhodného bezpilotního prostředku. Kritéria jsou vymezena následně:

- pořizovací cena bezpilotního prostředku maximálně 200 000,- Kč,
- schopnost doletu do vzdálenosti nejméně 5 km od obsluhy,
- provozní doba bezpilotního prostředku minimálně 25 minut,
- rozlišení kamery minimálně 1 920 x 1 080 px (Full HD),
- schopnost letu ve větru o síle do $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- rychlost letu minimálně $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- termokamera.

6.2 Varianty bezpilotních prostředků

Pro výběr vhodné varianty bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH byly vybrány z nabídky DJI následující typy, které svými parametry splňují požadovaná kritéria.

DJI Mavic 3 Combo

Bezpilotní prostředek Mavic 3 je nejnovějším modelem, který DJI v dané třídě nabízí. Mavic 3 je určen pro profesionální využití například pro výškové práce, kde je nutné mít kvalitní vybavení kamer. Mavic 3 disponuje dvěma kamerami, které jsou uloženy v jednom pouzdře, jedna kamera je osazena 4/3palcovým senzorem značky Hasselband a druhou přibližovací kameru s dvaceti osminásobným hybridním zoomem. Mavic 3 je vyobrazen níže na obr. 18.



Obrázek 18 Bezpilotní prostředek Mavic 3

(Mavic 3 Cine Combo, © 2022a)

Technické parametry bezpilotního prostředku Mavic 3 Combo, které jsou stanoveny jako hodnocená kritéria při výběru vhodného bezpilotního prostředku, jsou uvedena níže v tabulce 10.

Tabulka 10 Technické parametry Mavic 3 (Mavic 3 Combo, © 2022b)

DJI Mavic 3 Combo		
Technické parametry – kritéria	Cena pořízení [Kč]	130 000
	Dolet [km]	8
	Provozní doba letu [min]	46
	Rozlišení senzorů kamer [Mpx]	20
	Schopnost letu – vítr [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	12
	Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	21
	Termokamera	NE

Inspire 2

Bezpilotní prostředek Inspire 2 disponuje velmi kvalitní kamerou, která je upevněna na kardanu se schopností pohybu 360° kolem osy. Kamera s označením Zenmuse, lze na Inspire 2 zavěsit ve třech variantách, a to Zenmuse X4, X5 a X7. Z pohledu bezpečnosti letu je Inspire vybaven velmi kvalitními senzory proti nárazu. Inspire2 s otočnou kamerou je zobrazen níže na obr. 19.



Obrázek 19 Bezpilotní prostředek Inspire 2

(Inspire 2, © 2022a)

Technické parametry Inspire 2, které jsou stanoveny jako hodnocená kritéria při výběru vhodného bezpilotního prostředku, jsou uvedena níže v tabulce 11.

Tabulka 11 Technické parametry (Inspire 2, © 2022b)

Inspire 2		
Technické parametry – kritéria	Cena pořízení [Kč]	150 000
	Dolet [km]	7
	Provozní doba letu [min]	25
	Rozlišení senzorů kamer [Mpx]	24
	Schopnost letu – vítr [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	10
	Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	26
	Termokamera	NE

Mavic 2 Enterprise Advanced

Bezpilotní prostředek Mavic 2 Enterprise Advanced je vybaven duální kamerou, která disponuje třiceti dvounásobným digitálním zoomem a infračerveným spektrem. Mavic 2 je určen pro profesionální letecké práce, tam kde je kladen nárok na zjištění přesných informací ve formě obrazových dat, jako jsou například lety v rámci inspekční kontrol. Mavic 2 je pro představu uveden níže na obr. 20.



Obrázek 20 Mavic 2 (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022a)

Technické parametry Mavic 2, které jsou stanoveny jako hodnocená kritéria při výběru vhodného bezpilotního prostředku, jsou uvedena níže v tabulce 12.

Tabulka 12 Technické parametry (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022b)

Mavic 2 Enterprise Advanced		
Technické parametry – kritéria	Cena pořízení [Kč]	160 000
	Dolet [km]	6
	Provozní doba letu [min]	31
	Rozlišení senzorů kamer [Mpx]	48
	Schopnost letu – vítr [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	10
	Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	20
	Termokamera	ANO

Phantom 4 RTK

Bezpilotní prostředek Phantom 4 RTK je vybaven optickou kamerou s rozlišením 20 Mpx a satelitní navigační technikou RTK, což v překladu znamená kinematické polohování v reálném čase. V praxi Phantom 4 RTK dokáže sbírat data s přesností na centimetry. Pro zobrazení Phantomu 4 RTK je níže uveden obr. 21.



Obrázek 21 Phantom 4 RTK (DJI Phantom 4 RTK, © 2022a)

Technické parametry Phantomu 4 RTK, které jsou stanoveny jako hodnocená kritéria při výběru vhodného bezpilotního prostředku, jsou uvedena níže v tabulce 13.

Tabulka 13 Technické parametry (DJI Phantom 4 RTK, © 2022b)

Phantom 4 RTK		
Technické parametry – kritéria	Cena pořízení [Kč]	160 000
	Dolet [km]	7
	Provozní doba letu [min]	30
	Rozlišení senzorů kamer [Mpx]	20
	Schopnost letu – vítr [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	10
	Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	20
	Termokamera	NE

6.3 Výběr optimální varianty bezpilotního prostředku

Pro výběr vhodných kandidátů z řady DJI byly zhodnoceny čtyři bezpilotní prostředky, které jsou svými parametry a schopnostmi velmi podobné. Přesné srovnání technických schopností a parametrů pro výběr vhodného bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH, bylo provedeno metodou vícekriteriálního hodnocení variant. Pro ucelení přehled veškerých dat je níže uvedena tabulka 14, ze které vychází následný výběr optimální varianty bezpilotního prostředku.

Tabulka 14 Výchozí data pro vícekriteriální hodnocení variant (Vlastní)

Výchozí data pro vícekriteriální hodnocení varianty bezpilotního prostředku		Označení variant bezpilotních prostředků			
Kritéria		X1	X2	X3	X4
		DJI Mavic 3 Combo	Inspire 2	Mavic 2 Enterprise	Phantom 4
K1	Cena pořízení [Kč]	130 000	150 000	160 000	160 000
K2	Dolet [km]	8	7	6	7
K3	Provozní doba letu [min]	46	25	31	30
K4	Rozlišení senzorů kamer [Mpx]	20	24	48	20
K5	Schopnost letu – vítr [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	12	10	10	10
K6	Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	21	26	20	20
K7	Termokamera	NE	NE	ANO	NE

6.3.1 Vícekriteriální hodnocení variant

Vícekriteriální hodnocení variant v prvních krocích spočívá ve zvolení p variant a k , kritérií.

Tedy platí: p varianty $X1, X2, \dots, XP$ jsou hodnoceny podle k , kritérií $K1, K2, \dots, Kk$.

Kritéria**K1** – Cena pořízení [Kč]**K2** – Dolet [km]**K3** – Provozní doba letu [min]**K4** – Rozlišení senzorů kamer [Mpx]**K5** – Schopnost letu – vítr [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]**K6** – Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]**K7** – Termokamera [ANO – 1, NE – 0]**Preferenční uspořádání zvolených kritérií**

Aby bylo možné jednotlivá kritéria uspořádat dle preferencí, byla autorem práce provedena diskuse s odborníky z oblasti bezpilotního létání. Diskuse byla vedena přímo s operátory bezpilotních prostředků v posádce Prostějov u 533. praporu bezpilotních systémů. Specialistům, kteří mají dlouholeté zkušenosti s bezpilotními prostředky, byla řešená problematika výběru vhodné kvadrokoptéry pro HZS ZLK ÚO UH objasněna a dále rozebrána v diskusi, ze které vyplývají uvedené výsledky. Níže uvedená kritéria jsou uspořádána podle přímého uspořádání od nejméně významného po nejvýznamnější.

K6 – rychlost letu

Bezpilotní prostředky umožňují kombinaci letových režimů, ve kterých lze měnit i rychlost letu. Výhodu možnosti rychlého letu lze zohlednit například při nutném okamžitém návratu kvadrokoptéry na místo vzletu z důvodu blížícího se nebezpečí, jako je například bouřka nebo narušení letového prostoru jiným uživatelem. Z pohledu porovnání všech kritérií rychlost letu je nejméně významná oproti ostatním kritériím. Dle preferenčního uspořádání je rychlosti letu přiřazena preference 1.

K1 – cena pořízení

Cena, za kterou je možné pořídit bezpilotní prostředky, je vždy chápána jako položka, která má být co nejnižší. Samozřejmě jak bylo v diskusi zmíněno, od ceny se odvíjí hlavně kvalita technického vybavení bezpilotních prostředků, jejich vybavení a servis. Při realizaci nákupu by se na ceně kvadrokoptéry nemělo šetřit, neboť letecká technika musí být kvalitní a spolehlivá. Především jde o zajištění maximální bezpečnosti v letovém prostoru. Dle preferenčního uspořádání je ceně pořízení přiřazena preference 2.

K5 – schopnost letu ve ztížených podmínkách

Kvadrokopty, které byly vybrány, jsou docela lehké, neváží víc jak 3,5 kg. Nevhodné povětrnostní podmínky mohou let kvadrokopty značně ovlivnit, proto jsou stanoveny limity rychlosti větru, za kterých je možné létat. V diskusi bylo poukázáno na fakt, že v limitních normách je možné létat, ale vždy je nutné také zohlednit zkušenosti pilota, neboť nezkušený pilot nemusí zvládnout pilotáž ve ztížených podmínkách. Dle preferenčního uspořádání je schopnosti letu ve ztížených podmínkách přiřazena preference 3.

K2 – vzdálenost (dolet)

Co se týká vzdálenosti (možného doletu) bezpilotních prostředků je nutné při volení konkrétního typu prostředku zvážit, jak kvadrokopty bude využívána. V případě použití kvadrokopty pro záchranné práce je pravděpodobnější, že prostředek bude spíše využíván na kratší vzdálenosti, například pro monitoring hořících objektů. V diskusi bylo podotknuto, že v kategorii, ve které jsou navrhované kvadrokopty řazeny, je dolet do vzdálenosti 5 km od operátora dostačující. Dle preferenčního uspořádání je vzdálenosti doletu přiřazena preference 4.

K3 – provozní doba

Diskuse na téma délka provozní doby kvadrokopty byla velice rychle uzavřena. Dostatečná kapacita baterií stanovuje celkovou dobu letu. Doba provozu na jednu baterii udává možnost co nejdelšího využití při zásahu JPO. Z pohledu časově delšího využití při zásahu bylo konstatováno, že dlouhodobý provoz by byl možný i v případě zajištění dostatečného množství baterií a rychlé obměny nebo užitím dvou kvadrokopty současně. Dle preferenčního uspořádání je provozní době přiřazena preference 5.

K4 – senzory kamer

V diskusi bylo naznáno, že kamery jsou oči bezpilotních prostředků. Produkt ve formě obrazových dat a videí, který poskytují kamery, je z pohledu získání informací důležitý, neboť je to hlavní podstata využití všech bezpilotních prostředků. Dle preferenčního uspořádání jsou sensorům kamer přiřazena preference 6.

K7 – termokamera

Tepelné rozdíly sledovaných objektů v zásahové oblasti lze díky termovizní kameře rychle vyhledat. V případě využití bezpilotních prostředků JPO bylo v diskusi naznáno, že je nezbytné, aby kamera bezpilotních prostředků disponovala i termokamerou. V závěru

diskuse bylo zkonstatováno, že kamera s kvalitním zoomem a termokamerou je z hlediska využití velmi důležitou výbavou. Dle preferenčního uspořádání je termokameře přiřazena preference 7.

Stanovení vah kritérií

Po rozboru všech kritérií, podle kterých bude prováděn výběr vhodného bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH a diskusi se specialisty z 533. praporu bezpilotních systémů, jsou stanoveny váhy kritérií dle preferencí od méně významných po nejdůležitější. Dále je provedeno normování vah dle níže uvedeného vzorce. Stanovení vah kritérií je zobrazeno v tabulce 15.

Výpočet:

v_i – normovaná váha i - tého kritéria,

f_i – počet preferencí i - tého kritéria,

n – počet kritérií.

$$v_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$v_1 = \frac{2}{28} \cong 0,07 \quad v_2 = \frac{4}{28} \cong 0,14 \quad v_3 = \frac{5}{28} \cong 0,18 \quad v_4 = \frac{6}{28} \cong 0,21$$

$$v_5 = \frac{3}{28} \cong 0,11 \quad v_6 = \frac{1}{28} \cong 0,04 \quad v_7 = \frac{7}{28} \cong 0,25$$

Tabulka 15 Stanovení vah kritérií (Vlastní)

Stanovení vah kritérií			
Kritéria		Počet preferencí [f_i]	Normovaná váha [v_i]
K1	Cena pořízení [Kč]	2	0,07
K2	Dolet [km]	4	0,14
K3	Provozní doba letu [min]	5	0,18
K4	Rozlišení senzorů kamer [Mpx]	6	0,21
K5	Schopnost letu – vítr [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	3	0,11

Stanovení vah kritérií			
Kritéria		Počet preferencí [f_i]	Normovaná váha [v_i]
K6	Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	1	0,04
K7	Termokamera	7	0,25
Součet		28	1

Výpočet vícekritériálního hodnocení variant

V následném kroku vícekritériálního hodnocení variant je sestavena kritériální matice dle vzorce $Y = (Y_{ij})$, kdy Y vyjadřuje kritériální matici, Y_{ij} jsou dosazené hodnoty a ij jsou spodní indexy.

Kritériální matice

$$Y = \begin{pmatrix} \mathbf{K1} & \mathbf{K2} & \mathbf{K3} & \mathbf{K4} & \mathbf{K5} & \mathbf{K6} & \mathbf{K7} \\ 13 & 8 & 46 & 20 & 12 & 21 & 0 \\ 15 & 7 & 25 & 24 & 10 & 26 & 0 \\ 16 & 6 & 31 & 48 & 10 & 20 & 1 \\ 16 & 7 & 30 & 20 & 10 & 20 & 0 \end{pmatrix}$$

Hodnoty v kritériální matici jsou dále rozčleněny na maximální hodnoty a na minimální hodnoty.

Maximalizační kritéria: K2, K3, K4, K5, K6, K7.

Minimalizační kritéria: K1.

Vyjádřením úspor vůči nejhorší variantě jsou převedena minimalizační kritéria na maximalizační, což jsou kritéria ve sloupci **K1**.

$$Y' = \begin{pmatrix} \mathbf{K1} & \mathbf{K2} & \mathbf{K3} & \mathbf{K4} & \mathbf{K5} & \mathbf{K6} & \mathbf{K7} \\ 3 & 8 & 46 & 20 & 12 & 21 & 0 \\ 1 & 7 & 25 & 24 & 10 & 26 & 0 \\ 0 & 6 & 31 & 48 & 10 & 20 & 1 \\ 0 & 7 & 30 & 20 & 10 & 20 & 0 \end{pmatrix}$$

Jelikož jsou veškerá kritéria v jiných jednotkách, musí se hodnoty v následném kroku převést na normalizovanou kritériální matici R dle vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}-d_j}{h_j-d_j} \quad i = 1, 2, \dots, p \quad j = 1, 2, \dots, k$$

h_j = max. hodnota, d_j = min. hodnota, y_{ij} = prvek kritériální matice.

Přepočet hodnot kritériální matice na normalizované hodnoty

$$r_{1.1} = \frac{3-0}{3-0} = \frac{3}{3} = 1 \quad r_{1.2} = \frac{8-6}{8-6} = \frac{2}{2} = 1 \quad r_{1.3} = \frac{46-25}{46-25} = \frac{21}{21} = 1$$

$$r_{2.1} = \frac{1-0}{3-0} = \frac{1}{3} = 1/3 \quad r_{2.2} = \frac{7-6}{8-6} = \frac{1}{2} = 1/2 \quad r_{2.3} = \frac{25-25}{46-25} = \frac{0}{21} = 0$$

$$r_{3.1} = \frac{0-0}{3-0} = \frac{0}{3} = 0 \quad r_{3.2} = \frac{6-6}{8-6} = \frac{0}{2} = 0 \quad r_{3.3} = \frac{31-25}{46-25} = \frac{6}{21} = 6/21$$

$$r_{4.1} = \frac{0-0}{3-0} = \frac{0}{3} = 0 \quad r_{4.2} = \frac{7-6}{8-6} = \frac{1}{2} = 1/2 \quad r_{4.3} = \frac{30-25}{46-25} = \frac{5}{21} = 5/21$$

$$r_{1.4} = \frac{20-20}{48-20} = \frac{0}{28} = 0 \quad r_{1.5} = \frac{12-10}{12-10} = \frac{2}{2} = 1 \quad r_{1.6} = \frac{21-20}{26-20} = \frac{1}{6} = 1/6$$

$$r_{2.4} = \frac{24-20}{48-20} = \frac{4}{28} = 4/28 \quad r_{2.5} = \frac{10-10}{12-10} = \frac{0}{2} = 0 \quad r_{2.6} = \frac{26-20}{26-20} = \frac{6}{6} = 1$$

$$r_{3.4} = \frac{48-20}{48-20} = \frac{28}{28} = 1 \quad r_{3.5} = \frac{10-10}{12-10} = \frac{0}{2} = 0 \quad r_{3.6} = \frac{20-20}{26-20} = \frac{0}{6} = 0$$

$$r_{4.4} = \frac{20-20}{48-20} = \frac{0}{28} = 0 \quad r_{4.5} = \frac{10-10}{12-10} = \frac{0}{2} = 0 \quad r_{4.6} = \frac{20-20}{26-20} = \frac{0}{6} = 0$$

$$r_{1.7} = \frac{0-0}{1-0} = \frac{0}{1} = 0$$

$$r_{2.7} = \frac{0-0}{1-0} = \frac{0}{1} = 0$$

$$r_{3.7} = \frac{1-0}{1-0} = \frac{1}{1} = 1$$

$$r_{4.7} = \frac{0-0}{1-0} = \frac{0}{1} = 0$$

Výpočty normalizovaných hodnot, které jsou převedeny dle stanoveného vzorce, jsou dále dosazeny do matice R .

$$R = \begin{pmatrix} \mathbf{K1} & \mathbf{K2} & \mathbf{K3} & \mathbf{K4} & \mathbf{K5} & \mathbf{K6} & \mathbf{K7} \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1/5 & 0 \\ 1/3 & 1/2 & 0 & 4/28 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 6/21 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1/2 & 5/21 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Výsledné hodnoty matice R , které vyjadřují normalizované hodnoty všech kritérií, jsou v následné tabulce 16 vynásobeny stanovenými hodnotami vah kritérií a sečteny do finálního výsledku, který zobrazuje nejlépe hodnocenou variantu navrhované kvadrokoptéry.

Tabulka 16 Výpočet váženého součtu (Vlastní)

Metoda váženého součtu		
X_i	$\sum_{j=1}^7 v_j r_{ij}$	Pořadí
X_1	$0,07 * 1 + 0,14 * 1 + 0,18 * 1 + 0,21 * 0 + 0,11 * 1 + 0,04 * 1/5 + 0,25 * 0 = 0,508$	2.
X_2	$0,07 * 1/3 + 0,14 * 1/2 + 0,18 * 0 + 0,21 * 4/28 + 0,11 * 0 + 0,04 * 1 + 0,25 * 0 = 0,163$	3.
X_3	$0,07 * 0 + 0,14 * 0 + 0,18 * 6/21 + 0,21 * 1 + 0,11 * 0 + 0,04 * 0 + 0,25 * 1 = 0,511$	1.
X_4	$0,07 * 0 + 0,14 * 1/2 + 0,18 * 5/21 + 0,21 * 0 + 0,11 * 0 + 0,04 * 0 + 0,25 * 0 = 0,113$	4.

6.3.2 Zhodnocení výsledků

Výpočtem vícekritériálního hodnocení variant, bylo zjištěno pořadí hodnocených bezpilotních prostředků takto:

1. **Mavic 2 Enterprise Advanced**
2. Mavic 3 Combo
3. Inspire 2
4. Phantom 4

Po zhodnocení všech parametrů jednotlivých kvadrokoptér a uvedených výsledků lze vyhodnotit jako nejlepší variantu bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH kvadrokoptéru s typovým označením Mavic 2 Enterprise Advanced.

7 NÁVRH BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU PRO HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ZLÍNSKÉHO KRAJE ÚZEMNÍ ODBOR UHERSKÉ HRADIŠTĚ

Po provedení výběru vhodného bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH je v dané kapitole navrhovaná kvadrokoptéra Mavic 2 Enterprise Advanced podrobně popsána a jsou uvedeny její technické parametry. Dále je v práci zapracován cenový přehled Mavicu 2 Enterprise Advanced s příslušenstvím. Vybraný bezpilotní prostředek Mavic 2 Enterprise Advanced pro HZS ZLK ÚO UH je zobrazen níže na obr. 22.



Obrázek 22 Mavic 2 EA (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022c)

7.1 Bepilotní prostředek Mavic 2 Enterprise Advanced

Mavic 2 Enterprise Advanced je modelem roku 2020, oproti jeho předchůdci Mavicu 2 Enterprise je vylepšen o modul RTK, kterým je schopen určovat svou polohu přesněji na centimetry. Další novinkou je osazení prostředku kvalitní kamerou s dvěma objektivy, kterými lze obraz 32krát přiblížit v denním režimu a 16krát v infračerveném spektru. Během letu je možné sledovat výstup z kamer současně nebo jednotlivě, vše záleží na konkrétním využití. Přenos obrazu je závislý na přímé rádiové viditelnosti mezi vysílačem a kvadrokoptérou. Schopnost nastavit let v automatickém režimu je možný i u tohoto modelu, trasových bodů lze nastavit až 240. Výhodou Mavicu 2 Enterprise Advanced je i možnost připevnit na konstrukci přídatná zařízení jako je reproduktor, zábleskové světlo nebo výkonný světlomet (Kocourek, Řešátko, 2021d, s. 73). Po shrnutí veškerých informací o Mavicu 2 Enterprise Advanced lze konstatovat, že navrhovaná kvadrokoptéra disponuje kvalitní výbavou, na konstrukci lze připevnit přídatná zařízení, která v průběhu práce byla několikrát zmíněna. Bezpochybně nejlepším aspektem pro využití kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced při zásahu JPO je možnost termovizního vidění. Na níže uvedeném

obr. 23 je Mavic 2 Enterprise Advanced vyobrazen v rozloženém stavu pro použití a ve složeném stavu pro přepravu.



Obrázek 23 Mavic 2 Enterprise Advanced
(Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022c)

Technické parametry

Maximální využití a schopnosti Mavicu 2 Enterprise Advanced umožňují především technické parametry, kterými kvadrokoptéra disponuje. Ucelený přehled základních technických parametrů je uveden níže v tabulce 17.

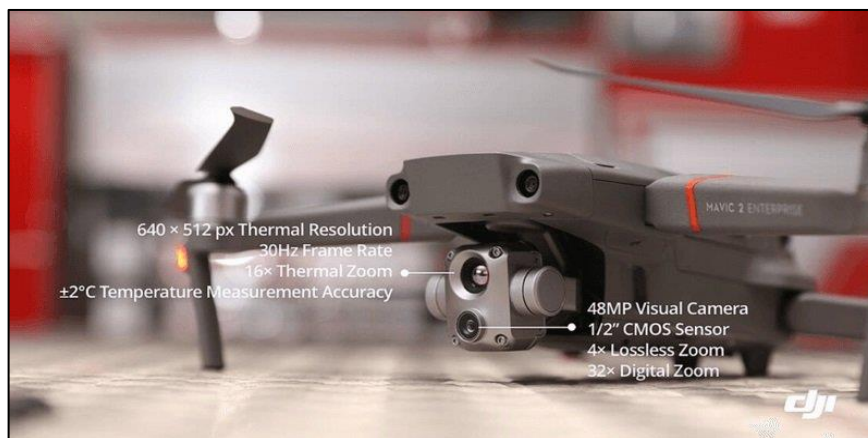
Tabulka 17 Technické parametry (Mavic 2 EA, © 2022d)

Mavic 2 Enterprise Advanced		
Technické parametry	Dolet [km]	6
	Provozní doba letu [min]	31
	Rychlost letu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	20
	Schopnost letu – vítr [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	10

Mavic 2 Enterprise Advanced		
Technické parametry	Vzletová hmotnost bez příslušenství [g]	909
	Maximální vzletová hmotnost [g]	1 100
	Rozměry – složený (D × Š × V) [mm]	214×91×84
	Rozměry – rozložený (D × Š × V) [mm]	322×242×84
	Maximální výškový dostup [m]	6 000
	Provozní teplota [°C]	-10 až +40
	Provozní frekvence [GHz]	2,400 - 2,4835 5,725 - 5,850
	Vnitřní úložiště dat [GB]	24
	Globální družicový polohový systém	GPS, Glonass

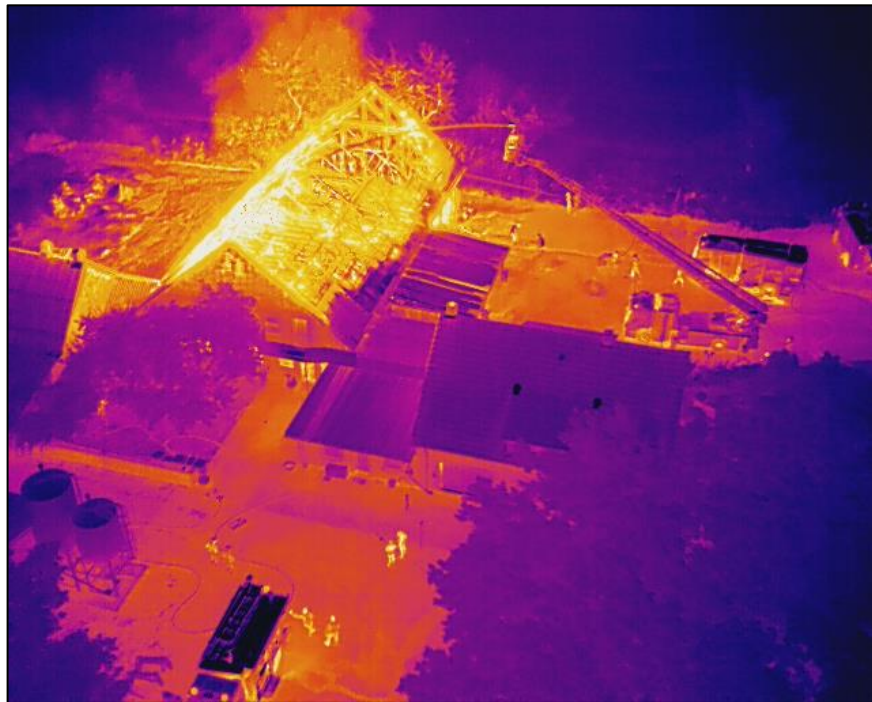
Kamera

Po zhodnocení výběru vhodné kvadrokoptéry jsou kamery nejpodstatnějšími prvky kvadrokoptér. V průběhu zásahu je možné sledovat činnost zasahujících jednotek z výšky, vyhledávat ohniska požáru a mít celkovou možnost detailního vidění. Využití kvadrokoptéry je přínosné především pro velitele zásahu. Kamera s dvěma objektivy je vyobrazena níže na obr. 24.



Obrázek 24 Kamera Mavic 2 Enterprise Advanced
(Kamera Mavic 2 EA, © 2022)

Pro představu, jaký je pohled z termokamery kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced, je níže uveden obr. 25, kde je vyobrazen hořící objekt a zásah JPO.



Obrázek 25 Pohled na požár z termovizní kamery
(Velký požár ve Friesoythe, © 2021)

Technické parametry kamer

Mezi hlavní výhody kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced se řadí možnost reálného přenos obrazu, který operátor může sledovat na ovladači během letu. Technické parametry obou kamer jsou zobrazeny v následné tabulce 18.

Tabulka 18 Parametry kamer (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022e)

Denní kamera Mavic 2 Enterprise Advanced		
Technické parametry	Rozlišení senzorů kamer [Mpx]	48
	Zoom	32 x
	Rozlišení videa [px]	3840 × 2160
	Formát videa	MP4
	Formát fotografie	JPEG

Termokamera Mavic 2 Enterprise Advanced		
Technické parametry	Rozlišení videa [px]	640 × 512
	Zoom	16 x
	Formát videa	MP4
	Formát fotografie	R – JPEG

7.2 Příslušenství Mavic 2 Enterprise Advanced

Aby Mavic 2 Enterprise Advanced mohl být provozován, je vybaven potřebným příslušenstvím, se kterým je možné prostředek ovládat, nabíjet, opravovat a přepravovat. Mezi standardní obsah příslušenství patří uvedené komponenty v tabulce 19.

Tabulka 19 Příslušenství Mavic 2 EA
(Příslušenství Mavic 2 EA, © 2022a)

Příslušenství Mavic 2 Enterprise Advanced		
p. č.	Název	Počet [n _i]
1.	Dálkový ovladač – Smart Controller	1
2.	Inteligentní baterie	1
3.	Nabíječ baterie	1
4.	Napájecí kabel	1
5.	Vrtule (pár)	3
6.	Joystick	2
7.	Adaptér + USB – C kabel	1
8.	Kryt rozšiřujícího portu	1
9.	Reproduktor	1

Příslušenství Mavic 2 Enterprise Advanced		
p. č.	Název	Počet [n _i]
10.	Bodové LED světlo	1
11.	Signální LED světlo	1
12.	Přepravní box	1
13.	Manuál	1

Dálkový ovladač – Smart Controller

Dálkový ovladač s pěti a půl palcovým displejem je nedílnou součástí kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced. Hlavní funkcí ovladače je propojení rádiového spojení mezi kvadrokoptérou a vysílačem a možnost samotného ovládání, další schopností je zobrazení veškerých letových dat na displeji ovladače. Dálkový ovladač je níže zobrazen na obr. 26.



Obrázek 26 Dálkový ovladač

(Příslušenství Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022b)

Létat s kvadrokoptérou Mavic 2 Enterprise Advanced je možné v manuálním programu, kdy pilot ovládá prostředek pomocí joysticku ovladače nebo v automatickém režimu, kdy prostředek létá po předem navolené trase. Aby operátor byl schopen plánovat tzv. misi je nutné, aby znal veškeré plánovací postupy, které se zadávají do systému přes ovladač. Pro

zajištění bezpečnosti letu je také nezbytná orientace v datech, která jsou zobrazena na displeji ovladače během letu. Pro znázornění displeje je níže uveden obr. 27.



Obrázek 27 Letová data zobrazené na ovladači
(Displej ovladače, © 2020)

Na displeji ovladače je možné vyčíst tyto informace:

- stav systému,
- detekce překážek,
- stav baterie,
- letový režim,
- síla rádiového signálu, GPS,
- mapový podklad,
- aktuální pozice,
- stav kapacity úložiště,
- síla video signálu – video výstup,
- aktuální výška.

Výhodou displeje ovladače Mavicu 2 Enterprise Advanced je možnost zřetelného sledování letových dat i na přímém slunci, displej je schopen si samostatně svítivost regulovat dle

aktuálního denního světla. Výhodou může být i instalace softwarové aplikace DJI GO 4, pomocí které mohou být ovladač a kvadrokoptéra do třiceti vteřin propojeny, kvadrokoptéra může okamžitě vzlétnout. Bez softwarové aplikace DJI GO 4 je propojení systému minutu delší. Významná je i funkce Go Share na přenos videí, která umožňuje pomocí aplikace DJI GO 4 okamžitě odesílat videa. Další užitečnou možností je využití funkce SkyTalk, pomocí které lze během letu obraz kamery streamovat (Příslušenství Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022c). Z pohledu výhody rychlejšího startu, možnosti přenosu a odesílání videí je nutné, aby v případě pořízení Mavicu 2 Enterprise Advanced aplikace DJI GO 4, Go Share a SkyTalk, byly součástí systému.

Baterie

Kvalitní baterie s dostatečnou kapacitou zajišťuje dlouhý let a možnost maximálního využití. Baterie Mavicu 2 Enterprise Advanced je inteligentní baterie, která umožňuje monitorovat aktuální stav kapacity baterie a dokáže se sama zahřívat na optimální provozní teplotu, což umožňuje létat při nižších teplotách. Pro zajištění maximální doby provozu je nutné zvážit, kolik baterií při nákupu pořídit. Z pohledu dostatečného množství baterií a zajištění dlouhého provozu při zásahu je v případě realizace nákupu pořídit min. deset baterií na jeden prostředek. Baterie Mavicu 2 Enterprise Advanced je zobrazena níže na obr. 28.



Obrázek 28 Baterie Mavicu 2 Enterprise Advanced
(Baterie Mavic 2, © 2022)

Parametry Baterie Mavicu 2 Enterprise Advanced jsou vyobrazeny níže v tabulce 20.

Tabulka 20 Baterie Mavicu 2 Enterprise Advanced (Baterie Mavic 2, © 2022)

Baterie Mavic 2 Enterprise Advanced		
p. č.	Název	Počet [n _i]
1.	Kapacita baterie [mAh]	3860
2.	Maximální napětí baterie [V]	17,6
3.	Hmotnost [g]	297
4.	Teplota při nabíjení [°C]	5 až 40
5.	Doba nabíjení [min]	100

Nabíječ baterií

Pro nabíjení baterií Mavicu 2 Enterprise Advanced lze využít dvě kombinace nabíječů. Jednou z možností je níže uvedená nabíječka na obr. 29, kterou lze nabíjet přes autobaterii. K nabíječi lze připojit pouze jednu baterii, která se nabíjí sto minut (Nabíječka, © 2022a).



Obrázek 29 Auto nabíječka (Nabíječka, © 2022b)

Druhou možností je nabíjecí stanice, kde je možné nabíjet současně čtyři baterie. Doba nabíjení jedné baterie trvá v tomto případě jednu hodinu a třicet minut. Uvedená nabíjecí stanice je níže na obr. 30.



Obrázek 30 Nabíjecí stanice (Nabíjecí stanice, © 2022)

Přídavná zařízení

Mezi přídavná zařízení, která lze připevnit na konstrukci kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced, se řadí následné komponenty:

- reproduktor,
- bodové LED světlo,
- zábleskové světlo,
- přídavný modul RTK.

Reproduktor s výkonem sta decibelů lze připevnit na konstrukci a využít na předávání hlasové zprávy, kterou je možné do systému předem nahrát, nebo zprávu prostřednictvím vestavěného mikrofonu v ovladači předávat zprávu přímo do reproduktoru připevněném na kvadrokoptěře. Tak jako všechna letadla jsou vybavena pozičními světly, tak Mavic 2 Enterprise Advanced může být během letu vybaven signálním LED světlem, které zvýrazní prostředek ve vzdušném prostoru. Další možností je přídavné LED světlo, které lze na konstrukci zavěsit. LED světlem je možné za ztížené viditelnosti nasvítit monitorovaný prostor. Posledním uvedeným přídavným zařízením, které je možné připevnit na konstrukci, je RTK modul. Přídavným RTK modulem lze přesněji měřit polohu prostředku s přesností na centimetry. RTK modul není součástí standardní výbavy. Uvedená zařízení jsou na obr. 31.



Obrázek 31 Možnosti přídavného zařízení

(Přídavná zařízení, © 2022)

Vrtule

Při využití kvadrokoptéry na letecké práce je nutné, aby operátor měl vždy u sebe dostatek náhradních dílů, což jsou i vrtule. V případě poškození je nutné zajistit rychlou obměnu a pokračovat v plnění úkolu. Ve standardní výbavě jsou tři páry vrtulí, což je dostatečné. Ale na druhou stranu je nutné zohlednit možná poškození a v případě nákupu pořídit alespoň deset párů navíc. Vrtule Mavicu 2 Enterprise Advanced je zobrazena níže na obr. 32.



Obrázek 32 Rameno s vrtulí (Vrtule Mavic 2, © 2022)

Přepavní box

Zabezpečit kvadrokoptéru proti poškození při přepravě na místo plnění úkolu je velmi důležité. Je nutné zvolit kvalitní box, který je odolný proti nárazům a nejlépe, aby byl i vodotěsný. Vhodný přepravní box je také nezbytné zvolit z pohledu přepravy všech komponentů v jednom celku. Pro přepravu většího počtu baterií, náhradních dílů a dalšího příslušenství je navrhováno v případě realizace nákupu pořídit i přepravní kufr s výrobním označením 733-236. Přepavní kufr pro Mavic 2 Enterprise Advanced, s výrobním označením DJIM0256-12, který je vhodný do zátěžových podmínek, a univerzální kufr na baterie a příslušenství jsou vyobrazeny níže na obr. 33



Obrázek 33 Zátěžové přepravní kufry (Přepavní kufr Mavic 2, © 2022)

7.3 Náklady na pořízení kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced

Pro realizaci nákupu kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced je nutné se seznámit s aktuálními cenami jednotlivých komponentů a služeb. Základní balíček výrobce DJI dodává s určitým počtem výbavy, která nemusí být vždy dostatečná. Z pohledu zajištění stálé provozuschopnosti je nezbytné nakoupit více náhradních dílů, podpůrné softwaru a sjednat doplňkové služby.

V ČR je jediným autorizovaným prodejcem kvadrokoptér značky DJI firma Telink, která má dlouholeté zkušenosti s dodávkou kvadrokoptér pro český trh. Příložený přehled cen kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced a příslušenství vychází z doporučených cen

výrobce firmy DJI. Doporučené ceny platné k březnu 2022 jsou čerpány z webu firmy Telink, který je přímým dovozcem produktů DJI a má status DJI Enterprise Dealer. Konkrétní cenovou nabídku na Mavic 2 Enterprise Advanced, příslušenství, software, kurzy a školení firma Telink sestavuje na základě předchozí konzultace se zadavatelem. V případě zájmu budou zohledněny potřeby, požadavky a finanční možnosti HZS ZLK ÚO UH.

Přehled cen

Aby bylo zřejmé, které komponenty jsou zahrnuty v základním balíčku Mavic 2 Enterprise Advanced a vytváří tak jednotnou cenu, je níže uvedena tabulka 21.

Tabulka 21 Základní balíček Mavic 2 Enterprise Advanced (Vlastní)

Mavic 2 Enterprise Advanced		
p. č.	Název položky	Počet [n_i]
1.	Mavic 2 Enterprise Advanced	1
2.	Dálkový ovladač – Smart Controller	1
3.	Inteligentní baterie	1
4.	Nabíječ baterie	1
5.	Napájecí kabel	1
6.	Vrtule (pár)	3
7.	Joystick	2
8.	Adaptér + USB – C kabel	1
9.	Kryt rozšiřujícího portu	1
10.	Reproduktor	1
11.	Bodové LED světlo	1
12.	Zábleskové světlo	1

Mavic 2 Enterprise Advanced		
p. č.	Název položky	Počet [n_i]
13.	Přepravní kufr	1
Cena za základní balíček [Kč]		159 990,-

Ceny jednotlivých položek

V případě potřeby dokoupení samostatných dílů soupravy je níže v tabulce 22 uveden cenový rozpad jednotlivých komponent. Uvedená cena je vždy za jeden kus.

Tabulka 22 Cenový rozpad jednotlivých dílů (Vlastní)

Jednotlivé komponenty Mavic 2 Enterprise Advanced		
p. č.	Název položky	Cena [Kč]
1.	Dálkový ovladač – Smart Controller	26 490,-
2.	Inteligentní baterie	4 890,-
3.	Nabíječ baterie	749,-
4.	Napájecí kabel	249,-
5.	Vrtule (pár)	339,-
6.	Joystick	599,-
7.	Adaptér + USB – C kabel	199,-
8.	Reproduktor	2 490,-
9.	Bodové LED světlo	3 490,-
10.	Zábleskové světlo	1 890,-
11.	Přepravní kufr	3 290,-

Doplňkové komponenty a služby

V případě pořízení kvadrokoptéry Mavic 2 Enterprise Advanced je možné dokoupit i níže uvedený sortiment a služby, které je nutné z pohledu širšího využití také zohlednit. Ceny doplňkových komponent a služeb jsou uvedeny níže v tabulce 23.

Tabulka 23 Doplnkové komponenty a služby (Vlastní)

Doplňkové komponenty a služby		
p. č.	Název položky	Cena [Kč]
1.	DJI Flight Simulator – zkušební verze	0,-
2.	RTK modul	13 990,-
3.	Kurz BASIC – součást nákupu	0,-
4.	Kurz SPECIFIC	9 780,-
5.	Nářadí na opravu	599,-
6.	Zvýšené nohy	250,-
7.	Ochranné sklo Smart Controller	199,-
8.	Fly More Kit sada	12 090,-
9.	Lipo Battery Safe Guard	99,-
10.	Kufr plastový, vodotěsný – 733-236	2 390,-

7.4 Zavedení bezpilotního prostředku

V případě rozhodnutí zavedení bezpilotního prostředku Mavic 2 Enterprise Advanced do technické výbavy HZS ZLK ÚO UH je nezbytné zohlednit mnoho aspektů, které je potřeba realizovat před samotným nákupem a využitím v praxi.

Před zavedením bezpilotního prostředku do technické výbavy HZS ZLK ÚO UH je nutné:

- vznést požadavek na nákup kvadrokoptéry Mavic 2 EA a vyčlenění finančních prostředků z rozpočtu HZS ZLK,
- zplánovat časovou osu pro pravidelný nákup náhradních dílů – vyblokování financí,
- provést kompletní specifikaci kvadrokoptéry Mavic 2 EA,
- provést výběrové řízení na nákup kvadrokoptéry Mavic 2 EA,
- realizovat nákup kvadrokoptéry Mavic 2 EA,
- smluvně zajistit záruční a pozáruční servis a dodávky náhradních dílů,
- vyčlenit vhodné místo na uskladnění kvadrokoptéry Mavic 2 EA s příslušenstvím,
- určit dopravní prostředek, kterým bude Mavic 2 EA přepravován,
- vyčlenit vhodné prostory pro nabíjení baterií,
- zaškolit stávající příslušníky ÚO UH na konkrétní typ kvadrokoptéry (kurz SPECIFIC),
- po zaškolení operátorů zajistit provedení odborné zkoušky na ÚCL,
- provést součinnostní výcvik s operátory HZS ČR, kteří již prostředky využívají,
- na základě získaných informací z jiných krajů stanovit standardní operační postupy nasazení kvadrokoptéry při zásahu,
- provádět letové nácviky.

V případě MU a KS v oblasti Uherského Hradiště lze kvadrokoptéru Mavic 2 Enterprise Advanced využít takto:

preventivní práce

- prozkoumat terén – průjezdnost techniky,
- monitorovat rozsáhlé území, zjištění aktuálního stavu,
- monitorovat stavby kritické infrastruktury – nepoškozenost,
- monitorovat vodní toky – aktuální stav hladiny,
- přenášet hlasové zprávy na dálku – informování osob.

záchranné práce

- po příjezdu na místo zásahu provést let ke zjištění prvotních informací,
- vyhledávat osoby na místě zásahu,
- poskytnout informace pro rozhodovací činnosti veliteli zásahu,
- odesílat videozáznam z místa zásahu na KOPIS,
- zajistit online video přenos k veliteli zásahu,
- monitorovat zásah v nebezpečné zóně,
- sledovat místo zásahu z ptačí perspektivy,
- streamovat online záznam z místa zásahu,
- přenášet hlasové zprávy na dálku,
- využít termovizní kameru,
- monitorovat nedostupná místa pro zasahující jednotky.

likvidační práce

- kontrolovat jednotky při likvidačních pracích – bezpečnost,
- monitorovat průběh likvidační práce,
- monitorovat nedostupná místa,
- sledovat místo z ptačí perspektivy – ucelený přehled,
- využít termovizní kameru,
- odesílat videozáznam z postiženého místa na KOPIS,
- prozkoumat terén – průjezdnost,
- sledovat postižené místo, koordinovat zasahující jednotky,
- monitorovat rozsáhlé území – zjištění škod,
- monitorovat stavby kritické infrastruktury – neporušenost,
- monitorovat konstrukce staveb – stabilita, neporušenost.

ZÁVĚR

V současnosti je aktuální stav využití bezpilotních prostředků u HZS ČR hodnocen velice kladně, využití bezpilotních prostředků při zásahu přináší rozšíření technických možností zasahujícím jednotkám. Především jde o získání informací z místa zásahu, které jsou rozhodující při záchraně lidských životů. Směr rozvoje bezpilotních prostředků u HZS ČR udávají koncepční dokumenty, kde jsou podrobně popsány způsoby využití bezpilotních prostředků. Základní stavební kámen v oblasti využití bezpilotních prostředků u HZS ČR tvoří opěrné body HZS vybraných krajů, kde jsou mj. využívány i bezpilotní prostředky. JPO okolních států využívají pro záchrané a likvidační práce bezpilotní prostředky obdobným způsobem jako JPO v ČR.

Jednotlivých typů bezpilotních prostředků je v celosvětovém měřítku mnoho, především se od sebe liší stavbou konstrukcí, výbavou a druhem motoru. Mezi základní konstrukce bezpilotních prostředků se řadí především letadla, multikoptéry a vrtulníky. Každá konstrukce bezpilotního prostředku má své výhody a nevýhody, vše záleží na způsobu a podmínkách jejich využití. Konstrukce bezpilotních letadel jsou výhodnější na let do větších vzdáleností v řádech desítek či stovek kilometrů. Využití bezpilotních letadel je především určeno na monitoring rozsáhlé oblasti s cílem získání většího objemu obrazových dat. Oproti letadlům jsou vrtulníky a multikoptéry menších rozměrů a jsou preferovány spíše na kratší vzdálenosti pro monitoring detailních záběrů s vysokým rozlišením. S provozem bezpilotních prostředků souvisí i pravidla provozu ve vzdušném prostoru. Operátoři bezpilotních prostředků musí být řádně proškoleni a znali pravidel bezpečného letu. Pro zajištění bezpečnosti je nutné, aby operátoři bezpilotních prostředků prováděli řádnou předletovou kontrolu, seznamovali se s předpovědí počasí a neustále sledovali vzdušný prostor, ve kterém provozují bezpilotní prostředky.

Uplatnění bezpilotních prostředků v případě MU a KS na teritoriu HZS ZLK ÚO UH je přínosné v mnoha případech, o tom vypovídají způsoby využití bezpilotních prostředků na konkrétních zdrojích ohrožení v oblasti Uherského Hradiště. Způsoby využití bezpilotních prostředků jsou v některých případech omezující, je nutné zohlednit technické limity bezpilotních prostředků nebo nepříznivé povětrnostní podmínky pro let.

Cílem diplomové práce bylo navrhnout bezpilotní prostředek využitelný HZS ZLK ÚO UH při řešení MU nebo KS na teritoriu místní působnosti, což bylo naplněno. Výsledek práce uvádí kompletní specifikaci navrhovaného bezpilotního prostředku Mavic 2 Enterprise

Advanced, přehled finančních nákladů na pořízení, stanovené kroky k realizaci zavedení bezpilotního prostředku do technické výbavy požární stanice v Uherském Hradišti a příklady možného způsobu využití bezpilotního prostředku při řešení MU a KS. Díky vypracovanému návrhu může HZS ZLK ÚO UH realizovat pořízení vybraného bezpilotního prostředku a provést potřebné kroky k zavedení bezpilotního prostředku do technické výbavy požární stanice.

Přínosem diplomové práce je vytvoření teoretického pohledu na současné využití bezpilotních prostředků u HZS ČR a JPO okolních států a deskripce podmínek pro provoz bezpilotních prostředků ve vzdušném prostoru ČR. Z praktického hlediska ochrany obyvatelstva je přínosem diplomové práce provedený rozbor zdrojů ohrožení v oblasti Uherského Hradiště a soupis možných způsobů využití bezpilotních prostředků při MU a KS. Stěžejním přínosem diplomové práce v oblasti ochrany obyvatelstva je samotný výsledek diplomové práce – návrh konkrétního bezpilotního prostředku pro HZS ZLK ÚO UH, který zvýší schopnosti JPO při zásazích. Diplomová práce je z pohledu celospolečenského významu přínosná především z rozšíření možnosti záchrany lidských životů, zdraví či materiálních hodnot.

Z hlediska oblasti vojenství je přínosem diplomové práce možnost využít vytvořeného mechanismu pro výběr vhodného bezpilotního prostředku pro Armádu České republiky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BALL, Mike, 2019. *Raven RQ11B: Unmanned System Technology* [online]. [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2019/04/aerovironment-opens-uas-innovation-center/>

Baterie Mavic 2, © 2022. *Extreme* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: https://www.xtreme.cz/dji-mavic-2-enterprise-intelligent-flight-battery_z2771/

Berlínský hasičský sbor bude v budoucnu používat drony, © 2020. *Berliner-zeitung* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.berliner-zeitung.de/mensch-metropole/berlins-feuerwehr-setzt-kuenftig-drohnen-ein-li.96017>

Bezpilotní letadla, © 2022. *ÚCL* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/5>

Bezpilotní prostředek Twins, © 2019. *Twins* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: https://www.twins-co-at.translate.goog/wp-content/uploads/2020/11/cropped-DSC_6220-1.jpg?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=nui,sc

Bezpilotní prostředek u HZS LBK, © 2021. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/hasicky-bezpilotni-letoun.aspx>

Bezpilotní prostředky u TÚPO, © 2019. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky: Časopis 112 ROČNÍK XVIII ČÍSLO 1/2019* [online]. [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xviii-cislo-1-2019.aspx?q=Y2hudW09OA%3D%3D>

Bezpilotní vrtulník Janys 23, © 2021 *Vrtulnik.cz* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <http://www.vrtulnik.cz/unmanned/rc.htm>

ČESKO, 1997. *Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví, který je doplněn zákonem o živnostenském podnikání* [online]. [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: https://www.caa.cz/wpcontent/uploads/2019/07/za%CC%81kon_49_1997_konsolidovane%CC%81_od_01_01_2018.pdf

ČESKO, 2015a. *Zákon č. 320/2015 Sb., Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky* [online]. [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-328>

ČESKO, 2015b. *Zákon 224/2015 Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi* [online]. [cit. 2022-02-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>

ČESKO, 2017. *Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/jednotky-po-961839.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>

ČESKO, 2021. *Vyhláška ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení Integrovaného záchranného systému* [online]. [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-328>

Displej ovladače, © 2020. *Dronegenuity* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.dronegenuity.com/dji-go-4-app-tutorial/>

DJI Matrice, © 2021. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/nove-vyuzivame-k-nasi-praci-take-dron.aspx>

DJI Phantom 4 RTK, © 2022. *DJI Telink* [online]. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/dji-phantom-4-rtk/10651-dji-phantom-4-rtk-dji-care-enterprise-basic-6958265168628.html>

Dron DJI F 450, © 2021. *RC obchod* [online]. [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://www.rcobchod.cz/produkty/dji-f450-set-kvadrokoptera-pouzite-P67067.html>

Dron DJI Matrice 300 RTK, © 2021. *Jednostki Państwowej Straży Pożarnej* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.gov.pl/web/kwpsp-warszawa/przekazanie-dronow-dla-komendy-wojewodzkiej-psp-w-warszawie>

Dron s hasební kapslí, © 2021. *Internet Info, s.r.o* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/tech/kdyz-nestaci-hadice-a-zebrik-pomohou-drony-robotici-z-cvut-ukazali-jak-je-lze-vyuzit-k-haseni-ve-vyskovych-budovach>

Drony u Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje, © 2021. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/nove-vyuzivame-k-nasi-praci-take-dron.aspx>

Druh a rozsah ohrožení, © 2010. *Povodňové plány Uherského Hradiště* [online]. [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: http://uh.povodnoveplany.cz/lang_cs/clanek/1023/

FIALA, Petr, Josef JABLONSKÝ a Miroslav MAŇAS, 1994. *Vícekritériální rozhodování*: Určeno pro stud. všech fak. Praha: Vysoká škola ekonomická. ISBN 80-7079-748-7.

Panelová diskuse, © 2022. *Forbes* [online]. [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <http://likeaboss.forbes.cz/>

Hasičské drony v modrém světle, © 2019. *Air and more* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: https://airandmore-at.translate.google.com/feuerwehr-drohnen-im-einsatz-oesterreich/?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=nui,sc

Hasičský a záchranný sbor má první dron, © 2019. *Ministerstvo vnitra Slovenskej republiky* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.minv.sk/?tlacove-spravy-3&sprava=hasicky-a-zachranny-zbor-ma-prvy-dron>

HOHENLOHE, Stephan, 2016. *z. Drony: stručně a přehledně: výběr vhodného modelu, ovládání, foto a video, legislativa*. Frýdek-Místek: Alpress, ISBN 978-80-7543-234-6.

Inspire 2, © 2022. *DJI Telink* [online]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/inspire-2/9915-inspire-2-x5s-standard-kit.html>

Kamera Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022. *Dronpro* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/dron-mavic-2-enterprise-advanced>

KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ, 2016. *Drony*. Brno: Computer Press, ISBN 978-80-251-4680-4.

KARAS, Jakub, 2017. *222 tipů a triků pro drony*. Brno: Computer Press, ISBN 978-80-251-4877-8.

KLÉZL, Tomáš, 2022. *Rychlost v Česku klesá, Aktuálně. CZ* [online]. [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/rychlost-vetru-v-cesku-klesa-v-extremech-ale-bude-silnejsi/r~7fa5404c3e1811ec9106ac1f6b220ee8/>

KOCOUREK, Jaroslav a Jaroslav ŘEŠÁTKO, 2021. *Drony: praktická příručka pro majitele dronů DJI*. Praha: TELINK, spol. s r.o., ISBN 978-80-11-00186-5.

Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2025 s výhledem 2030, © 2021. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [cit. 2021-9-21]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/ochrana-obyvatelstva-v-ceske-republice.aspx>

Koncepce požární ochrany Hasičského záchranného sboru Karlovarského kraje do roku 2029, Příloha č. 2, © 2018. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [cit. 2021-9-21]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/koncepce-pozarni-ochrany-kraje-do-roku-2029.aspx>

Koncepce provozu bezpilotních systémů v rámci HZS ČR: pro období 2016 až 2019, 2016. Praha: *Ministerstvo vnitra generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky*. Č.j. MV-171862-1/PO-IZS-2015

KOŘÍNEK, Martin, 2014. *Statistické zpracování dat*. Hradec Králové: Gaudeamus, Texty k sociální práci. Výzkumné metody v sociální práci. ISBN 978-80-7435-399-4.

KROULÍK, Milan, 2019. *Využití bezpilotních prostředků ve sběru dat a řízení vstupů Agromanuál* [online]. [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/vyuziti-bezpilotnich-prostredku-ve-sberu-dat-a-rizeni-vstupu>

Kvadroptéra již plně slouží hasičům, © 2019. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/kvadroptera-jiz-plne-slouzi-hasicum-a-bezesporu-je-velkym-pomocnikem.aspx>

Letecká mapa, © 2022. *ŘLP* [online]. [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://dronview.rlp.cz/>

Mapa regionu Uherskohradištska, © 2010. *Povodňové plány Uherského Hradiště* [online]. [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: http://uh.povodnoveplany.cz/lang_cs/clanek/1096/

Mavic 2 EA, © 2022. *DJI Telink* [online]. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/mavic-2-enterprise/10551-mavic-2-enterprise-advance-6941565911582.html>

Mavic 2 Enterprise Dual, © 2019. *Požáry* [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/206067-drony-dji-pomahaji-zachrannym-slozkam-maji-termokameru-umi-mluvit-svitit-nebo-blikat-majackem/>

Mavic 3 Cine Combo, © 2022. *DJI Telink* [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/mavic-3/11587-dji-mavic-3-cine-combo-6941565919915.html>

MLEZIVA, Zdeněk, 2016. Definice a rozdělení požárů. *JSDO Olešnice* [online]. [cit. 2022-01-21]. Dostupné z: <https://jsdh.webnode.cz/jednotka/definice-a-rozdeleni-pozaru/>

MOLNÁR, Zdeněk, 2022. *Úvod do základů vědecké práce* [online]. In: [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: https://people.fsv.cvut.cz/~k126/predmety/d26mvp/mvp_sylabus-mvp.pdf

Nabíjecí stanice, © 2022. *Robot World* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.robotworld.cz/nabijeci-adapter-pro-4-baterie-dji-mavic-2>

Nabíječka, © 2022. *Dronpro* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/dji-mavic-air-2-nabijec-s-autoredukci>

Opěrné body HZS ČR, © 2019. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xviii-cislo-1-2019.aspx?q=Y2hudW09OA%3D%3D>

PELIKÁN, Daniel, 2021. *Bezpilotní prostředek typu vrtulník* [online]. [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: <https://www.pelikandaniel.com/?sec=page&id=5>

Prováděcí nařízení Komise EU 2019/947 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel, © 2019. *ESIPA* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=AZ&CP=02019R0947-20210805>

Předání dronů provinčnímu ředitelství PSP PL, © 2021. *Jednostki Państwowej Straży Pożarnej* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.gov.pl/web/kwpsp-warszawa/przekazanie-dronow-dla-komendy-wojewodzkiej-psp-w-warszawie>

Přepavní kufr Mavic 2, © 2022. *DJITelink* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: https://www.djitelink.cz/cs/vyhledavani?search_query=kufr+mavic

Přídavná zařízení, © 2022. *DJITelink* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/mavic-2-enterprise/10551-mavic-2-enterprise-advance-6941565911582.html>

Příslušenství Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022. *Dronpro* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/dron-mavic-2-enterprise-advanced>

RACHWALSKÁ, Marta, 2019. Hasičské drony PL. *Infosecurity24* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.infosecurity24.pl/komenda-glowna-psp-rozdziela-drony>

Rizika ve správním obvodu ORP Uherské Hradiště, © 2019. *Analýza rizik*, 2019. Zlín: Hasičský záchranný sbor Zlínského kraje.

SLUKOVÁ, Danica, 2022. *Základní metody vědecké práce* [online]. In: [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: http://filosofia.cz/files/filosofie_jinak/zakladni_metody.pdf

Školení obsluhy bezpilotních prostředků, © 2021. *DJI TELINK* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.djitelink.cz/cs/kurzy-a-skoleni/4178-zaskoleni-obsluhy.html>

Území ORP UH, © 2022. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=17.5453343&y=49.0667436&z=11&source=area&id=705068&ds=1>

Velitelské vozidlo s dronem, © 2021. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/hasici-prevzali-specialni-techniku-velitelsky-vuz-s-dronem.aspx>

Velitelské vozidlo VEA – LIZ, © 2021. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/hasici-prevzali-specialni-techniku-velitelsky-vuz-s-dronem.aspx>

Velký požár ve Friesoythe, © 2021 [online]. [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://ofv-112.de/2021/06/24/24-06-2021-grossbrand-in-friesoythe>

Veřejná vyhláška: Opatření obecné povahy, © 2020. *ÚCL* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wpcontent/uploads/2020/11/20201230162623731.pdf>

VODÁKOVÁ, Alena, 2017. *Sociologická encyklopedie: komparace* [online]. In: [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: http://filosofia.cz/files/filosofie_jinak/zakladni_metody.pdf

Vrtule Mavic 2, © 2022. *DJITelink* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: https://www.djitelink.cz/cs/vyhledavani?search_query=vrtule+mavic

Výrobní podnik Colorlac a.s., © 2022. *Mapy. CZ* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=17.4257677&y=49.0762284&z=15&base=ophoto>

Vývoj dronu pro hasební práce, © 2021. *Internet Info, s.r.o* [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/tech/kdyz-nestaci-hadice-a-zebrik-pomohou-drony-robotici-z-cvut-ukazali-jak-je-lze-vyuzit-k-haseni-ve-vyskovych-budovach>

WOLF, Harrison G. *Drones: safety risk management for the next evolution of flight*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2017. ISBN 978-1138203556.

Yuneec H920, © 2022. *Astra. cz* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.astramodel.cz/cz/katalog/yuneec/yuneec-h920-plus-cgo4-rtf-eu-bez-aku-p59626.html>

Zpráva o ochraně obyvatelstva v České republice z roku 2018, © 2018. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [cit. 2021-9-21]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/ochrana-obyvatelstva-v-ceske-republice.aspx>

Zvýšení připravenosti Hasičského záchranného sboru České republiky k řešení a řízení rizik způsobených změnou klimatu, © 2021. *Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky* [online]. [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/zvyseni-pripravenosti-hzs-cr-k-reseni-a-rizeni-rizik-zpusobenych-zmenou-klimatu.aspx>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	stupňů Celsia
č.	číslo
ČR	Česká republika
DJI	Da – Jiang Innovations (Da – Jiang Inovace)
EU	Evropská unie
FullHD	Full High Definition (Plné vysoké rozlišení)
g	gram
GB	Gigabyte
GHz	Gigahertz
GPS	Global Positioning Systém (Globální polohovací systém)
HZS	Hasičský záchranný sbor
IZS	Integrovaný záchranný systém
JMK	Jihomoravský kraj
JPEG	Joint Photographic Experts Group (Společná skupina fotografických expertů)
JPO	Jednotky požární ochrany
Kč	Koruna česká
kg	kilogram
km	kilometr
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
KVK	Karlovarský kraj
LBK	Liberecký kraje
LED	Light-Emitting Diode (Světelná dioda)
LKR	Omezený prostor
m	metr
m·s ⁻¹	metr za sekundu

min	minuta
mj.	mimo jiné
mm	milimetr
Mpx	Mega pixel
Obr	obrázek
PAK	Pardubický kraj
RC	Remote Control (Dálkové ovládání)
RGB	Red, Green, Blue (Červená, zelená, modrá)
RTK	Real Time Kinematic (Kinematika v reálném čase)
STC	Středočeský kraj
TÚPO	Technický ústav požární ochrany
tzv	takzvaný
UAS	Unmanned aerial system (Bezpilotní vzdušný systém)
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
USB	Universal Serial Bus (Univerzální sériová sběrnice)
UH	Uherské Hradiště
ÚO	Územní odbor
ZLK	Zlínský kraj

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 DJI F 450 (RC obchod, © 2021)	21
Obrázek 2 Dislokace opěrných bodů HZS ČR (Opěrné body HZS ČR, © 2019).....	22
Obrázek 3 DJI Matrice 210 RTK (DJI Matrice, © 2021).....	23
Obrázek 4 Velitelské vozidlo VEA – LIZ (Velitelské vozidlo, © 2021c).....	24
Obrázek 5 Mavic 2 Enterprise Dual (Požáry, © 2019).....	25
Obrázek 6 Bezpilotní prostředek s hasební kapslí (Dron s hasební kapslí, © 2022).....	26
Obrázek 7 Dron DJI Matrice 300 RTK (Jednostki Państwowej Straży Pożarnej, © 2021)	27
Obrázek 8 Bezpilotní prostředek Twins (Twins, © 2019).....	30
Obrázek 9 Yuneec H920 s kamerou CGO4 (Yuneec H920, © 2022)	32
Obrázek 10 Bezpilotní prostředek Raven RQ 11 B (Ball, © 2019).....	33
Obrázek 11 Janys 23 (Bespilotní vrtulník Janys © 23, 2021)	33
Obrázek 12 Letecká mapa (rlp.cz, © 2021)	39
Obrázek 13 Mapa záplavového území UH (Mapa regionu Uherskohradištska, © 2010)...	46
Obrázek 14 Území obce s rozšířenou působností UH (Území ORP UH, © 2022)	48
Obrázek 15 Výrobní podnik Colorlac a.s., (Výrobní podnik Colorlac a.s., © 2022)	49
Obrázek 16 Bezpilotní prostředek Wingtra (Vlastní – Dronfest 2021)	56
Obrázek 17 Flydeo (Vlastní – Dronfest 2021).....	58
Obrázek 18 Bezpilotní prostředek Mavic 3 (Mavic 3 Cine Combo, © 2022a)	70
Obrázek 19 Bezpilotní prostředek Inspire 2 (Inspire 2, © 2022a).....	71
Obrázek 20 Mavic 2 (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022a)	72
Obrázek 21 Phantom 4 RTK (DJI Phantom 4 RTK, © 2022a)	73
Obrázek 22 Mavic 2 EA (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022c)	81
Obrázek 23 Mavic 2 Enterprise Advanced (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022c)	82
Obrázek 24 Kamera Mavic 2 Enterprise Advanced (Kamera Mavic 2 EA, © 2022)	83
Obrázek 25 Pohled na požár z termovizní kamery (Velký požár ve Friesoythe, © 2021) ..	84
Obrázek 26 Dálkový ovladač (Příslušenství Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022b)	86
Obrázek 27 Letová data zobrazené na ovladači (Displej ovladače, © 2020)	87
Obrázek 28 Baterie Mavicu 2 Enterprise Advanced (Baterie Mavic 2, © 2022).....	88
Obrázek 29 Auto nabíječka (Nabíječka, © 2022b).....	89
Obrázek 30 Nabíjecí stanice (Nabíjecí stanice, © 2022)	90
Obrázek 31 Možnosti přídatného zařízení (Přídavná zařízení, © 2022).....	91
Obrázek 32 Rameno s vrtulí (Vrtule Mavic 2, © 2022)	91
Obrázek 33 Zátěžové přepravní kufry (Přepravní kufr Mavic 2, © 2022)	92

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Dělení vodních toků dle rozsahu povodní (Druh a rozsah povodní, © 2010)	45
Tabulka 2 Předpokládané ohrožení při větrné smršti (Vlastní)	47
Tabulka 3 Předpokládané ohrožení při sněhové kalamitě (Vlastní)	47
Tabulka 4 Možnost vzniku MU/KS z pohledu rozlohy požáru (Vlastní).....	50
Tabulka 5 Zhodnocení využití bezpilotních prostředků (Vlastní)	52
Tabulka 6 Výhody a nevýhody bezpilotního prostředku typu letoun (Vlastní)	56
Tabulka 7 Výhody a nevýhody bezpilotního prostředku typu multikoptéra (Vlastní)	59
Tabulka 8 Výhody a nevýhody bezpilotního prostředku typu vrtulník (Vlastní).....	61
Tabulka 9 Zhodnocení konstrukčních typů bezpilotních prostředků (Vlastní)	65
Tabulka 10 Technické parametry Mavic 3 (Mavic 3 Combo, © 2022b).....	70
Tabulka 11 Technické parametry (Inspire 2, © 2022b).....	71
Tabulka 12 Technické parametry (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022b).....	72
Tabulka 13 Technické parametry (DJI Phantom 4 RTK, © 2022b).....	73
Tabulka 14 Výchozí data pro vícekriteriální hodnocení variant (Vlastní)	74
Tabulka 15 Stanovení vah kritérií (Vlastní)	77
Tabulka 16 Výpočet váženého součtu (Vlastní)	80
Tabulka 17 Technické parametry (Mavic 2 EA, © 2022d)	82
Tabulka 18 Parametry kamer (Mavic 2 Enterprise Advanced, © 2022e).....	84
Tabulka 19 Příslušenství Mavic 2 EA (Příslušenství Mavic 2 EA, © 2022a).....	85
Tabulka 20 Baterie Mavicu 2 Enterprise Advanced (Baterie Mavic 2, © 2022)	89
Tabulka 21 Základní balíček Mavic 2 Enterprise Advanced (Vlastní)	93
Tabulka 22 Cenový rozpad jednotlivých dílů (Vlastní).....	94
Tabulka 23 Doplnkové komponenty a služby (Vlastní)	95

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Zhodnocení využití bezpilotních prostředků v procentech (Vlastní)	54
--	----