

Drony v průmyslu komerční bezpečnosti

Romana Nováková

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Romana Nováková**
Osobní číslo: **A16195**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Drony v průmyslu komerční bezpečnosti**
Téma anglicky: **Drones in The Commercial Security Industry**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Popište současné technické parametry a možnosti dronů včetně jejich rozdělení.
3. Analyzujte legislativní situaci v ČR ve vztahu k využití dronů v sektoru hobby a pro podnikatelské účely a popište pravidla pro létání s drony.
4. Uveďte příklady a navrhnete modelové situace v prostředí průmyslu komerční bezpečnosti, kde je možné použití dronů.
5. Navrhnete modelové situace pro případ zneužití autonomních prostředků včetně jeho následného zneškodnění bezpečnostními složkami.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. Drony. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.
2. HOHENLOHE, Stephan zu. Drony: stručně a přehledně: výběr vhodného modelu, ovládání, foto a video, legislativa. Přeložil Richard KŘÍŽ. Frýdek-Místek: Alpress, 2016. ISBN 978-80-7543-234-6.
3. KARAS, Jakub. 222 tipů a triků pro drony. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4874-7.
4. BROOK, Henry. Drones. London: Usborne, 2015. ISBN 978-1-4095-9360-7.
5. AUSTIN, Reg. Unmanned Aircraft Systems Uavs Design, Development And Deployment. Chichester: John Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-05819-0.
6. BARNHART, Richard K., Stephen B. HOTTMAN, Douglas M. MARSHALL a Eric SHAPPEE. Introduction To Unmanned Aircraft Systems. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012. ISBN 978-1-4398-3521-0.
7. BEARD, Randal W. a Timothy W. MCLAIN. Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice. New Jersey: Princeton University Press, 2012. ISBN 978-0-691-14921-9.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milan Navrátil, Ph.D.
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

14. prosince 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. května 2019

Ve Zlíně dne 14. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



Ing. Jan Valouch, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou 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;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 21. 5. 2019

Romana Nováková v. r.

podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá využitím autonomních systémů v průmyslu komerční bezpečnosti, zejména dronů, jejich technického řešení, riziky a eliminací bezpečnostními složkami. V práci je popsán současný stav použití autonomních prostředků v České Republice se zaměřením na sektor soukromé bezpečnosti včetně rozboru legislativních požadavků. Je zde provedena analýza modelových situací včetně vysvětlení jednotlivých specifik a možností využití autonomních systémů v sektoru soukromé bezpečnosti, a to s ohledem na rozdílné podmínky v provozování.

Klíčová slova:

Drony, bezpilotní letadla, bezpilotní prostředky, detekce, eliminace

ABSTRACT

This thesis deals with unmanned systems and their use as a part of Security industry. In particular, the thesis focuses on unmanned aerial vehicles. It analyses construction details of unmanned systems and risks they represent and it explores methods of elimination by security forces. The thesis describes contemporary stadium of the use of unmanned systems in the Czech Republic and its legal background in the context of commercial security area. Model analysis and explanation of individual specifics of the systems is completed here, including options of its utilization in the commercial security field, with regard to different application conditions.

Keywords:

Drones, Unmanned Aircrafts, Unmanned Systems, Detection, Elimination

Ráda bych poděkovala:

Panu Ing. Milanu Navrátilovi Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za jeho vstřícný přístup, trpělivost a jeho cenné rady. Ing. Vítězslavu Hezkému z Úřadu pro civilní letectví za jeho konzultace ohledně provozu bezpilotních prostředků. Ing. Danielovi Hrazdilovi za přínosné rady ohledně bezpilotních prostředků. Bc. Zuzaně Doležalové za podporu a korekturu a své rodině za trpělivost a podporu v době studia.

Motto:

Každý je génius. Ale pokud budete posuzovat rybu podle její schopnosti vylézt na strom, bude celý svůj život žít s vědomím, že je neschopná.

Albert Einstein

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 8 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 9 |
| 1 AUTONOMNÍ BEZPILOTNÍ PROSTŘEDKY | 10 |
| 1.1 DEFINICE POJMŮ LETECKÝ AUTONOMNÍ PROSTŘEDEK | 11 |
| 1.1.1 Autonomní letadlo | 11 |
| 1.1.2 Bezpilotní letecký prostředek – UAV (Unmanned Aircraft Vehicle) | 11 |
| 1.1.3 Bezpilotní letecký systém – UAS (Unmanned Aircraft System)..... | 12 |
| 1.1.4 Model letadla..... | 12 |
| 1.2 HISTORIE BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ V LETECTVÍ..... | 12 |
| 1.3 OBECNÉ ROZDĚLENÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ | 15 |
| 1.3.1 Rozdělení komerčních bezpilotních prostředků | 22 |
| 1.4 VLASTNOSTI A KONSTRUKČNÍ ASPEKTY DRONŮ | 28 |
| 2 LEGISLATIVA | 34 |
| 2.1 DOPLNĚK X | 34 |
| 2.1.1 Definice..... | 34 |
| 2.1.2 Rozsah působnosti | 35 |
| 2.1.3 Bezpečnost | 35 |
| 2.1.4 Dohled pilota | 35 |
| 2.1.5 Odpovědnost | 36 |
| 2.1.6 Ukončení letu | 36 |
| 2.1.7 Prostory | 37 |
| 2.1.8 Ochranná pásma | 38 |
| 2.1.9 Meteorologická minima..... | 38 |
| 2.1.10 Nebezpečný náklad..... | 39 |
| 2.1.11 Shazování nákladu..... | 39 |
| 2.1.12 Pohyb pilota | 39 |
| 2.1.13 Letecká veřejná vystoupení..... | 39 |
| 2.1.14 Ostatní legislativa | 39 |
| 2.1.15 Pohon | 40 |
| 2.1.16 Další podmínky pro provoz bezpilotního letadla | 40 |
| 2.1.17 Hlášení událostí | 41 |
| 2.2 STATISTIKA NEHODOVOSTI BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ ZA ROK 2018 | 44 |
| 2.2.1 Letecká nehody 2018..... | 44 |
| 2.2.2 Letecké incidenty 2018..... | 44 |
| 2.3 LÉTÁNÍ V SEKTORU HOBBY A PODNIKATEL | 44 |
| 3 POUŽITÍ DRONŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ A VE SVĚTĚ | 46 |
| 3.1 ARMÁDA..... | 46 |
| 3.1.1 Průzkumná činnost | 46 |
| 3.1.2 Zabezpečení bojové činnosti, řízení a velení | 47 |
| 3.1.3 Bojová činnost..... | 47 |
| 3.1.4 Nevojenské úkoly | 48 |
| 3.2 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SBOR – IZS..... | 48 |
| 3.2.1 Hasičský záchranný sbor..... | 49 |
| 3.2.2 Policie ČR | 50 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.3 | Zdravotnická záchranná služba | 51 |
| 3.3 | KOMERČNÍ VYUŽITÍ..... | 52 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 53 |
| 4 | POUŽITÍ DRONŮ V PRŮMYSLU KOMERČNÍ BEZPEČNOSTI..... | 54 |
| 4.1 | STŘEŽENÍ OBJEKTU..... | 54 |
| 4.1.1 | Preventivní monitorování..... | 54 |
| 4.1.2 | Narušení objektu..... | 55 |
| 4.1.3 | Zásahová jednotka | 55 |
| 4.2 | DOPROVODNÝ PROSTŘEDEK | 55 |
| 4.3 | MONITOROVÁNÍ SPORTOVNÍCH ČI KONCERTNÍCH AKCÍ | 56 |
| 5 | ZNEUŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ..... | 57 |
| 5.1 | NARUŠENÍ SOUKROMÍ..... | 57 |
| 5.2 | TERORISTICKÉ ÚTOKY | 57 |
| 5.3 | PRŮMYSLOVÁ ŠPIONÁŽ A HACKING | 58 |
| 5.4 | PŘEPRAVA DROG POMOCÍ BEZPILOTNÍHO PROSTŘEDKU | 59 |
| 5.5 | PAŠOVÁNÍ ILEGÁLNÍHO ZBOŽÍ BEZPILOTNÍM LETOUNEM | 59 |
| 5.6 | PŘEVZETÍ KONTROLY NAD BEZPILOTNÍM PROSTŘEDKEM | 60 |
| 6 | ZNEŠKODNĚNÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ..... | 61 |
| 6.1 | DETEKCE BEZPILOTNÍHO LETADLA V PROSTORU | 61 |
| 6.1.1 | Radiolokátor..... | 61 |
| 6.1.2 | Akustická detekce..... | 62 |
| 6.1.3 | Termografický detektor | 62 |
| 6.1.4 | Kombinace detekčních systémů | 63 |
| 6.2 | METODY ELIMINACE DRONŮ..... | 64 |
| 6.2.1 | Protiletadlová technika | 64 |
| 6.2.2 | Laserové prostředky a střelné zbraně | 64 |
| 6.2.3 | Rušení komunikace a převzetí řízení nebezpečného bezpilotního prostředku..... | 65 |
| 6.2.4 | Eliminace pomocí sítě..... | 66 |
| | ZÁVĚR | 68 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 70 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 75 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 76 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 77 |

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá možností využití bezpilotních leteckých prostředků v průmyslu komerční bezpečnosti. Jsou v ní definovány základní pojmy, jako jsou autonomní systémy, bezpilotní letecké prostředky, bezpilotní letecké systémy, drony, modely letadel apod. Je zde popsán vývoj bezpilotních letadel v leteckém průmyslu a jsou rozebrány možné aspekty jejich použití do budoucna. V práci je shrnuta historie nasazení bezpilotních letadel ve vojenských a válečných konfliktech. Dále jsou zde představeny jednotlivé kategorie bezpilotních prostředků, jejich výhody, nevýhody a možné využití spojené s legislativou na území České Republiky. V práci jsou analyzovány podmínky pro nasazení bezpilotních prostředků pro komerční průmysl a jsou v ní vyhodnoceny jednotlivé možnosti použití včetně možnosti jejich reálného nasazení v praxi. V práci jsou dále řešeny možnosti zneužití bezpilotních prostředků, jako je terorismus, převzetí řízení bezpilotního prostředku či narušení soukromí. V práci jsou uvedeny způsoby detekce bezpilotních letadel pomocí detektorů, či kombinovaných detekčních systémů a následná likvidace bezpilotních prostředků za pomoci destruktivních či nedestruktivních metod.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 AUTONOMNÍ BEZPILOTNÍ PROSTŘEDKY

Letecké bezpilotní prostředky byly kdysi jen legendou či zvěstí, které byly v tisku označeny jako něco nového a tajemného. V dnešní době jsou samozřejmostí při použití ve válečných konfliktech, kde provádějí speciální a nebezpečné mise a nasazují se do nich zbraně s velkou přesností a účinností. Kromě vojenských aplikací, se pro ně našlo uplatnění i v oblasti veřejných služeb, námořní a vodní záchran, zemědělství či u integrovaného záchranného sboru. Hlavní nevýhodou je obtížné získávání certifikace pro provoz v řízeném vzdušném prostoru. Existuje mnoho tříd bezpilotních letounů, přičemž každá třída obsahuje nepřeberné množství jednotlivých typů bezpilotních prostředků. Třídy obsahují letouny, které jsou svou konstrukcí podobné malému hmyzu, komerční prostředky pro hobby sektor, kam patří zejména multikoptéry, bezpilotní letouny, které ke svému startu potřebují startovací rampu či průzkumné prostředky sloužící v armádách, jako je například RQ-4 Global Hawk. Liší se zejména životností, délkou letu, možností vzletu, či letovou hladinou, ve které mohou létat. Všechny typy bezpilotních prostředků jsou schopny nést nějakou formu senzoru a předávat informace ze snímače na řídicí a kontrolní jednotku. Většina z nich je dálkově řízena a některé, momentálně experimentální typy, jsou provozovány v kontrolovaných pásmech jako součást postupného pokroku směrem k plné autonomii. [5]



Obr. 1: Bepilotní letadlo RQ - 4 Global Hawk [43]

Označení dron, je na poli profesionálů neoborný, spíše slangový výraz a mezi odborníky není moc využíván. Slovo dron se dostalo do podvědomí široké veřejnosti, jejichž základnu tvoří především piloti dronů z kategorie hobby. Za posledních několik let bylo toto slovo

natolik rozšířeným a používaným výrazem, že jej začaly uznávat i letecké autority a díky tomuto vývoji se stává ustáleným a oficiálním výrazem pro bezpilotní prostředky. Slovo dron je původem z anglického slova drone, které má mnoho významů. Znamená například trubce, vrčivý zvuk, línou osobu či trvale držený basový tón. Označení tedy má zřejmě za příčinu specifický vrčivý zvuk, který letoun ve vzduchu vydává. Dron je tedy letecký bezpilotní prostředek či komplexní letecký systém, který nemá na své palubě žádnou posádku. Může být řízen na dálku ve vizuální vzdálenosti pilota, ale také na větší vzdálenosti, kde již pilot neudrží vizuální kontakt s prostředkem. Například vojenské bezpilotní prostředky, které operují na dálném východě, jsou řízeny na dálku až 10 000 km z míst, jakými jsou např. USA, Německo a další státy. [3]

1.1 Definice pojmů letecký autonomní prostředek

Dnešní komerční letecké prostředky můžeme dělit do nejrůznějších kategorií. Jedním ze základních rozdělení je rozlišení na letecké prostředky pro zábavu – hobby sekce, pro profesionály – užití v komerčním průmyslu, a pro vojenské účely. [3]

1.1.1 Autonomní letadlo

Hlavní specifikací bezpilotního leteckého prostředku (autonomního letadla) je, že neumožňuje zásah pilota do řízení letu. Tyto letouny nejsou ovládané pilotem, ale mají předem naprogramované řízení, elektroniku a jsou vybaveny senzory. Tyto senzory umožňují například automatické vyhýbání se překážkám a vyhodnocení pohybu do předem plánovaného místa bez jakéhokoliv zásahu člověka dle předem daného a schváleného letového plánu. Tyto letouny jsou momentálně ve fázi testování a experimentů a do budoucna se plánuje jejich využití na poli logistiky, kdy budou doručovat zásilky na předem vydefinované místo. Tyto letouny se momentálně nesmí provozovat nikde ve světě, včetně České Republiky ve společném vzdušném prostoru. [3]

1.1.2 Bepilotní letecký prostředek – UAV (Unmanned Aircraft Vehicle)

Správné označení pro většinu dronů je název bezpilotní letecký prostředek (UAV). Z hlediska legislativy v České Republice máme přesně definováno označení Bepilotní letadlo – UA (Unmanned Aircraft). Jedná se o letadlo, které je určené k provozu bez pilota na palubě. Většinou se jde o součást bezpilotního leteckého systému (UAS). Typickou charakteristikou je samotný bezpilotní prostředek (dron), který se ve vzdušném prostoru pohybuje bez přítomnosti dalších přidružených technologií. Z legislativy České Republiky tedy vyplývá,

že bezpilotní letadlo je jakýkoliv bezpilotní prostředek s maximální vzletovou hmotností do 20 kg. Do této kategorie nespádají modely letadel. [3]

1.1.3 Bepilotní letecký systém – UAS (Unmanned Aircraft System)

Dle české legislativy se jedná o komplexní systém, který se skládá z bezpilotního leteckého prostředku (UAV), řídicí stanice a dalších přídavných prvků, které jsou nezbytné k letu. Do této kategorie patří i komunikační spojení a zařízení pro start a přistání bezpilotního prostředku – např. startovací rampa. Jde tedy o celkový systém s příslušenstvím, který obsahuje samotný dron a všechny další technologie, které jsou potřebné k samotnému provozu, především o vzlet, let, přistání a komunikaci. [3]

1.1.4 Model letadla

Letadlo, které není schopné nést na své palubě člověka. Jeho základním rysem užití je pro soutěžení, rekreační či sportovní účely a není vybaveno žádným zařízením, které by umožňovalo automatický let na předem definované místo. Model letadla je po celou dobu letu vizuálně kontrolován pilotem, který je vybaven vysílačem. [3]

1.2 Historie bezpilotních prostředků v letectví

Historie dronů sahá až do dob proslulého amerického vynálezce srbského původu Nikoly Tesly. Nikola Tesla si nechal v roce 1898 patentovat vynález s názvem teleautomatizace. Co to vlastně teleautomatizace znamená? Teleautomatizace představuje dálkové ovládání, které bylo umístěno na motorové loďce na vodě. V pozdějších letech bylo zjištěno, že ve svých poznámkách měl Nikola Tesla úvahy o sestrojení bezpilotního leteckého systému. O několik let dříve, ještě před vynálezem teleautomatizace datujeme výskyt horkovzdušných balónů bez pilotů. Tyto balóny nesly výbušninu a již v roce 1849 byly nasazovány, aby je shazovaly na nepřátele v zabarikádovaných Benátkách útočícím vojskem Rakouska-Uherska. V roce 1916 anglický inženýr Archibald Montgomery Low, známý vynálezem řízených raket, torpéd apod., navrhl první bezpilotní letadlo. Letadlo dostalo pojmenování Aerial Target (vzdušný cíl). Po tomto vynálezu se objevilo velké množství letadel, která byla řízena na dálku. Tyto letadla sloužila především jako dálkově ovládaná torpéda. Příkladem můžeme uvést letadlo Kettering Bug, které zasáhlo svůj cíl až na vzdálenost 64 kilometrů. Jeho první úspěšné testy proběhly na konci roku 1918. První bezpilotní prostředky byly taktéž hojně využívány jako terče pro nácvik střelby na letící cíl. Jako letící terče se využívaly bezpilotní prostředky, kterým se říkalo včelí královna. Včelí královny sloužily jako

cvičné létající terče pro britské královské námořnictvo již ve 30. letech 20. století. V 50. letech 20. století americká armáda používala drony Ryan Firebee, tzv. Ryanovy ohnivé včely. Tyto drony byly využívány k testování reakcí pilotů amerického letectva na řízené střely. Drony se natolik osvědčily ve své spolehlivosti, že je americká armáda v 60. letech 20. století začala využívat jako průzkumná letecká zařízení, proto je můžeme považovat za předchůdce dnešních moderních vojenských dronů. Ryan Firebee byly nasazeny k průzkumu v roce 1973 v průběhu arabsko-izraelské války či dokonce během války ve Vietnamu.



Obr. 2: Bezpilotní letoun Ryan Firebee [44]

Po těchto válkách se USA a SSSR začalo zajímat ve velkém měřítku o dobývání vesmíru a proto se jejich prioritami stalo rozmístění strategických družic do vesmíru a monitorování zemského povrchu z oběžné dráhy. Díky těmto událostem se ke slovu dostává Izrael, kde se započal velký vývoj a výzkum dronů. V 90. letech 20. století, při válečném konfliktu v Bosně a Kosovu, nachází uplatnění velké množství vojenských dronů, které byly nasazovány při monitoringu tohoto válečného konfliktu. Po celou dobu, co jsou vojenské drony využívány, se vyvíjely převážně k monitorování nebezpečného území a pro zjištění aktuálních informací o stavu na sledovaném území. Bepilotní letadla nepředstavovala žádnou hrozbu spojenou se ztrátou letadel s piloty, kde vznikaly ztráty na životech. Nejdůležitějšími

provozními parametry u vojenských bezpilotních letadel je provozní délka dronu ve vzduchu, ovládání letu bezpilotního prostředku pilotem na dálku až několik tisíců kilometrů a možnost pořizovat fotografie za provozu v reálném čase ve vysokém rozlišení. Za nejznámější dron, který splňuje všechny z výše uvedených podmínek, můžeme považovat vojenský dron MQ-1 Predator. Tento stroj poprvé vzlétl v roce 1994 ze základny letectva Spojených států amerických.



Obr. 3: MQ - 1 Predator [45]

Podílel se na takových akcích, jako bylo hledání teroristického vůdce teroristické organizace Al-káida Usámu Bin Ládina. Tento vojenský dron, dříve pod označením RQ-1 Predator, kde R - znamená výzkumný a Q – znamená bezpilotní, byl do roku 2001 výhradně používán pro průzkumné mise ve válečných konfliktech. Vše se změnilo 11. září 2001, kdy došlo k teroristickým útokům ve Spojených státech amerických. Ten samý rok se označení RQ-1 změnilo na MQ-1. V novém názvu písmeno M značí víceúčelový, tedy dron s multi rolemi. Letoun RQ-1 Predator prošel významnými změnami a vznikla jeho ozbrojená verze MQ-1 Predator, který nese řízené střely Hellfire a Stinger. Tímto se ze systému, který původně sloužil k průzkumným účelům, stal plnohodnotný systém k cílené likvidaci teroristických organizací na vzdálených území bez rizika ztrát pilotů běžných vojenských letadel. Tyto vojenské drony a jejich další modernější verze jsou od té doby hojně využívány ve všech rizikových oblastech, které jsou ve válečném konfliktu. Jedná se především o Afghánistán, Irák, Pákistán, Somálsko, Libye, Jemen, Sýrie a další nebezpečné oblasti. V České Republice se vývojem bezpilotních prostředků zabývá nejaktivněji Vojenský technický ústav le-

tectva a protivzdušné obrany v Praze. Jako příklad bezpilotního prostředku, který byl vyvinut v České Republice, můžeme uvést bezpilotní průzkumný letoun Sojka III, který již není v aktivní službě. Od října 2000 až do vyřazení roku 2010 byla Sojka III výhradně nasazena u roty bezpilotních průzkumných prostředků Pozemních sil Armády České Republiky. Jejím hlavním úkolem bylo monitorování a průzkum vzdušného prostoru, který probíhal v reálném čase. V současnosti některé armády mají k dispozici i nanodrony. Jedná se o minidrony, které se svou velikostí vejdou do dlaně a používají se převážně k průzkumu vnitřních prostor podezřelých budov. Nanodrony taktéž disponují možností přenosu obrazu v reálném čase, což je důležité pro zasahující jednotku vojáků, kteří jsou většinou jen několik desítek metrů od budovy. Společně s využitím bezpilotních prostředků armádami, se šíří i vlna odporu některých aktivistů a zároveň příliv příznivců pro vojenské využití ve válečných konfliktech. Jak tedy objektivně vyhodnotit, kdo má pravdu. Na jednu stranu použití bezpilotních prostředků ve válečných konfliktech chrání jednu stranu před ztrátami pilotů letadel, na stranu druhou bere životy na straně odpůrce. Pokud pomineme tuto etickou otázku, můžeme kladně zhodnotit přínos vojenského vývoje bezpilotních prostředků. Neboť díky této fázi za posledních 20 let došlo k obrovskému technologickému pokroku ve využití a vývoji nejnovějších technologií, které nám přinesly dostupnost klasických komerčních dronů a jejich možnost dalšího vývoje v komerčním a soukromém sektoru. Společně s vývojem dronů došlo i k velkému pokroku na poli vývoji pohonných baterií a motorů, kde můžeme mluvit jak o kapacitě baterií, tak i o velikosti. Velký vývoj proběhl i v oblasti závěsných systémů pro zobrazovací jednotku (kamery) a eliminaci vibrací. Dalším zásadním pokrokem je miniaturizace elektroniky, která je součástí dronu, pokročilejší software, který je potřeba pro bezchybné ovládání apod. Díky velké oblibě, které se bezpilotním prostředkům dostává, se drony stávají dostupnými pro široké využití v oblasti hobby i průmyslu. Toto má za následek velký potenciál v možnostech použití bezpilotních prostředků, neboť bezpilotní systémy jsou stále vyvíjeny nejen ze strany vojenských, ale i civilních expertů. [1], [2], [6]

1.3 Obecné rozdělení bezpilotních prostředků

Bezpilotní prostředky obecně můžeme dělit na základě jejich použití. Vojenské drony, drony určené pro komerční užití, drony pro modeláře, tedy hobby a závodní drony. Pokud se budeme zabývat obecně vlastnostmi všech bezpilotních prostředků, můžeme je rozdělit na základě hmotnosti, doby a vzdálenosti letu, maximální rychlosti, zatížení křídla a letové hladiny, které mohou dosáhnout. Bezpilotní prostředky lze dále dělit podle rozpětí křídel či nákladů. Jako další dělicí aspekty můžeme uvést maximální výkon a typ motoru. Také je zde

způsob vzletu, jedná se buď o let s kolmým startem, nebo konvenční. Každý letoun může tedy spadat do více skupin dělení. [4]

Bezpilotní prostředky můžeme dělit:

1. Dle hlavních výkonnostních charakteristik, jako jsou výdrž a dolet, maximální výška vzletu, váha, typ motoru, výkon a tah zatížení a zatížení křidel,
2. Podle rychlosti letu,
3. Dle funkčních kategorií,
4. Podle funkce poslání,
5. Dle skupin, které závisí na hmotnosti, rychlosti, doletu, době letu a výšce
6. Dle amerických vojenských tříd na základě klasifikace letectva a námořnictva. [4], [6]

Hlavní výkonnostní charakteristiky:

1. Rozdělení dle váhy bezpilotního prostředku
 - Micro – do 5 kg – Black Hornet 2 (nanodron), Flydeo Y6,
 - Light – 5 – 50 kg - DJI M600 Pro, RPO Midget,
 - Medium – 50 – 200 kg – Raven, EHANG 184 AAV,
 - Heavy – 200 – 2 000 kg – MQ-1 Predator, RQ-170 Sentinel,
 - Super Heavy – nad 2 000 kg – RQ-4 Global Hawk.
2. Rozdělení podle maximální výšky vzletu:
 - Low – do 1 000 m – DJI Phantom 2.0 (500 m),
 - Medium – 1 000 – 10 000 m – MQ-8 Fire Scout (6 100),
 - High – nad 10 000 m – RQ-4 Global Hawk (20 000 m).
3. Rozdělení podle zatížení křidel:
 - Low – do 50 kg/m² – Seeker,
 - Medium – 50 – 100 kg/m² – Boeing X-45,
 - High – na 100 kg/m² – Global Hawk.
4. Rozdělení dle doletu a doby výdrže letu:
 - Low – do 100 km a do 5 hodin letu – FQM-151 Pointer,
 - Medium – 100 – 400 km a 5 – 24 hodin letu – Silver Fox,
 - High – dolet nad 1 500 km a doba letu delší jak 24 hodin – General Atomics MQ-9 Reaper.
5. Rozdělení podle typu motoru a pohonu:

Bezpilotní letouny jsou nejčastěji opatřeny elektrickým nebo spalovacím motorem. V některých případech se používá i motor proudový. Elektrické motory jsou ve většině případů použity u menších a lehčích bezpilotních prostředků, oproti tomu spalovací motory jsou použity u těžších strojů. Dle zvoleného typu pohonu se určuje jeden z hlavních aspektů a tím je doba letu a dolet. Pokud není vhodně zvolen motor, může dojít ke snížení jak vzdálenosti doletu, tak i doby letu. Jedná se tedy o důležitý aspekt.

- UEL Rotary,
- Dvouproudový,
- Dvoudobý,
- Pístový,
- Turbovrtulový,
- Elektrický,
- Push – Pull,
- Vrtulový. [4], [6]

Rozdělení dle rychlosti letu bezpilotního prostředku

- Subsonická rychlost – pod 1 MACH,
- Transsonická rychlost – rovná se 1 MACH,
- Supersonická rychlost – nad 1 MACH,
- Hypersonická rychlost – nad 5 MACHŮ. [10]

Rozdělení do funkčních kategorií

- Cíle a návnady – tyto bezpilotní prostředky simulují nepřátelská letadla či střely jako vzdušné a pozemní cíle určené k nácviku.
- Průzkumníci – poskytují informace o nebezpečných či válečných místech.
- Bojové – nasazovány ve velmi rizikových misích. Tyto letouny jsou schopné útoku.
- Logistické – bezpilotní prostředky, které byly speciálně navrženy pro logistiku.
- Civilní a komerční – bezpilotní prostředky, které byly navrženy pro civilní a komerční aplikaci.
- Vývojové a výzkumné – bezpilotní prostředky, které se dále používají k dalšímu vývoji těchto technologií. [10]

Rozdělení na základě poslání:

- Víceúčelové (Multi-Purpose) – jedná se o bezpilotní letouny, které slouží k průzkumné činnosti a mohou být vyzbrojené. Tyto letouny provádějí ozbrojený průzkum, a pokud je to nutné jsou připraveny zasáhnout. Jde o velice důležitou vojenskou podporu. Do této skupiny řadíme bezpilotní prostředky MQ-1 Predator, MQ-9 Predator B, MQ-5B Hunter, RQ-4 Global Hawk.
- UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle) – v této skupině jsou letouny, která jsou snadno ovladatelná a schopná zapojit se v případě potřeby do boje vzduch – vzduch či vzduch – země. Tyto letouny dosahují vyšších rychlostí, ale na úkor kratší doby letu. Letouny, které zahrnujeme do této kategorie, jsou prozatím pouze v testovací a experimentální fázi - X50, X47B, X45A, X46, X45C a X47A.
- ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance) – což znamená bezpilotní prostředky určené pro pozorování, prozkoumávání a získávání cílů. Tyto letouny jsou určeny především ke sběru dat a informací o nepříteli. Do této skupiny řadíme nejvíce bezpilotních prostředků – Silver Fox, Raven, Dragon Eye, Desert Hawk, Phoenix, Pioneer, RQ-4 Global Hawk, Predator A.
- Letecké dodávky a zásobování (Resupply Aerial Delivery and Resupply) – bezpilotní prostředky v této kategorii jsou určeny pro dodávky malého typu. Zejména se jedná o dodávku potravin a munice speciálním jednotkám. Do této kategorie můžeme zařadit letoun CQ-10 Snow Goose.
- Radarové a komunikační vysílání (Radar and Communication Relay) – tyto letouny jsou schopny přijímat a dále předávat rádiový signál a tímto způsobem umožňují komunikaci mezi vzdálenými vojenskými jednotkami. Řadíme sem bezpilotní prostředky TARS (Tethered Aerostat Radar System), NSMV (Near Space Maneuvering Vehicle), V-Airship či Ascender.
- Bepilotní prostředky s kolmým vzletem a přistáním – VTOL (Vertical Take-Off and Landing). Jedná se o letouny, které startují vertikálním způsobem, což přináší obrovskou výhodu v tom, že nepotřebují žádnou vzletovou ani přistávací dráhu. Pro některé mise je tato vlastnost rozhodující. Ideálním použitím pro tyto prostředky je nepřístupný terén, jako je les či džungle. Oproti jiným letounům disponují neomezenou manévrovatelností a jsou velice důležitou součástí vybavení pro vojenské námořnictvo. Do této kategorie lze zařadit Killer Bee, X50, Hummingbird Warrior, Fire Scout. [10]

Řazení do skupin, které závisí na hmotnosti, rychlosti, doletu, době letu a výšce:

- Skupina 1 – hmotnost do 9,1 kg (20 liber), provozní letová hladina do 366 metrů (1 200 stop) nad terénem a rychlost do 463 km/h (250 uzlů) – DJI Phantom 2.0.
- Skupina 2 – hmotnost od 9,5 do 25 kg (21- 55 liber), provozní letová hladina do 1 067 metrů (3 500 stop) nad terénem a rychlost do 463 km/h (250 uzlů) – DJI M600 Pro.
- Skupina 3 – hmotnost 25 – 599 kg (55 – 1 320 liber), provozní letová hladina do 5 486 m (18 000 stop) nad mořem a rychlost do 463 km/h (250 uzlů) – RQ-7 Shadow.
- Skupina 4 – hmotnost nad 599 kg (1 320 liber), provozní letová hladina do 5 486 m (18 000 stop) nad mořem při jakékoliv rychlosti – RQ-8A Fire Scout, MQ-1 Predator, MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk. [4]

Rozdělení do amerických, vojenských tříd dle klasifikace letectva a námořnictva:

Přiřazení do těchto tříd neukazuje na konkrétní letadla, ale na jejich role, které jednotlivé modely zastávají. USAF, US Marine Corps a US Army mají dále své vlastní podskupiny, kam jsou jednotlivé modely bezpilotních prostředků zařazeny.

- Třídy USAF:
 - Tier N/A: Mini/Micro UAV – např. WASP III, Black Hornet 2,
 - Tier I.: LALE – General Atomics GNAT,
 - Tier II: MALE – MQ-1 Predator, MQ-9 Reaper,
 - Tier II+: HALE – RQ-4 Global Hawk,
 - Tier III: HALE+ - tato skupina obsahuje bezpilotní prostředky, na které je kladen požadavek na nízkou zjistitelnost letounů - RQ-3 DarkStar.
- Třídy US Marine Corps:
 - Tier N/A: Micro UAV – WASP III, Black Hornet 2,
 - Tier I: Dragon Eye, RQ-11B Raven,
 - Tier II: ScanEagle, RQ-2 Pioneer,
 - Tier III: RQ-7 Shadow.
- Třídy US Army:
 - Tier I: Mini UAV – RQ-11A Raven, RQ-11B Raven,
 - Tier II: Short Range Tactical UAV – RQ-7A Shadow, B 200 Shadow,

- Tier III: Medium Range Tactical UAV – RQ-5A Hunter, MQ-5A Hunter, MQ-5B Hunter, Ignat a Ignat-ER. [10]

Tabulka níže zahrnuje rozdělení všech letounů na základě Mezinárodní asociace pro bezpilotní prostředky – UVS (Unmanned Vehicle Systems) International. V tabulce jsou uvedeny jak vojenské, tak i civilní prostředky.

Tab. 1: Třídy bezpilotních letounů dle UVS International [10]

| Zkratka | Název kategorie | Váha [kg] | Dolet [km] | Výška letu [m] | Výdrž [hod] |
|---------|---------------------------|-------------|------------|----------------|-------------|
| μ | Micro | < 5 | < 10 | 250 | 1 |
| Mini | Mini | < 25/30/150 | < 10 | 150/250/300 | < 2 |
| CR | Close Range | 25-150 | 10 - 30 | 3 000 | 2 - 4 |
| SR | Short Range | 50-250 | 30 - 70 | 3 000 | 3 - 6 |
| MR | Medium Range | 150-500 | 70 - 200 | 5 000 | 6 - 10 |
| MRE | Multi Role Endurance | 500-1 500 | > 500 | 8 000 | 10 - 18 |
| LADP | Low Alt. Deep Penetration | 250-2 500 | > 250 | 50 - 9 000 | 0,5 - 1 |
| LALE | Low Alt. Long Endurance | 15-25 | > 500 | 3 000 | > 24 |
| MALE | Med. Alt. Long Endur. | 1 000-1 500 | > 500 | 5/8 000 | 24 - 48 |
| HALE | High Alt. Long Endur. | 2 500-5 000 | > 2 000 | 20 000 | 24 - 48 |
| Strato | Stratospheric | > 2500 | > 2 000 | > 20 000 | > 48 |
| EXO | Exo/stratospheric | N/A | N/A | > 30 500 | N/A |
| UCAV | Unmanned esign AV | > 1000 | +/- 1500 | 12 000 | +/-2 |
| LET | Lethal | N/A | 300 | 4 000 | 3 - 4 |
| DEC | Decoys | 150-500 | 0 - 500 | 50 - 5 000 | < 4 |

Tab. 2: Přiřazení jednotlivých letounů ke skupinám [10]

| Zkratka | Zástupci jednotlivých skupin |
|---------|---|
| μ | LADF, Mite, Carolo C40, Wasp I, DragonSlayer |
| Mini | SensorCopter, Copter 1, Tracker, SkyLark I |
| CR | Rmax II, Luna, Camcopter, SkyLark II, Skyblade II, Silver Fox |
| SR | Vulture MK II, S-100, Sojka III, Fulmar, Phoenix, Pchela, Crecerelle |
| MR | Shadow 200, Sperwer, Ranger, FireScout, KZO, Hunter, Eagle Eye |
| MRE | Watchkeeper, Sperwer B, E-Hunter, Seeker II, Falco, Shadow 600 |
| LADP | Carapas, CL 289, Nibbio |
| LALE | ScanEagle, Aerosonde Mk III, Libellule |
| MALE | Predator A, Eagle 1, Hermes 1500, A-160 Hummingbird, Heron TP, Altair, Predator B |
| HALE | EuroHawk, RQ-4 Global Hawk |
| Strato | |
| EXO | |
| UCAV | Corax, Sharc, Sky-X, Neuron, X-45A, X-46, X-47A, X-47B |
| LET | |
| DEC | |



Obr. 4: Robodrone Sparrow – dron s kolmým startem [46]



Obr. 5: Nano dron Black Hornet PRS [47]

1.3.1 Rozdělení komerčních bezpilotních prostředků

Bezpilotní prostředky se těší velké oblibě a prochází velkým technologickým vývojem. Vývoj bezpilotních prostředků je ve velké míře ovlivněn účelem použití pro jednotlivé typy. Mnoho firem ve světě se proto chytly příležitosti a zahájily svůj vlastní vývoj a výrobu. Proto je v dnešní době možné si vybrat dron dle svých požadavků. Na výběr je z nepřehledného množství parametrů, jako jsou různé senzory, baterie, závěsné systémy, videopřenosy, záchranné prvky, elektronika, software. Samozřejmě vznikly i další podpůrné firmy a organizace jako jsou výzkumné a školící zařízení, asociace, které sdružují výrobce, servisní organizace, výzkumné organizace, odborné konference, velké množství odborných knih a článků, které mají za cíl poskytnout podporu a informace pro uživatele. Dnešním trendem je bezpilotní letecké prostředky zmenšovat a nabídnout je k dispozici i těm, kteří s nimi nemají žádnou zkušenost. Na trhu jsou proto drony, které se odlišují nejen účelem použití, ale i počtem vrtulí, tvarem, vahou, velikostí, výdrží a dalších optických a leteckých aspektů. [1]

Z tohoto vyplývá, že komerční bezpilotní prostředky je možné rozdělit a klasifikovat dle nepřehledného množství různých technických specifik a aspektů. Nejdůležitějším měřítkem u komerčních dronů je rozlišení na drony pro komerční účely a pro zábavu. Drony, které

řadíme do kategorie pro zábavu, jsou určeny pro běžné uživatele a nebudeme od nich tedy čekat žádné velké speciální funkce. Oproti tomu bezpilotní prostředky pro komerční účely již vyžadují jistá specifika. Tyto dvě skupiny se liší i dalšími charakteristikami, jako jsou velikost, hmotnost, nastavení, materiál použitý pro výrobu UAV, ale hlavně cenou. V posledních letech se výrobci snaží rozšířit toto dělení o jednu skupinu, a tím jsou bezpilotní prostředky pro pokročilé. Tato skupina zaujala místo uprostřed mezi drony pro amatéry a pro profesionály, čímž se začínají mazat hranice mezi těmito dvěma světy. Drony pro pokročilé jsou charakteristické tím, že jsou větších rozměrů, jejich výstupy se přibližují výstupům z profesionálních dronů, díky ceně je velice často využívají i samotní profesionálové a dají se ovládat dvěma osobami, a to pilotem a operátorem. Jako přednost lze uvést menší velikost a nižší cenu oproti profesionálním, velkým strojům. Letecké parametry jsou srovnatelné s prostředky, které jsou používány profesionály.

Rozdělení dle jednotlivých specifik:

1. Podle zaměření UAV
 - a. Běžní uživatelé
 - b. Pokročilí uživatelé
 - c. Profesionálové
2. Dle pohonu UAV
 - a. Spalovací
 - b. Elektrický (baterie)
3. Podle typu a tvaru UAV
 - a. Multikoptéry
 - b. Bepilotní letouny – tzv. křídla
4. Dle způsobu ovládnání UAV
 - a. Autonomní
 - b. Manuální
 - c. Automatické
 - d. Kombinované
5. Dle hmotnosti – definuje ÚCL (Úřad pro civilní letectví)
 - a. Do 0,91 kg
 - b. Od 0,91 do 7 kg
 - c. Od 7 do 20 kg
 - d. Nad 20 kg [1], [11]

Do hlavní kategorie komerčních bezpilotních prostředků může zahrnout:

- Multikoptéry
- Křídla
- Bepilotní vrtulníky
- Bepilotní letouny

Největší oblibě se těší multikoptéry. Jedná se o vrtulník s kolmým vzletem, k čemuž mu slouží určitý počet motorů a vrtulí. Multikoptéry se označují podle počtu vrtulí a motorů.

Nejčastější typy multikoptér:

- Kvadroptéra – 4 vrtule,
- Hexakoptéra – 6 vrtulí,
- Oktokoptéra – 8 vrtulí.

Důležitým aspektem při umístění vrtulí na ramena vedle sebe, je směr otáčení dvou sousedních vrtulí. Dvě vedle sebe sousedící vrtule se musí vždy otáčet opačným směrem. Díky tomuto pravidlu je možné mít osm vrtulí na čtyřech ramenech. Obecná poučka říká, že čím více vrtulí je na multikoptěře umístěna, tím je zaručena větší bezpečnost pro přistání při náhodném poškození jedné vrtule. Zároveň větší počet vrtulí zvedá výkon a stabilitu dronu při jeho pohybu vzduchem. Velkou výhodou multikoptér je, že se mohou využívat jak k manuálnímu létání, tak i k automatickému létání dle letových plánů, možná je i kombinace obou typů. Prostor potřebný ke vzletu či přistání je minimální a možný kdekoliv díky kolmému vzletu a přistání. Nevýhodou multikoptér je, že vydrží ve vzduchu oproti ostatním bezpilotním letounům kratší dobu. Tato nevýhoda je způsobena vyšší hmotností a náročnějším pohybem ve vzduchu. [1]



Obr. 6: Bepilotní kvadroptéra pro jednoho cestujícího [48]



Obr. 7: Větší komerční dron DJI M600 Pro [49]

Křídla jsou speciálním druhem komerčních dronů. Tyto bezpilotní letouny se často nazývají křídla díky jejich konstrukčnímu tvaru a vycházejí z vojenských UAV. Jsou určeny především k monitorování a mapování, a proto je přímo v jejich trupu fixně zabudována kamera či jiný senzor, který ve většině případů dříve nešel vyměnit, což byla nevýhoda, která snižovala jeho životnost a možnosti použití. Postupem času se výrobci začali více těmto dronům věnovat a vyvíjet je. Nyní jsou již do trupů umisťovány lepší senzory, které mají možnost výměny. Výměna senzoru u těchto typů UAV je ale náročnější než u běžných a rozšířenějších multikoptér. Vzlet těchto letounů není tak jednoduchý a dělíme jej na dva možné způsoby:

- Vzlet hodem z ruky,
- Vzlet z odpalovací rampy.

Vzlet hodem z ruky probíhá tak, že pilot či operátor zapne motor a vymrští letoun do vzduchu. Tímto nabere letoun požadovaný směr, výšku a rychlost nutnou ke vzletu. Tato varianta je pomalejší než samotný odpal z rampy. Ke vzletu z rampy dochází automaticky na dálku. Pilot či operátor umístí letoun na rampu a natáhnou odpalovací lano, které vymrští letoun v požadovaném směru a rychlosti do vzduchu. Proces samotného odpalu je dálkový přes ruční spoušť. Jakmile letoun opustí rampu, je automaticky spuštěn motor a rychleji nabere požadovanou rychlost. Tyto drony ve většině případů létají automaticky na základě letových plánů, které jsou bezdrátově nahrány do letounu před startem. Letoun poté dle instrukcí provede požadovaný let a splní parametry letu. K orientaci mu pomáhá zabudovaná

GPS. V případě nutnosti je možné let přerušit či ukončit. Na jednu baterii je možné, aby byl letoun ve vzduchu až 1 hodinu. Dalším velkým rozdílem oproti multikoptér je přistání. U křidel je nutné, aby bylo přistání předem dobře naplánované, což ovlivňuje dobu provozu letounu ve vzduchu. Některé bezpilotní letouny potřebují i stovky metrů na automatické přistání bez jeho poškození. Což znamená většinou louky či nezalesněné plochy, kde nesmí být budovy, dráty vysokého napětí, stromy apod. Některá křídla disponují i možností manuálního přistání. V tomto případě je nutné, aby byl pilot zručný. Na druhou stranu dobrý pilot umí přistát i na ploše o velikosti 30 metrů, což je plocha cca 3x menší než vyžaduje autopilot. Tyto letouny slouží spíše pro profesionální technické aplikace, do kterých především patří monitorování a mapování velkých ploch území. Proto jsou tyto letouny značně dražší oproti multikoptérám. [1]



Obr. 8: Vzlet UAV hodem z ruky do vzduchu [50]



Obr. 9: Vzlet bezpilotního letounu z rampy [51]

Bezpilotní vrtulníky jsou méně obvyklé a bývají převážně velkých rozměrů. Oplývají spalovacími motory a využívají se většinou pro průzkum, monitorování a pozorování. [3]



Obr. 10: Bepilotní vrtulník SkySpotter 150 vyvinut v Liberci [9]

Bezpilotní letouny se vzhledem k velké výdrži letu používají pro monitorování a mapování rozlehlých ploch. Ve spodní části trupu je fixně umístěn senzor, který zaznamenává letecké fotografie z předem nadefinované trasy. Start probíhá stejně jako u křidel buď hodem z ruky anebo pomocí odpalovací rampy. Poslední dobou v této kategorii došlo k významnému posunu ve vývoji a začaly vznikat i hybridní bezpilotní letouny, které nesou mimo běžného motoru i vrtule. Díky vrtulím je umožněn kolmý vzlet i přistání. Pohyb vzduchem bez použití vrtulí pak vypadá jako běžné klouzání. Některé letouny jsou vybaveny i padáky pro bezpečné a kolmé přistání. [3]

1.4 Vlastnosti a konstrukční aspekty dronů

Před letem a samotným provozem dronu je potřeba porozumět, jak samotný dron funguje. Níže si vysvětlíme funkce, které jsou typické pro většinu multikoptér plus některé technologie, kterými jsou vybaveny lepší modely. Při koupi bezpilotního prostředku, bychom měli obdržet manuál s popisem a přehledem jednotlivých součástí a dílů a jejich zapojení. Součástí musí být i schéma elektroinstalace celého dronu, které je nutné doložit při registraci dronu na Úřadu civilního letectví. Základní součásti jsou u většiny dronů obdobná, jen výrobci jsou různí. Největší rozdíl najdeme pouze v případě, zda se jedná o multikoptéru či letoun, který nemá tolik vrtulí, motorů či nedisponuje gimbalem (kamerový držák). Bezpilotní letoun má oproti multikoptéře senzor integrovaný uvnitř trupu letounu a nemá přistávací nohy. [1], [8]

Hlavní součásti běžných dronů:

- Kryt,
- Ramena, motory a vrtule,
- Podvozek,
- Dálkové ovládání,
- Řídící elektronika,
- Baterie,
- Nabíječky,
- GPS,
- Gimbal,
- Videopřenos,
- FPV,
- Plánovací software,

- Padák,
- Doplnky,
- Kardanový závěs,
- Slot na paměťovou kartu,
- Vizuální poziční čidla,
- Systém detekce překážek,
- Světelné diody,
- Základní deska,
- Přijímač,
- ESC,
- Kamera.

Kryt a kapota dronu

Kryt či kapota dronu zajišťují základní ochranu důležitých elektronických součástí a mechanických částí systému. Tento prvek se zároveň stará o lepší aerodynamiku dronu a výslednou vizuální stránku. Nejdůležitější elektronické prvky bezpilotní systémů jsou soustředěny hlavně do jeho středu. Důvodem je, aby nebyla narušena celková letová stabilita systému. Elektronické prvky, jako jsou stabilizační systémy a řídicí jednotka jsou velice choulostivé na poškození z venku. Tím, že jsou tyto prvky zakryté, je zajištěna vysoká odolnost a ochrana elektroniky proti dešti a sněhu, zvířenému prachu či posekané trávě. Rozdíl mezi krytem a kapotáží je velký. Pod pojmem kryt myslíme především zakrytí vnitřních elektronických součástí, oproti tomu kapotáží myslíme funkčně vylepšenou kapotu, která má dobré aerodynamické vlastnosti. Kapotáž je ve většině případů používána u bezpilotních letounů, kterým zlepšuje aerodynamické vlastnosti. Části letounu, kolem kterých proudí nejvíce vzduchu, jsou navrhovány do tvaru padající dešťové kapky, neboť má tento tvar nejnižší aerodynamický odpor a je lépe obtékán v případě deště či sněhu. [1]

Ramena, motory a vrtule multikoptér

Ramena u multikoptér slouží k uchycení motorů. Ramena jsou navrhovány tak, aby výsledný tvar a rozměr byly co možná nejvíc symetrické. Je to kvůli zachování letové stability, která je zajištěna soustředěním celkové hmotnosti do geometrického středu systému. Aby byl systém kompaktní a skladný, mohou být ramena skládací. Některé typy mají ramena barevná či osvětlená. Je to z důvodu jednoznačného a přesného určení pozice stroje ve vzduchu.

Z důvodu odolnosti, údržby, vhodných letových aspektů může být konstrukce ramen jednodušších tvarů, trubkových konstrukcí či složitějších ohýbaných profilů. Jako materiály se nejčastěji používají uhlíková vlákna, slitiny hliníku či ušlechtilých kovů. Posouzení vhodnosti materiálu je dána především ovlivněním celkové hmotnosti letounu a mechanické vlastnosti materiálu. Jak již bylo zmíněno, na ramena se upevňují motory. Motory pro multikoptéry můžeme rozdělit na elektrické stejnosměrné či elektrické střídavé motory, které mohou být různých velikostí. U menších bezpilotních prostředků se nepoužívají spalovací motory z důvodu možného znehodnocení fotodokumentace, dále kvůli snížení vibrací a jejich jednodušší konstrukce. Na motor se uchycuje sklopná nebo pevná vrtule. Nejlepšího letového výkonu můžeme dosáhnout vhodnou kombinací motoru a vrtulí se správnými rozměry. Všeobecná poučka říká, že čím větší je bezpilotní letoun, tím větší má být použit elektromotor pro dosažení dobrých otáček motoru a krouticího momentu. V současné době jsou na trhu motory, které jsou vodě a prachu odolné, s výborným chlazením i při poskytnutí maximálního výkonu po delší dobu provozu. Společně se zvýšením výkonosti motorů je potřeba myslet i na navýšení kapacity pohonné baterie. Na motory se upevňují vrtule. Vrtule jsou speciálně zakřivené a tvarované zařízení, které slouží pro přeměnu rotačního pohybu na tah. Při otáčení vrtule dochází k proudění vzduchu kolem vrtule a důsledkem úhlu náběhu na vrtuli dochází k vytváření tlaků na opačných, plochých stranách vrtulí. Díky tomuto jevu se na horní straně vytváří vztlak či podtlak a vrtule se „přilepí“ k tenké vrstvě vzduchu nad ní a tím dochází k posunu letounu v prostoru. Čím je bezpilotní systém větší a těžší, tím větší rozměry vrtulí budou na systému připevněny. Správně aplikované vrtule zaručují co možná nejlepší účinnost. Vrtule ovlivňují vlastnosti, jako jsou stabilita či nestabilita, hbitost a rychlost. Jako materiály se běžně používají dřevo, plasty, slitiny hliníku, uhlíková vlákna či kompozitní vlákna. [1], [8]

Podvozek

Aby bylo přistání hladké, používají se speciální konstrukce, kterým se říká přistávací podvozek. U menších a lehčích letounů se podvozek nepoužívá, aby nenarostla celková váha. Podvozek je tedy používám u těžších letounů, případně u systémů, které nesou kameru, aby nedošlo při přistání k jejímu poškození. Přistávací podvozky můžeme rozdělit na dva typy. Pevné a zatahovací přistávací podvozky. Použití jednotlivých typů se řídí jeho výhodami a nevýhodami společně s použitou konstrukcí systému. Pevné přistávací prostředky obsahují jednodušší a lehčí konstrukci oproti zatahovacím přistávacím podvozkům. Ve většině případů se používají v kombinaci s kamerovým systémem, který není schopen

otáčení kolem do kola, opět je to z důvodu, aby nedocházelo ke znehodnocení fotodokumentace. Zatahovatelné přistávací podvozky jsou konstrukčně daleko náročnější než podvozky pevné. Jsou složitější na údržbu a mají vyšší hmotnost. Zatažení či vysunutí podvozku probíhá pomocí rádiového signálu, který vyšle pilot směrem k letounu. Podvozek se kombinuje s kamerovými systémy, které mají funkci otáčení kolem své vlastní osy. [1]

Dálkové ovládání

Pro dálkové ovládání bezpilotních prostředků se používají RC ovladače (Remote Controller), tedy vzdálené ovládání. Dálkový ovladač disponuje řadou voličů a ovladačů, potenciometrů, posuvníků a páček. Na každý ovládací prvek je přidělen určitý povel či pokyn, co má bezpilotní prostředek vykonat. Přenos signálu je na kmitočtu 2,4 GHz. Jedná se o elektromagnetickou vlnu, která se šíří prostorem z vysílací antény všemi směry. Vysílač a přijímač musí být spolu spárovaný, aby správně fungovaly, a nedocházelo k rušení jiného signálu či k jeho příjmu. Na ovladači jsou zobrazeny i další provozní informace, kterými jsou stav baterie, výška letu, počet GPS družic, vzdálenost od místa startu, apod. [1], [8]

Baterie a nabíječky

Jako pohon bezpilotních letounů se v dnešní době používají lithium polymerové baterie. Jsou používány u všech typů systémů pro nekomerční užití. Mezi velké výhody patří nízká hmotnost baterie, vysoká kapacita, velký výkon, minimální samovybití, vysoká životnost a rychlé dobíjení baterie. Oproti tomu je cena těchto baterií vysoká. Při skladování baterií je dobré udržovat články při napětí 3,7 V. Baterie je běžně vybavena šesti články. Nejvyšší možný proud je až 250 ampér. Nabíjení baterie je řízeno prostřednictvím balančního konektoru, který zajišťuje rovnoměrné nabití všech článků na stejné napětí, tedy 4,23 V. Při dlouhodobém vystavení chladnému počasí se snižuje výkon baterií. Moderní nabíječky obsahují mikroprocesor, který řídí, nabíjejí baterie šetrným způsobem. Při špatném nabíjení může docházet ke znehodnocení baterií a díky tomu i k letovým haváriím. [1], [8]

GPS

GPS (Global positioning system) – globální polohovací systém je systém, který z přesností na několik metrů určuje pozici na zemi i nad ní. Soustava systému je tvořena satelity GPS, které jsou umístěny na oběžné dráze Země. Skládá se z řídicího a kontrolního segmentu a uživatelského segmentu, což je samotný přijímač signálu GPS. Drony, využívající GPS pro svou stabilizaci ve vzduchu, drží svoji polohu s přesností do několika centimetrů. GPS se také využívá u bezpilotních prostředků, kde je zapotřebí let předem naplánovat. Tedy

u takových letů, kdy letoun letí z místa A do místa B, zde je potřeba zadat přesné souřadnice. Při mapování terénu můžeme těchto pozic naplánovat i několik desítek. Letoun poté letí po přesně předem vytyčené trase. [1], [8]

Gimbal

Jedná se o speciální stabilizační systém pro fotoaparát či videokameru, kterou je dron opatřen. V případě, že by nebyl dron vybaven tímto stabilizačním zařízením, byla by fotodokumentace znehodnocená. Ke znehodnocení by docházelo vlivem vibrací od motoru a vrtulí, kloněním dronu při nepříznivých povětrnostních podmínkách, apod. Podvěsy jsou vyráběné z karbonových trubek z důvodu co nejnižší hmotnosti, které jsou spojené plastovými úchyty. [1], [8]

Videopřenos

Nastavení záběru kamery v reálném čase a sledování samotného videopřenosu je uskutečňováno pomocí signálu, který je přenášen z dronu přímo na ovládací zařízení, na frekvenci 5,8 GHz. Nastavení snímacího zařízení se provádí pomocí natáčení gimbalu do požadovaného směru. Videopřenos je přenášen přes soustavu antén, které jsou umístěny na dronu a na dálkovém zařízení pilota. Nerušený signál je zaručen na viditelnou vzdálenost jednoho kilometru. Při větších vzdálenostech dochází k rušení signálu, šumu a výpadkům. Na displeji je možné dále zobrazovat dodatečné informace z dronu či ze samotné kamery. Jako jsou napětí a kapacita baterie, výška letu, vzdálenost od místa vzletu, počet družic, dále expoziční parametry kamery, apod. [1]

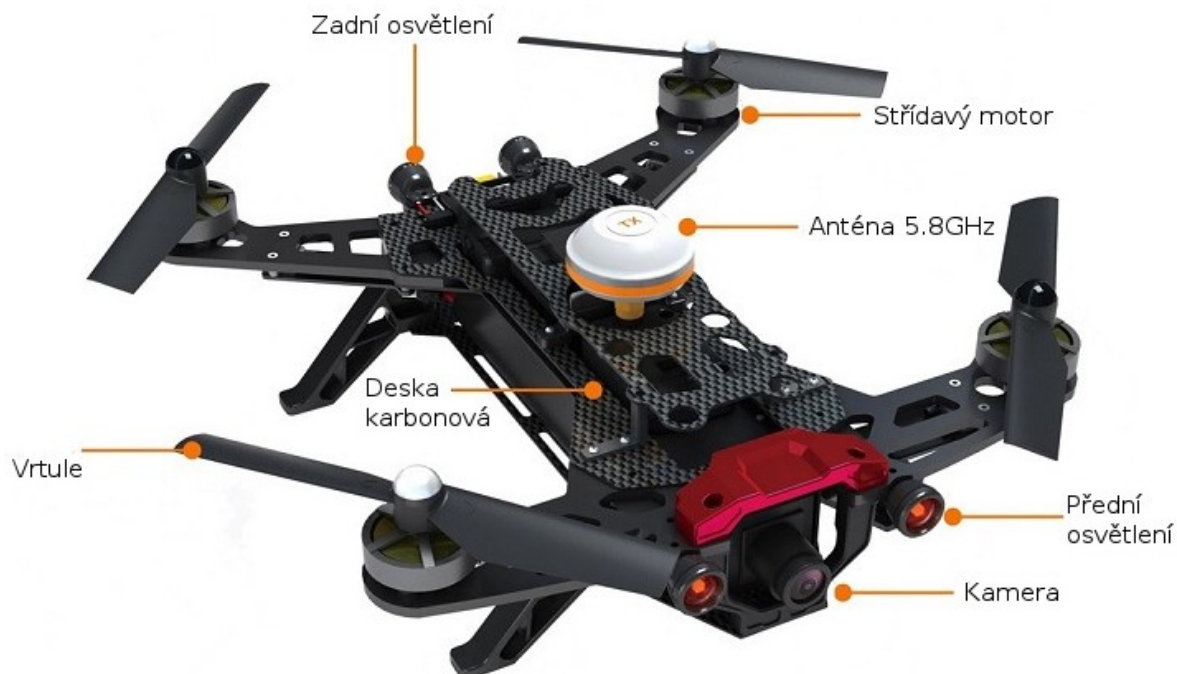
FPV

Je malá kamera, která je umístěna v přední části bezpilotního prostředku. Kamera pozoruje situaci bezprostředně před dronem a slouží jako oči pilota v případech, kdy je potřeba se zorientovat v prostoru a odhadnout vzdálenost od případných překážek. Legislativně je zcela zakázáno létat pouze za pomoci systému FPV. Systém FPV se většinou používá pro speciální závody dronů. [1]

Doplňky

Na trhu je velké množství doplňků, které se zaměřují na vyšší bezpečnost při létání s drony. Jedná se především o dodatečné světelné diody, které se používají pro zviditelnění dronu, LED pásy, které se používají pro piloty k odlišení přední a zadní části dronu, vizuální poziční čidla, které fungují na bázi ultrazvuku a slouží především k udržení letounu na jednom

místě. Nejnovější technologii, kterou oplývají jen některé drony, např. DJI Phantom 4, je systém na detekci překážek. Díky vizuálnímu rozpoznávání si letoun vytváří prostorové mapy překážek v okolí, aby je mohl lépe obletět. [1], [8]



Obr. 11: Popis jednotlivých částí závodní kvadroptéry [52]

2 LEGISLATIVA

V České Republice upravuje provoz bezpilotních letounů zákon o civilním letectví č. 49/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Dle § 2 odst. 2 není za bezpilotní letoun považován model letadla, který svou vzletovou hmotností nepřesahuje 20 kg. Dne 1. března 2012 vešel v platnost předpis L2, který obsahuje Doplněk X. Tento předpis byl uveden prostřednictvím ustanovení § 102 odst. 2 zákona o civilním letectví, v němž je již zaveden pojem bezpilotní letadlo. V tomto doplňku jsou stanoveny podmínky, které se přibližují pilotovanému letectví a je zde striktně uvedena hranice mezi modelářskými aktivitami a komerčním využitím dálkově ovládaných bezpilotních prostředků. Doplněk X přesně definuje závazná pravidla pro provoz bezpilotních prostředků se vzletovou hmotností nad 20 kg. Dohled provádí Úřad pro civilní letectví ČR, který spadá pod správu Ministerstva dopravy ČR. Tento úřad vykonává dohled nad veškerým civilním provozem ve vzdušném prostoru České republiky. Součástí dohledu je i kontrola letové techniky a pilotů. V čele Úřadu pro civilní letectví stojí generální ředitel Ing. David Jágr. [1], [3]

2.1 Doplněk X

Jedná se o předpis pravidel, který by měl znát každý, kdo provozuje bezpilotní letoun ať za účelem zábavy či pro komerční užití. Náleží předpisu L2, hlava 3, ustanovení 3. 1. 9 tohoto předpisu. [12]

2.1.1 Definice

Definuje výrazy, které jsou použity v doplňku X a jejich význam.

Autonomní letadlo, je bezpilotní letoun, který neumožňuje žádný zásah pilota do řízení letu. Bepilotní letadlo (UA), je typ letadla, které je provozováno bez přítomnosti pilota na palubě a jeho vzletová hmotnost nepřesáhne 25 kg. Do této kategorie nepatří modely letadel. Bepilotní systém (UAS), je systém, který je složen z bezpilotního letounu, řídicí stanice a dalších prvků, které umožňují let a jsou k letu zapotřebí. Jedná se především o zařízení sloužící k vypuštění a návratu letadla. Model letadla, je letadlo, které není schopné na své palubě nést člověka. Využívá se výhradně pro sportovní, soutěžní či rekreační účely a není vybaveno žádným zařízením, které by umožňovalo automatický let na předem zvolené místo. Zároveň se jedná o letadlo, které je řízeno bezprostředně pilotem pomocí dálkového zařízení, který udržuje s modelem nepřetržitý vizuální dohled. [12]

2.1.2 Rozsah působnosti

Článek 2.1 doplňku stanovuje závazné národní požadavky, které se týkají projektování, výroby, údržby, změny a provozu bezpilotních systémů, které splňují kritéria přílohy II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008 v platném znění. Jedná se o doporučený postup pro provoz modelů letadel s maximální vzletovou hmotností, která nepřesahuje 25 kg.

Článek 2.2 je odlišné ustanovení od 2.1 je ust. 7. Prostory se použijí i pro modely letadel, které nepřesahují vzletovou hmotnost 25 kg. Maximální vzletovou hmotností bezpilotního letadla či modelu letadla, se rozumí hmotnost včetně veškerého vybavení, provozních náplní, paliva a případného nákladu před zahájením vzletu. Pravidla pro provoz balónů bez pilota na palubě se uvádějí v Hlavě 3 a dodatku 5 předpisu L2. Pravidla pro provoz volných balónů bez zátěže jsou uvedeny v dodatku R předpisu L2. [12]

2.1.3 Bezpečnost

3.1 Let bezpilotním letadlem je možné provádět pouze takovým způsobem, aby nedošlo k narušení a ohrožení bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru, osob a majetku na zemi a aby nedošlo ke škodám na životním prostředí.

3.2 Zákaz ohrožení bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru není uplatňován vzájemně mezi modely letadel za předpokladu, že vznikne předchozí dohoda zúčastněných pilotů a osob a přijmou přiměřená opatření proti ohrožení bezpečnosti ostatního letového provozu a na ochranu osob a majetku na zemi. [12]

2.1.4 Dohled pilota

Pokud ÚCL neudělí výjimku, musí být bezpilotní letadlo provozováno pouze v přímém dohledu pilota, tzn. takovým způsobem a do takové vzdálenosti, aby:

- a) Pilot musí během letu udržovat trvalý vizuální kontakt s bezpilotním letadlem i bez použití vizuálních pomůcek jiných než dioptrické brýle a kontaktních čoček.
- b) Kromě pilota i poučená osoba mohla vyhodnocovat dohlednost a sledovat překážky a okolní letový provoz. [12]

2.1.5 Odpovědnost

Článek 5.1 říká, že pilot, tedy osoba, která bezpilotní letadlo dálkově řídí, je odpovědnou osobou za provedení bezpečného letu, včetně předletové přípravy a kontroly a to bez ohledu na úroveň automatizace systému řízení letu. V případě modelu letadla s maximální vzletovou hmotností do 25 kg a který není dálkově říditelný, je odpovědnou osobou ten, kdo model letadla vypustil do vzdušného prostoru.

5.2: Odpovědnosti pilota – pilot odpovídá za to, že:

- a) Bepilotní systém bude bezvýhradně používán pouze k účelu, ke kterému byl vyroben a navržen, nebo schválen ÚCL.
- b) Bepilotní systém, který bude provozovat, bude splňovat způsob použití a technické parametry, které jsou v souladu s požadavky a které obsahuje doplněk X, pokud není stanoveno ÚCL jinak.

5.3: Na žádost ÚCL musí pilot, vlastník či provozovatel bezpilotního systému umožnit provedení kontroly provozu a letové způsobilosti letounu v rozsahu dle požadavků ÚCL.

5.4: Pilot musí vést letový deník či jiný rovnocenný dokument, do kterého zaznamenává informace o letu. Záznam musí obsahovat datum letu, jméno pilota, označení letadla, místo vzletu a přistání, celkovou dobu letu, druh letové činnosti a potenciální události, které souvisejí s bezpečností letu.

5.5: Vlastník bezpilotního letadla je odpovědný za zachování jeho způsobilosti k letu.

5.6: Pilot, který podléhá evidenci ÚCL, nesmí předat řízení bezpilotního letadla osobě, která není ÚCL evidována:

- a) Pro daný typ a modelovou řadu nebo dané označení bezpilotního letadla v případě využití k leteckým pracím a leteckým činnostem pro vlastní potřebu.
- b) Pro danou kategorii (balón, vzducholod', vrtulník, kluzák, vrtulový letou, proudový letoun) v případě využití sportovně-rekreačního. [12]

2.1.6 Ukončení letu

Článek 6.1 říká, že bezpilotní letadlo musí být opatřeno systémem, který pilotovi umožní za okolností, které by mohly vést k ohrožení dle ustanovení 3, zasáhnout do průběhu letu nebo let úplně ukončit. U modelů letadel o maximální vzletové hmotnosti 0,91 až 25 kg je tento systém doporučován.

6.2: Pilot modelu letadla, jehož hmotnost nepřesahuje 0,91 kg a které není řízeno dálkově, by měl provést předletovou přípravu k zajištění bezpečného letu, která spočívá hlavně ve zhodnocení místních podmínek a v nastavení odpovídajícího charakteru a samotné doby letu.

6.3: Bezpilotní letadlo, jehož maximální vzletová hmotnost, je vyšší jak 0,91 kg, musí být vybaveno vestavěným bezpečnostním systémem, který v případě poruchy neprodleně provede ukončení letu.

6.4: Pilot není zbaven odpovědnosti za bezpečné provedení letu ani v případě, že použije automatický systém řízení letu. [12]

2.1.7 Prostory

7.1 Pokud ÚCL nevydá povolení, smí být let bezpilotního letadla či modelu letadla proveden pouze v níže uvedených prostorech:

- a) vzdušný prostor třídy G
- b) v letištní provozní zóně ATZ nebo v aktivované oblasti s povinným radiovým spojením (RMZ) neřízeného letiště po splnění podmínek, které jsou stanoveny provozovatelem letiště a na základě koordinace s letištní letovou informační službou (AFIS). Nad vzdušným provozem třídy G v ATZ lze provádět let, pokud se poskytuje AFIS nebo je zajištěno poskytování informací známému provozu. U bezpilotních letadel a modelů letadel do hmotnosti 0,91 kg může být let v ATZ proveden i bez koordinace. Omezením je ovšem výška letu do 100 metrů nad zemí a mimo ochranná pásma daného letiště. Při letech v aktivované RMZ musí být zajištěno oboustranné radiové spojení.
- c) V řízeném okrsku letiště (CTR a MCTR) až do výšky 100 metrů nad zemí, musí být udělena výjimka povolení příslušného stanoviště řízení letového provozu a v horizontální vzdálenosti nad 5 500 metrů od vztažného bodu řízeného letiště. Povolení vydává ÚCL či v případě leteckých prací a leteckých veřejných vystoupení je povolení uděleno příslušným stanovištěm řízení letového provozu a provozovatelem letiště. U modelu letadla či bezpilotního letadla do hmotnosti 0,91 kg může být let prováděn v řízeném okrsku bez koordinace i v menší vzdálenosti od letiště. Podmínkou je do výšky maximálně 100 metrů nad zemí a mimo ochranná pásma daného letiště.

7.2 V případě provozu bezpilotního letadla či modelu letadla v zóně CTR a MCTR, jehož vzdálenost je větší než 5 500 metrů od vztažného bodu letiště a současně výška letu nepřesáhne 100 metrů nad zemí a mimo ochranná pásma letiště, neuplatňují se požadavky předpisu L 11 na získání letového povolení a na stálé oboustranné spojení se stanovištěm řízení letového provozu a požadavky stanovené Leteckou informační příručkou ČR (AIP) na vybavení odpovídačem sekundárního radaru. Na uvážení příslušného stanoviště letového provozu je rozhodnutí o použitelnosti v tomto ustanovení uvedených požadavků při provozu bezpilotního letadla či modelu letadla do maximální vzletové hmotnosti 0,91 kg v zóně CTR a MCTR ve vzdálenosti menší jak 5 500 metrů od vztažného bodu letiště, mimo ochranná pásma letiště, nebo ve výšce vyšší jak 100 metrů nad zemí.

7.3 Dle Hlavy 4, ustanovení 4.6 a doplňku O, ustanovení 2.3.3 tohoto předpisu se minimální výška letu pro lety bezpilotních letadel a modelů letadel neuplatňuje.

7.4 Pokud ÚCL neudělí povolení jinak, je provoz bezpilotních letadel a modelů letadel zakázán v zakázaných a nebezpečných a jiným uživatelem aktivovaných omezených, rezervovaných a vyhrazených prostorech.

7.5 Pokud žádáme o využití vzdušného prostoru, je nutné postupovat v souladu s postupy uvedenými v AIP, v části ENR 1.1.9.

7.6 Ve společném vzdušném prostoru nesmí být provozováno autonomní bezpilotní letadlo. [12]

2.1.8 Ochranná pásma

Let bezpilotního letadla nesmí být prováděn v ochranných pásmech stanovených příslušnými právními předpisy podél nadzemních dopravních staveb, tras nadzemních inženýrských sítí, tras nadzemních telekomunikačních sítí, uvnitř zvláště chráněných oblastí, v okolí vodních zdrojů a objektů důležitých pro obranu státu. Let nad ochrannými pásmy smí být proveden pouze takovým způsobem, který vylučuje jejich narušení za běžných i mimořádných okolností. Výjimky pro provoz letů bezpilotních letadel nad ochrannými pásmy uděluje ÚCL. [12]

2.1.9 Meteorologická minima

Bezpilotní letadlo ve vzdušném prostoru třídy G může létat pouze mimo mraky a ve vzdušném prostoru třídy jiné jen v minimální vzdálenosti 1 500 metrů horizontálně a 300 metrů vertikálně od mraků. [12]

2.1.10 Nebezpečný náklad

Bezpilotní letadlo nesmí převážet nebezpečné látky nebo zařízení, která by mohla způsobit obecné ohrožení, kromě provozních náplní v takovém množství, které je přiměřené účelu letu. [12]

2.1.11 Shazování nákladu

Kromě leteckých veřejných vystoupení a soutěží, včetně příprav na ně, nesmí bezpilotní letadlo být využito ke shazování předmětů za letu. [12]

2.1.12 Pohyb pilota

Bez povolení ÚCL nesmí být bezpilotní letadlo provozováno, pokud se pilot pohybuje prostřednictvím technického zařízení. [12]

2.1.13 Letecká veřejná vystoupení

Letecká veřejná vystoupení se mohou konat pouze za souhlasu ÚCL. Požadavky na letecká veřejná vystoupení stanovuje směrnice ÚCL CAA/S-EXT-001-n/2015 a dokument ÚCL CAA-SL-101-n/16. [12]

2.1.14 Ostatní legislativa

Bezpilotní letadlo smí být provozováno pouze v souladu s platnými právními předpisy. Jedná se o:

- Zákon o nakládání s bezpečnostním materiálem č. 310/2006 Sb.,
- Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb.,
- Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích č. 356/2003 Sb.,
- Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.,
- Zákon o požární ochraně č. 133/1985 Sb.,
- Zákon o vodách č. 245/2001 Sb.,
- Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb.,

ve znění pozdějších předpisů a v souladu se stanoviskem Úřadu pro ochranu osobních údajů č. 1/2013. [12]

2.1.15 Pohon

Je stanoveno, že k provozu bezpilotního letadla nesmí být použit raketový nebo pulzační motor. Výjimkou je možnost použití raketového pohonu a to za účelem provedení vzletu. [12]

2.1.16 Další podmínky pro provoz bezpilotního letadla

Pokud provozujeme bezpilotní letadlo, musí být dodrženy níže uvedené podmínky:

- a) Bepilotní letadlo podléhá evidenci ÚCL.
- b) Pilot bezpilotního letadla podléhá evidenci ÚCL.
- c) Při evidenci pilota, musí prokázat základní schopnosti bezpečně řídit bezpilotní letadlo a prokázat teoretické znalosti v požadovaném rozsahu, které stanovuje ÚCL.
- d) Pokud provozujeme bezpilotní systém, vydává povolení k létání ÚCL. Povolení k létání v tomto případě nahrazuje doklad o osvědčení letové způsobilosti a je zároveň dokladem o evidenci bezpilotního systému. Povolení k létání nahrazuje průkaz o způsobilosti pilota a jeho součástí je seznam evidovaných pilotů.
- e) ÚCL také vydává povolení k provozování leteckých prací a leteckých činností pro vlastní potřebu.
- f) Bepilotní letadlo, které podléhá evidenci, musí být označeno ohnivzdorným identifikačním štítkem se jménem a telefonním číslem provozovatele a poznávací značkou.
- g) Bepilotní se, s výjimkou povolení ÚCL, nesmí:
 - a. V průběhu vzletu a přistání přiblížit k osobě jiné než je jeho pilot na horizontální vzdálenost, která by byla menší než 50 m.
 - b. Za svého letu přiblížit k jakékoliv osobě, prostředku či stavbě, které nejsou přímou součástí předmětného provozu na horizontální vzdálenost menší než 100 m.
 - c. Za svého letu se přiblížit k jakémukoliv hustě osídlenému prostoru na horizontální vzdálenost menší než 150 m.

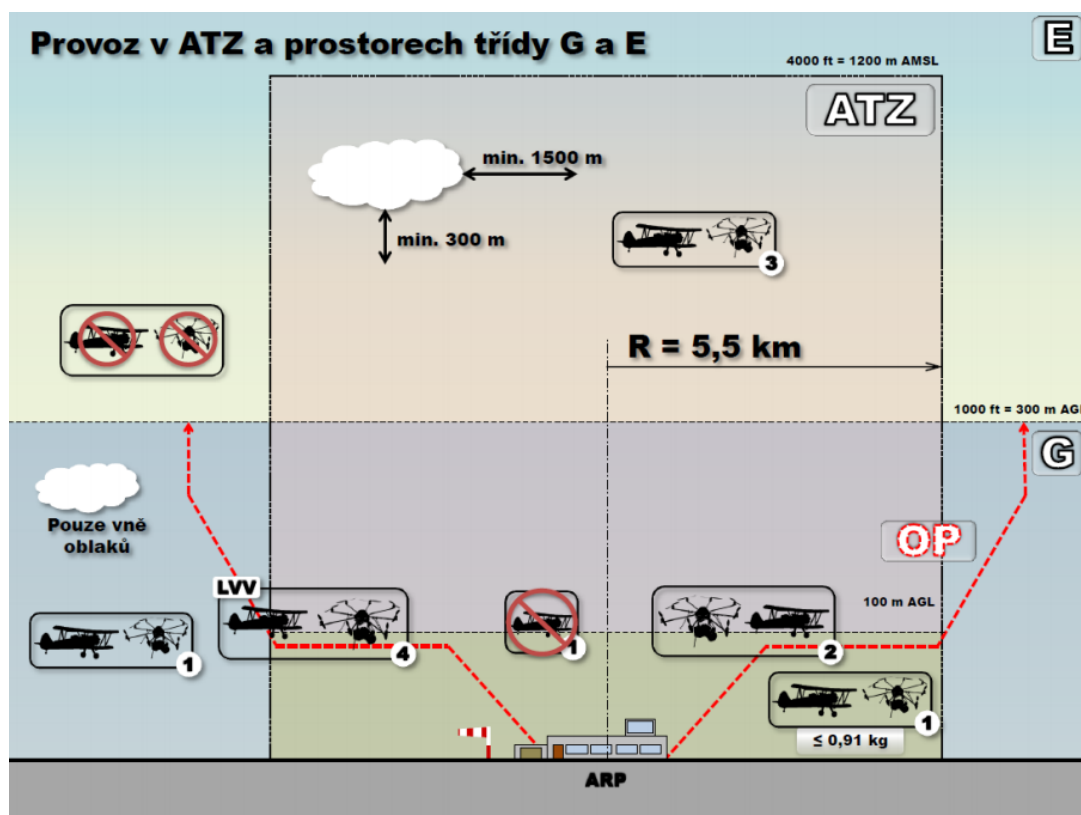
Body a. až c. se nevztahují na osoby, které jsou zapojené přímo do provozu bezpilotních systémů za předpokladu, že se zúčastněné osoby a samotní piloti předem nedomluvili jinak. Nesmí být ovšem porušeno ustanovení 3, a musí být přijata přiměřená opatření.

- h) Pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem bezpilotního letadla, musí být sjednáno na minimální výši pojistné částky buď individuálně, nebo hromadně.

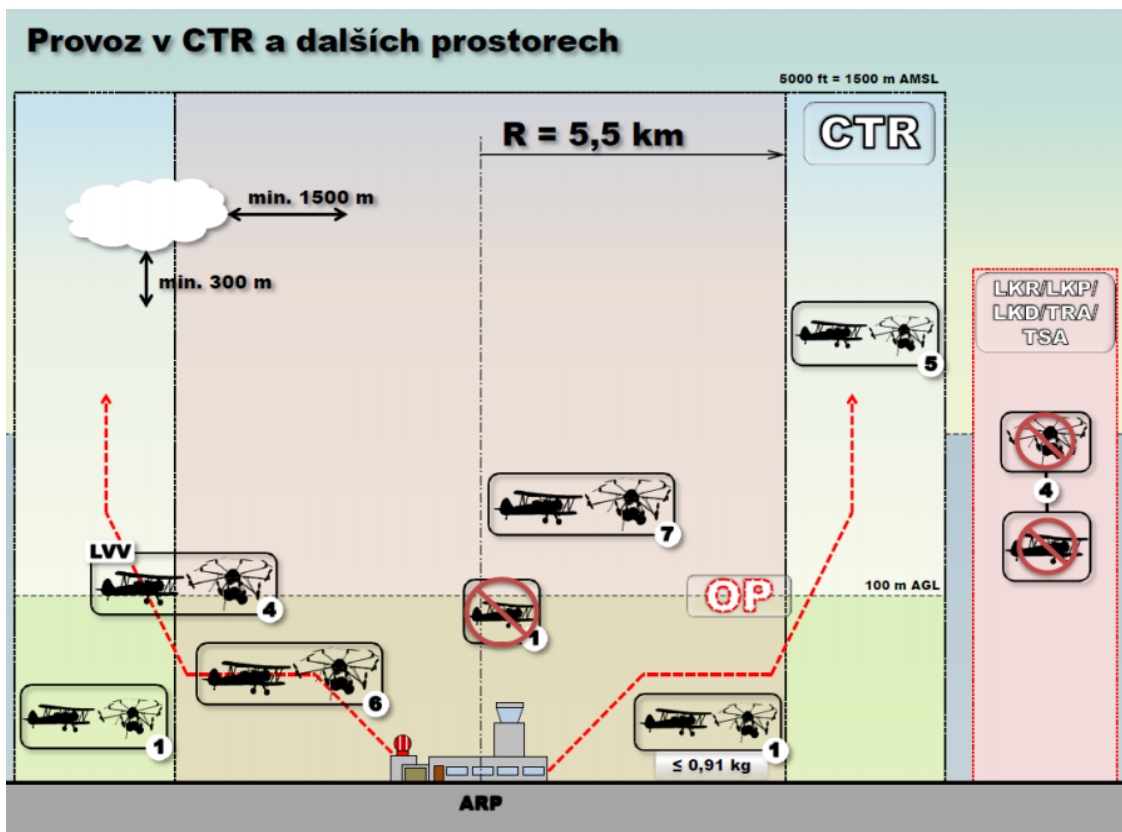
- i) Počáteční letové zkoušky, projektování a výroba musí být dozorovány ze strany ÚCL, případně pověřenou osobou ÚCL.
- j) Pokud dojde k selhání řídicího a kontrolního spoje, musí být bezpilotní letadlo vybaveno vestavěným bezpečnostním systémem – failsafe systém, který bezprostředně provede ukončení letu.
- k) Pokud žádáme o povolení k létání jiného druhu, než je sportovně-rekreační létání, musí žadatel o povolení k létání bezpilotního letadla povinen ke své žádosti doložit i provozní příručku UAS.
- l) Pokud dojde k bezpečnostní události, která je spojená s provozem bezpilotního letadla, podléhá tato událost hlášení dle ustanovení 17. [12]

2.1.17 Hlášení událostí

Provozovatelé všech bezpilotní letadla se schválenou konstrukcí či letadel s provozním povolením mají povinnost hlásit bezpečnostní události. Za událost se považuje letecká nehoda, incident nebo vážný incident. Způsob, jakým je provozovatel povinen událost nahlásit je stanovena v ustanovení 4.12 předpisu L 13. [12]





Obr. 12: Provoz v ATZ a prostorech třídy G a E [12]



Obr. 13: Provoz v CTR a dalších prostorech [12]

Legenda k obrázkům 1 a 2:

| | | | |
|---|--|------------|---------------------------|
|  | Modely letadel s maximální vzletovou hmotností do 25 kg | | |
|  | Bezpilotní letadla (tj. včetně modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nad 25 kg) | | |
| CTR | Řízený okresek letiště | LKR | Omezený prostor |
| ATZ | Letištní provozní zóna neřízeného letiště | LKP | Zakázaný prostor |
| OP | Ochranná pásma letiště | LKD | Nebezpečný prostor |
| G / E | Označení třídy vzdušného prostoru | TSA | Dočasně vyhrazený prostor |
| ARP | Vztažný bod letiště | TRA | Dočasně vymezený prostor |
| AMSL | Nadmořská výška | AGL | Nad úrovní země |
| 1 | Lety bez koordinace | | |
| 2 | Splnění podmínek provozovatele letiště (PL) + koordinace s letištní informační službou (AFIS) | | |
| 3 | Splnění podmínek PL + koordinace s AFIS | | |
| 4 | Souhlas/povolení ÚCL | | |
| 5 | Letové povolení příslušného stanoviště řízení letového provozu (ŘLP). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru | | |
| 6 | Povolení ÚCL (nebo v případě leteckých prací (LP) koordinace s ŘLP + koordinace s PL). ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru | | |
| 7 | Povolení ÚCL (nebo v případě LP koordinace s ŘLP + koordinace s PL) + letové povolení ŘLP. ŘLP může dále požadovat: stálé obousměrné spojení a odpovídač sekundárního radaru | | |

Obr. 14: Legenda k obrázkům 12 a 13 [12]

| Tabulka 1 (viz ust. 16) | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|
| ř. | maximální vzletová hmotnost | ≤ 0,91 kg | | > 0,91 kg a < 7 kg | | 7 – 25 kg | | > 25 kg | | bezpilotní letadlo provozované mimo dohled pilota |
| - | účel použití ----- požadavek | rekreačně sportovní | výdělečné, experimentální, výzkumné | rekreačně sportovní | výdělečné, experimentální, výzkumné | rekreačně sportovní | výdělečné, experimentální, výzkumné | rekreačně sportovní | výdělečné, experimentální, výzkumné | |
| 1 | evidence letadla | ne | ano | ne | ano | ne | ano | ano | ano | ano |
| 2 | evidence pilota | ne | ano | ne | ano | ne | ano | ano | ano | ano |
| 3 | praktický a teoretický test pilota | ne | ano | ne | ano | ne | ano | ano | ano | ano |
| 4 | povolení k létání | ne | ano | ne | ano | ne | ano | ano | ano | ano |
| 5 | povolení k provádění LP a LČPVP | nelze | ano | nelze | ano | nelze | ano | nelze | ano | nelze |
| 6 | označení UA: ID štítek / ID štítek + pozn. značka | ne / ne | ano / ano | ano / ne | ano / ano | ano / ne | ano / ano | ano / ne | ano / ano | ano / ano |
| 7 | min. ve vzdálenosti (m): vzlet, přistání / osoby, stavby / osídlený prostor | bezpečná | bezpečná | bezpečná | bezpečná | bezpečná, ale minimálně 50/100/150 | bezpečná, ale minimálně 50/100/150 | bezpečná, ale minimálně 50/100/150 | bezpečná, ale minimálně 50/100/150 | bezpečná, ale minimálně 50/100/150 |
| 8 | pojištění: běžný provoz / LVV (mil. Kč) | ne / 0,25 | dle nař. č. 785/2004 ¹ | ne / 1 | dle nař. č. 785/2004 ¹ | ne / 3 od 20 kg dle nař. č. 785/2004 ¹ | dle nař. č. 785/2004 ¹ | dle nař. č. 785/2004 ¹ | dle nař. č. 785/2004 ¹ | dle nař. č. 785/2004 ¹ |
| 9 | dozor | ne | ne | ne | ne | ne | ne | ano | ano | ne |
| 10 | „failsafe“ systém | ne | ano | ano | ano | ano | ano | ano | ano | ano |
| 11 | provozní příručka UAS | ne | ano | ne | ano | ne | ano | ne | ano | ne |
| 12 | hlášení událostí | ne | ano | ne | ano | ne | ano | ano | ano | ano |

Obr. 15: Další podmínky pro provoz bezpilotního letadla [12]

2.2 Statistika nehodovosti bezpilotních prostředků za rok 2018

I přes povinnost hlásit událost, do nichž zařazujeme letecké nehody, incidenty a událost bez vlivu na bezpečnost, je většina nehod nenahlášena. Statistika za rok 2018 je tedy zkreslena díky tomu, že většina pilotů i přes tuto povinnost událost nenahlásí. Za rok 2018 bylo celkem nahlášeno 17 událostí. Z těchto událostí byly 4 události vyšetřeny jako události bez vlivu na bezpečnost, 6 událostí bylo klasifikováno jako incidenty a 7 událostí byly leteckými nehodami. [13]

2.2.1 Letecká nehody 2018

Zvíkov - v průběhu testovacího letu pilot bezpilotního letadla ztratil kontrolu nad řízením vlivem výpadku signálu. Po této události bezpilotní letadlo narazilo do skály a díky nárazu spadlo do vody. UA bylo vážně poškozeno.

Kbely - během testovacího letu došlo v prostorách letiště Kbely k pádu bezpilotního letadla při provádění testu funkce systému fail-safe. [13]

2.2.2 Letecké incidenty 2018

Neratovice – při letu letadla PICB 737-800 ve výšce 4 000 stop, pilot ohlásil blízký kontakt s bezpilotním letadlem ve stejné letové výšce. Bzpilotní letadlo mělo v průměru 1 metr.

Věrušičky – Při stoupání letadla A320 byl ohlášen incident zahraničního dopravce, kdy v těsné blízkosti nad letadlem s opačným kurzem byl spatřen bezpilotní prostředek. [13]

2.3 Létání v sektoru hobby a podnikatel

Bzpilotní prostředky v sektoru hobby i v sektoru podnikatel se musí řídit Doplnkem X, předpisu L2, který je vydán Úřadem pro civilní letectví. Jeden z rozdílů mezi létáním pro zábavu a létáním při podnikatelském záměru, je registrace bezpilotních letadel. Podnikatel, který provozuje bezpilotní prostředky, má povinnost hlásit sebe i bezpilotní letoun k registraci a letoun opatřit protipožárním štítkem, aby byl v případě nehody identifikovatelný. Oproti tomu rekreační piloti nemají povinnost registrovat ani sebe ani bezpilotní letoun na ÚCL. Pilot podnikatel také musí složit zkoušky způsobilosti k létání s bezpilotním letadlem, rekreační pilot opět tuto povinnost nemá. Povinnost hlásit událost, tedy leteckou nehodu či incident, má jak pilot podnikatel, tak i rekreační pilot. [3], [12]

Drony si získaly mezi leteckými modeláři velmi zvláštní postavení. Letečtí modeláři byli jedni z prvních, kteří přišli s technologií multikoptér do styku a kdo se mimo studentů elektrotechniky a robotiky nejvýznamněji podíleli na cenných zkušenostech, které pomohly překonat prvotní potíže zrodu bezpilotních prostředků tak, jak je známe dnes. Představa pilota začátečníka, je tedy taková, že si pořídí dron a bude s ním létat kdekoliv, kde bude chtít a natáčet cokoliv a kohokoliv. Opak je ale pravdou. Než se začneme věnovat samotnému létání, je proto nutné se seznámit s legislativou a s pravidly pro provoz bezpilotních prostředků v České Republice, případně ve státě, kde chceme létat. Důležité je si uvědomit, že bezpilotní letadla jsou účastníky letového provozu a společného vzdušného prostoru. Proto je třeba dodržovat pravidla létání, hlavně s ohledem na ostatní účastníky leteckého provozu a na bezpečnost osob i majetku na zemi. [3]

Pokud provozujeme bezpilotní prostředek k podnikatelským účelům, tedy např. k pořizování fotografií za účelem dalšího prodeje, mapování a monitorování určitého prostoru, či další letecké práce, je vždy nutné složit pilotní zkoušky a získat tak oprávnění k pilotování bezpilotního letadla, které musí být registrováno na ÚCL a musíme mít sjednáno pojištění odpovědnosti za možnou škodu. Poté můžeme žádat o oprávnění k provádění leteckých prací. Nutné je i vést si pilotní deník, musí bezprostředně hlásit letecké události, které jsou spojeny s provozem bezpilotního letadla, a provádět reporty. Pokud budeme chtít provozovat bezpilotní letoun s hmotností vyšší jak 25 kg v oblasti rekreační či sportovní, je poté nutné taktéž složit pilotní zkoušky a mít platné povolení k létání, samozřejmě je i registrace dronu. [2], [14]

3 POUŽITÍ DRONŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ A VE SVĚTĚ

I přes to, že legislativa v České Republice není pro provoz bezpilotních prostředků příliš příznivá, jsou bezpilotní letadla využívány ve všech sférách běžného života a podnikání. [1]

3.1 Armáda

Na využití bezpilotních prostředků v Armádě se nevztahuje Doplněk X, předpisu L2. Jedná se o jedinou instituci, která v případě nouzového či krizového stavu může bezpilotní prostředky nasadit bezvýhradně po celém území České Republiky s využitím veškerého vzdušného prostoru. Ve spojení s NATO, Francií a Německem vznikl koncept na ochranu vzdušného prostoru Evropy, které má být aplikován do roku 2020. Jedná se o kooperaci jednotlivých států při nasazení bezpilotních prostředků. Koncepčním cílem je naplnit veškeré požadavky všech druhů ozbrojených sil. Což znamená povýšit základní a specifické úkoly bezpilotních prostředků na vyšší kvalitativní úroveň. Jedná se především o průzkumné činnosti, telekomunikační činnost a přenos dat. Další neméně důležitou úlohou je spolupráce pilotovaných letadel s inteligentními bezpilotními letadly. Jedná se zejména o možnost komunikace např. německého letadla s francouzským bezpilotním letadlem a možnost přenosu digitálních dat, která úzce souvisí s bojovou činností. Zamýšleno je vybudovat digitální bojiště na vyšší kvalitativní základně, která bude uplatňována v průběhu lokálních konfliktů, či při nasazování do mírových misí v rámci NATO. V jakých oblastech se zejména jedná o budoucnost bezpilotních prostředků v armádě, je uvedené v kategoriích níže. [9]

3.1.1 Průzkumná činnost

- a) Strategický průzkum,
- b) Taktický průzkum,
 - Zjišťování pozemních pohyblivých či nepohyblivých cílů,
 - Označování a ozařování bodových cílů.
- c) Rádiový a radiotechnický průzkum,
 - Elektronický průzkum, zaměřování zdrojů, analýza signálů,
 - Rádiový průzkum, zaměřování zdrojů, analýza signálů.
- d) Průzkum vzdušných cílů,
 - Včasná výstraha a varování,
 - Identifikace a rozpoznávání státní příslušnosti vzdušných cílů.

3.1.2 Zabezpečení bojové činnosti, řízení a velení

- a) Velení, řízení a zabezpečení bojové činnosti,
 - Rádiové spojení, přenos a retranslace dat, radioreléové spojení,
 - Geografická a kartografická dat
- b) Zabezpečení bojové činnosti,
 - Označování a ozařování cílů,
 - Elektronická protiopatření – rušení, maskování, klamání, manipulace s informacemi.
- c) Určování přesné polohy cílů,
- d) Bojové prostředky,
 - Detekce a odhalování cílů,
 - Kladení minových polí,
 - Odmínování,
 - Doplnování paliva ve vzduchu.

3.1.3 Bojová činnost

- a) S nepohyblivými pozemními cíli,
 - Vyzařující elektromagnetickou energii,
 - Odolné cíle – velitelské stanoviště, sklady, apod.,
 - Neodolné cíle – jsou odkryté cíle.
- b) S pohyblivými pozemními cíli,
 - Vyzařující elektromagnetickou energii,
 - Odolné cíle - velitelské stanoviště, sklady, apod.,
 - Neodolné cíle – odkryté cíle.
- c) Se vzdušnými cíli,
 - Balistické rakety,
 - Neagilní cíle,
 - Agilní cíle s reaktivním pohonem.
- d) S kosmickými cíli,
- e) S námořními cíli,
 - Vyzařující elektromagnetickou energii,
 - Hladinové cíle – lodě,
 - Podhladinové cíle – ponorky.

3.1.4 Nevojenské úkoly

- a) Analýza stavu prostředí,
 - Znečištění ovzduší,
 - Ložiska nerostů a materiálů,
 - Ekologie a stav životního prostředí.
- b) Střežení prostoru,
 - Odhalování pašeráctví,
 - Řízení a sledování dopravní situace,
 - Ochrana proti teroristickým útokům.
- c) Záchranné úkoly, ochrana před katastrofami a živelnými pohromami,
 - Pátrací a záchranná služba,
 - Vyhodnocování stavu prostředí,
 - Vyhodnocování rozsahu přírodních katastrof – požáry, záplavy,
 - Telekomunikace.

Většina dnešních bezpilotních prostředků jsou navržena, zkonstruována a vybavena takovou elektronikou, která umožňuje mimo použití v rámci ozbrojených sil, i efektivní použití v běžném civilním životě. Největší přínos pro lidstvo je nasazení bezpilotních prostředků v případech živelných a přírodních katastrof.

Státy, které jsou členy NATO, pracují na sestavení základních vojenských takticko-technických požadavcích na kvalitní a strategické bezpilotní prostředky, které budou nasazovány ve vyšších letových hladinách na velké vzdálenosti. [9], [15]

3.2 Integrovaný záchranný sbor – IZS

Velký potenciál využití bezpilotních letadel je i u složek Integrovaného záchranného sboru, do kterého patří Policie České Republiky, Hasičský záchranný sbor a Zdravotnická záchranná služba. Jakým způsobem a k jakým účelům lze tedy bezpilotní letouny využít? Velkou základnu možností přineslo již samotné využití u Armády. Bepilotní prostředky jsou předurčeny z velké části k monitorování a mapování prostoru, z tohoto vyplývá možnost použití u pátracích akcí, či při zjištění rozsahu škod při živelných pohromách, velkých dopravních nehodách, či při požárech. Další velkou výhodou u bezpilotních prostředků, je možnost nést nějaké břemeno. Tohoto se dá využít například u záchranných dronů, které mohou nést defibrilátor, nebo lokační techniky pro záchranu lidských životů při stržení laviny. [4], [7]

3.2.1 Hasičský záchranný sbor

Velký potenciál skýtá nasazení bezpilotních prostředků u hasičů. Jak již bylo zmíněno, jde především o monitorování velkých požárů, rozvodněných řek či při sesuvech půdy. Bepiltní prostředek zde může sloužit jako oči velitele zásahu, který vše může vidět z ptačí perspektivy a lépe se přizpůsobovat momentální situaci. Díky obrazovým informacím shora lze rychle a reálně zhodnotit rozsah takovýchto krizových situací. Díky možnosti nést kameru, je možné na dron upevnit termokameru, která by měla za úkol prozkoumat budovu v rozsahu, zda a kde jsou lidé. Díky tomuto zařízení by nedocházelo k ohrožení životů samotných příslušníků Záchraného hasičského sboru. Robodrone Industries, brněnská vývojářská firma, již vyrobila funkční model dronu Kingfisher, který byl nápomocen při monitorování sesuvu půdy ve Strachotíně. Bepiltní letouny Robodrone, spolupracují s GINA software, což je mezinárodně uznávaná firma, která dodává systémy pro monitorování a koordinaci pro Policii ČR a pro Hasičský záchranný sbor. [16], [17]



Obr. 16: Termokamera Workswell WIRIS [53]



Obr. 17: Snímek z termokamery [17]

3.2.2 Policie ČR

Největším přínosem pro použití bezpilotních prostředků u Policie je možnost vidět a kontrolovat situaci z ptáčích perspektivy. Dnešní drony jsou schopny nést malé kamery s vysokým rozlišením, ale třeba i termokamery. Tyto prostředky by poté pozitivně ovlivňovaly možnosti při pátracích akcích, ale i v oblasti odhalování trestné činnosti a jejich následné odhalování a pátrání po osobách, které se na trestné činnosti podíleli. Pátrání po zmizelých osobách je v dnešní době zdlouhavé. Nejprve se musí vyhlásit pátrání, poté se shromažďují pátrací skupiny, které prohledávají oblast ve zformování rojnice, u které je zapotřebí velké množství osob. V případě špatných meteorologických podmínek, není zaručen úspěch tohoto typu pátrání. V případě nasazení bezpilotního prostředku např. s termovizí, bude lokalita prohledána rychleji a účinněji. Pokud se pohřešovaná osoba nalezne, je možné na dron upevnit další prostředky záchrany, jako jsou léky, světlice, vysílačky, termofólie apod. Bepilotní prostředky se dají využít i na poli zásahových jednotek, stejně tak, jak je využívají vojenské zásahové jednotky, které jsou před objektem a do objektu vypustí malý bezpilotní prostředek, kterým může být třeba Black Hornet PRS, k prozkoumání objektu. Celá zásahová jednotka je v bezpečí venku a sledují situaci uvnitř objektu, připraveni zasáhnout ve správný okamžik. [7], [18], [19]



Obr. 18: Policejní dron [54]

3.2.3 Zdravotnická záchranná služba

Možnost využití bezpilotních prostředků u Zdravotnické záchranné služby ukazuje na velkou ambici v oblasti rychlé pomoci při infarktu či zkolabování člověka na ulici, v obchodním domě, apod. Belgický student inženýrského studia Alec Momont zahájil výzkum s možností využití dronů v této oblasti. Vývoj je veden směrem k vybudování vysokorychlostní dronové sítě, která je opatřena letkou ambulantních dronů. Tato letka dodává nouzové prostředky do libovolného místa metropole do několika minut. Jakým způsobem ambulantní dron funguje? Jedná se o proces, který po zavolání na tísňovou linku okamžitě zcela automaticky vysílá nejbližší bezpilotní prostředek. Tento prostředek má v sobě zabudovanou kameru, mikrofon, GPS, rádiové spojení a defibrilátor. Ve chvíli, kdy je letoun na místě, lze s ním manipulovat prostřednictvím madla. Celý prostředek se donese k pacientovi a postupuje se dle instrukcí, které prostřednictvím letounu slyšíme. Pracovník (Záchranář) na druhé straně linky vidí, co se děje a dává pokyny k oživování. Hlavní výhodou je dostupnost, tedy aby byl letoun na místě do dvou minut. [4]



Obr. 19: Dron záchranář Aleca Momonta [55]

3.3 Komerční využití

Využití bezpilotních prostředků v komerčním sektoru je mnohostranné. Zemědělci začali využívat bezpilotní prostředky před sklizní, aby zabránili nechtěnému usmrcení srnek a jejich mláďat. Majitelé solárních elektráren využívají drony pro kontrolu svých elektráren za pomoci kamer s infračerveným zářením, které vyhledávají poškozené solární panely. S pomocí bezpilotních prostředků můžeme kontrolovat vedení elektrického proudu. Dále se bezpilotní prostředky využívají k fotografování či filmování samo sebe. Jako jsou sportovní či svatební akce, natáčení budov a interiérů realitními makléři. V režimu testování je i doprava zásilek pomocí multikoptér, kterou zahájila firma DHL. Bohužel legislativa v dnešní podobě, není tomuto způsobu využití kladně nakloněna. Tento způsob dopravy zásilek je ale pro velké společnosti velmi významný. Doprava a rychlost přepravy zásilky by se snížila na rychlejší čas a přepravné by se snížilo také. Tato vize je ovšem zatím jen budoucností, jelikož provozování bezpilotního prostředku bez dohledu pilota je možný pouze v režimu testování a experimentů i přesto, že některé letouny jsou již dnes schopny rozeznávat překážky a úspěšně se jim vyhýbat, letět po předem naplánované trase a nést malé břemeno. Nejprve musí být stoprocentně zajištěna bezpečnost osob a majetku na zemi, poté bude možné létat s plně autonomními bezpilotními prostředky. [2], [3], [8]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POUŽITÍ DRONŮ V PRŮMYSLU KOMERČNÍ BEZPEČNOSTI

Na základě předchozích zkušeností a rozmanitosti použitelnosti bezpilotních prostředků jak v armádě, IZS, pro komerční využití či hobby sektor, vyplývá velký potenciál uplatnění na poli komerční bezpečnosti. Pokud shrneme hlavní možnosti a aspekty bezpilotních prostředků, které jsou monitorování, mapování, dohled, nesení břemene, průzkumné prostředky uvnitř budovy, možnost připevnění kamery či termovize, získáme široké spektrum možností, jak bezpilotní letadla využít pro ochranu majetku a osob. V určitých případech bude obtížné dodržet legislativní podmínky Doplnku X, ale pokud se jedná o tyto formality, je vždy možné požádat o výjimku, samozřejmě za předpokladu, že nebude narušena bezpečnost lidí a majetku na zemi.

4.1 Střežení objektu

Největší výhodou, kterou bezpilotní prostředky přinášejí je samotné monitorování objektu či střeženého prostoru. Z ptačí perspektivy se nám naskýtá pohled např. na rozlehlé objekty bez nutnosti obchůzek jednotlivých prostor po zemi a je vidět do všech zákoutí s možností záznamu neoprávněného vniknutí či narušení střeženého prostoru. Jakým způsobem by tedy mohlo střežení objektu vypadat?

4.1.1 Preventivní monitorování

Bezpilotní prostředky mohou být nasazeny všude tam, kde je nutné monitorovat dění uvnitř rozsáhlého objektu či na perimetru objektu, který je potřeba střežit před narušením možného pachatele. Pilot bezpilotního letounu vypustí dron do vzduchu v objektu a sleduje jeho let nad objektem, kdy za pomoci digitálního přenosu, přenáší obraz na operátora (dispečink), který sleduje dění v objektu a vyhodnocuje možná rizika. Pilot musí dodržovat horizontální vzdálenost od budov a lidí, které by se mohly v daný okamžik v areálu vyskytovat. V tomto případě jsou zapotřebí dvě osoby na střežení objektu, pokud ovšem by se obraz přenášel na dohledové, poplachové a přijímací centrum, byl by zapotřebí pouze pilot letounu, který dohlíží na řízení v prostoru. Pokud si budeme hrát s myšlenkou možnosti plně autonomních bezpilotních prostředků, nabízí se varianta, opatřit střežený prostor letkou bezpilotních letounů, které by dle naprogramovaných tras v určitý čas plně automaticky vzlétly a započaly monitorování střeženého objektu. Po určitém čase, vzhledem k výdrži baterií by se letoun vrátil zpět na výchozí stanoviště a započal by automatické nabíjení. Dle způsobu střežení by do vzduchu vzlétl další stroj okamžitě, případně až po nějaké časové prodlevě. O tomto

způsobu střežení je možné uvažovat hned v několika možnostech. Jednou z možností je použití v objektu, kde chceme zajistit nepřetržité střežení objektu, tedy 24/7. Druhou možností je poté u objektů, kde vysíláme letouny automaticky v předem naprogramovaných, náhodných, časových úsecích. Jedná se např. o objekty, kde je denní provoz, a střežení objektu samotného je započato až od určité hodiny. Vzhledem k tomu, že se bude jednat o létání nad budovami, je nutné získat výjimku od ÚCL.

4.1.2 Narušení objektu

Další možností střežení objektu se naskytuje v případě, že je vyhlášen poplach ve střeženém objektu. V tomto případě pilot vysílá letoun na místo poplachu a do několika málo okamžiků vidí dispečer celou situaci z ptáčí perspektivy. Může okamžitě vyhodnotit situaci a postoupit další kroky k zamezení narušení objektu a možným ztrátám na majetku. Případně vyhodnotit planý poplach apod. V případě, že budeme opět uvažovat plně autonomní systém, by mohla nastat situace, kdy střežený objekt, který je napojen na dohledové, poplachové a přijímací centrum, vyhlásil poplach. Předpokládejme, že ve střeženém objektu je opět letka bezpilotních prostředků. Operátor dohledového, poplachového a přijímacího centra vysílá bezpilotní letoun na místo poplachu, přičemž další letouny mohou provést monitorování celého objektu. Operátorovi se tak naskytá možnost vidět z výšky celý objekt a zároveň místo poplachu a provést další opatření.

4.1.3 Zásahová jednotka

Další možností, je využití malých nano dronů, které používají vojenské zásahové jednotky pro průzkum dění uvnitř objektu, případně uvnitř budovy, zatímco zásahová jednotka je v bezpečí mimo objekt. V tomto případě se vypustí nano dron, o velikosti cca 20 cm, do vzduchu a pomocí ISR Platformy je možné sledovat dění uvnitř objektu, natáčet jej a zjistit, kde se případný narušitel nachází.

4.2 Doprovodný prostředek

Již dříve byl v Armádě České Republiky nasazen bezpilotní prostředek Sojka III, který je dnes již ve výslužbě. Tento prostředek doprovázel vojenské konvoje a sledoval situaci nad nimi. Pokud budeme vycházet z předpokladu použitelnosti do průmyslu komerční bezpečnosti. Bylo by možné bezpilotní prostředky nasadit i v případech, kdy je nutné střežit pohybující se objekt. Tento objekt můžeme definovat jako automobil převážející peněžní

prostředky, případně nebezpečný či jiný náklad a je tedy nutné zajistit jeho bezpečné dopravení do cíle. V případě automobilů, které převáží peněžní prostředky, narazíme na legislativu, která říká, že není možné létat v hustě zalidněném prostoru, kde se většinou tyto vozy vyskytují. Největší nebezpečí ovšem hrozí při převozu mimo města, kde se potenciálním pachatelům nabízí možnost na pronásledování či přepadení takového vozu. Riziko by bylo možné snížit tím, že by posádka měla k dispozici na delší trasy mimo obydlené osady doprovodný bezpilotní letoun, který by monitoroval situaci v okolí vozu. Pilotováno by mohlo být přímo z vozidla, v případě možnosti použití plně autonomního prostředku, by letoun následoval vozidlo, přičemž by monitoroval situaci a kontrola by probíhala a byla vyhodnocována přímo v kabině automobilu. Bohužel dle legislativy není možné, aby se pilot při řízení bezpilotního prostředku pohyboval jiným dopravním prostředkem, pokud ovšem ÚCL neudělí výjimku.

4.3 Monitorování sportovních či koncertních akcí

Tato oblast je legislativně přípustná pouze za předpokladu, že se bezpilotní prostředek nebude vyskytovat v horizontální vzdálenosti bližší než 50 metrů od lidí. Na některých sportovních či koncertních akcích je dnes již možné vidět v hojném počtu používání bezpilotních prostředků, které natáčejí dění v areálu a létají v bezprostřední blízkosti lidí či nad nimi. Z legislativy je toto nepřipustné, je proto nutné mít udělenou výjimku od ÚCL. V případě, že by nám byla legislativa nakloněna, je možné provádět monitorování areálu, kde se akce koná a vyhodnocovat možné bezpečnostní incidenty, případně neoprávněné vniknutí do areálu bez platné vstupenky. Pokud by bylo takovéto chování zjištěno, je možný okamžitý zásah přítomné bezpečnostní služby. [9], [20], [21], [22]

5 ZNEUŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ

S velkým rozmachem bezpilotních prostředků, přichází i velké bezpečnostní riziko, které může mít za následek ztrátu či narušení soukromí, průmyslovou špionáž, hacking, podpůrný prostředek pro rozvoj drogového průmyslu, pašování do prostor věznic, a v neposlední řadě možnost teroristických útoků. K běžnému rozšíření bezpilotních letounů došlo teprve před několika lety a díky nasazení těchto prostředků v Afghánistánu, Iráku či Sýrii, měli teroristické skupiny k těmto letounům blízko. Jak je vidět z výše uvedeného seznamu, možností zneužití je opravdu velké. Důležité ovšem je se umět bezprostředně a účinně bránit proti zneužití. V dnešní době již existuje celá řada proti-dronových prostředků k jejich eliminaci. [9]

5.1 Narušení soukromí

V této oblasti může docházet ke zneužití bezpilotních prostředků z více důvodů. Jedním může být šmírování a nahlížení lidem do oken či zahrad pro vlastní potěšení, další možností si takto mohou zloději vytipovávat místo, které vykradou. V těchto případech by mohlo docházet k pořizování fotografií či videí, které by se mohly stát materiálem pro vydírání. Dalšími nebezpečnými osobami jsou stalkeri, kterým se do rukou může dostat další prostředek, jak svou oběť pronásledovat. [23]

5.2 Teroristické útoky

K prvnímu zneužití bezpilotních prostředků teroristickými organizacemi a militantními složkami na sebe nenechala dlouho čekat po uvedení bezpilotních prostředků do válečných konfliktů. Hizbalah a Hámás využil bezpilotní prostředky proti Izraelcům jako jedni z prvních. Islamistická skupina Jund al-Aqsa zveřejnila v září roku 2016 video, na kterém je zachycen bezpilotní letoun, který shazuje výbušniny malých rozměrů na vojenské cíle v Hamě. Taliban v říjnu 2016 zveřejnil video bombového útoku, které bylo natočeno dronem. Tímto dali teroristé jasně najevo celému světu, že umí používat bezpilotní prostředky proti svým nepřátelům. Nejobávanější teroristická skupina posledních let, Islámský stát, využívá několik let bezpilotní letadla k točení svých propagandistických videí. Oficiální zdroje z Iráku potvrdili dne 31. ledna 2017 deníku The New York Times, že IS používá bezpilotní prostředky pro vojenské účely již od roku 2016. Většina útoků, které tato teroristická skupina uskutečnila, byla provedena pomocí kvadrokoptér, které nesly improvizované výbušniny. Bohužel počet ob-

jetí u takovýchto útoků není vůbec zanedbatelný, padesát zraněných a dvanáct mrtvých. Výbušniny, které jsou při těchto útocích použity, detonují při dopadu. Tato metoda útoku může být použita pro cílené atentáty na větší davy, tedy civilní cíle, případně na tank M1A1, což potvrdili i videozáznamy. Na štěstí pro nás jsou drony dražší záležitostí a sehnat takový bezpilotní prostředek, který má vyšší vzletovou hmotnost a může nést břemeno a není příliš drahý, je dosti nereálné. Běžná cena jednoho takového stroje se v USA a v západní Evropě pohybuje v rozmezí od 630 do 5 000 dolarů. Bepilotní letoun nižší třídy, které používá IS, Skywalker X7 – křídlo, může nést náklad pouze do dvou kilogramů. Výbušnina o této hmotnosti může samozřejmě způsobit velké škody, ale na letounu je potřeba mít umístěný navigační systém a kameru, což snižuje možnou váhu na polovinu. Bepilotní letadla mohou zjednodušit i útoky na letadla. Představme si bepilotní letadlo, které nese výbušninu nebo jednoduše nalétne do motoru letadla, tyto principy přinášejí nové bezpečnostní hrozby pro letecký průmysl. Za rok 2016 bylo ve Velké Británii zaznamenáno 36 leteckých incidentů, tedy blízké setkání s bepilotním letadlem na letové hladině, kde se již bepilotní letadla nemají vyskytovat a jsou to hladiny určené i pro komerční letadla. Stejně nebezpečné jsou útoky na samotná letiště. Dalšími cíli by mohly být významné budovy či stavby, jako jsou jaderné elektrárny či památky. Škody na životech v těchto případech jsou minimální, protože se jedná hlavně o demonstrativní útok, i přesto dopady na společnost a na pověst bepilotních prostředků, by tyto útoky měly velké. Díky vysokému stupni bezpečnostního rizika, vlády po celém světě přijala určitá bezpečnostní opatření. Ve většině případů jsou používána elektronická zařízení. Typickým příkladem jsou rušičky, které vedou ke zničení bepilotního prostředku nebo převzetí jeho řízení. [9]

5.3 Průmyslová špionáž a hacking

Průmyslová špionáž se velice rozmohla v době, kdy lidstvo objevilo fotoaparát, a ten mohl být zmenšen do takové podoby, kdy nebyl na první pohled viditelný, či mohl být uschovaný. Bepilotní prostředky ovšem poskytují efektivnější nosič záznamové techniky, která poskytuje snímání obrazu shora. Šance dopadení průmyslového špióna je velice mizivá, neboť pilot bepilotního prostředku může být i několik stovek metrů daleko od monitorovaného objektu, případně může být trasa předem naprogramována. V případě hackingu, dron slouží pouze pro transport zařízení, které je používáno k samotnému hackování. Tento způsob útočník použije u prostor, které nejsou běžně dostupné, nebo kde pachatelé hrozí riziko odhalení. V praxi to znamená například možnost hackingu bezdrátových tiskáren ve výškových budovách či oplocených objektech. Stačí k tomu bepilotní letadlo a mobilní telefon se speciální

aplikací. Pomocí bezpilotního prostředku útočník dopraví mobilní telefon na místo, kde je možné zachytit signál, který je vysílán bezdrátovou tiskárnou. Aplikace v telefonu pak zajistí falešný přístupový bod, který se tváří jako daná tiskárna. Všechny dokumenty, které jsou zaslány na danou tiskárnu, jsou následně staženy do mobilního telefonu, který získaná data může neprodleně odeslat na uložení a ihned poté je přeposlat zpět na tiskárnu bez povšimnutí a možného zaznamenání krádeže. Pomocí bezpilotního prostředku, který disponuje určitým typem softwaru, je možné se nabourat i do dopravních semaforů a tímto tak ohrozit bezpečnost dopravy. [23], [24]

5.4 Přeprava drog pomocí bezpilotního prostředku

Zločinecké skupiny, jako jsou pašerácké či drogové organizace, v hojném množství využívají k přepravě drog či jiného ilegálního zboží bezpilotní prostředky. Nejrozšířenější je převoz zboží nad americko-mexickou hranicí. Byly zaznamenány případy, kdy dron, převážející drogy byl přetížen a díky tomu se zřítil do rukou policie. Pilot bezpilotního letadla je ovšem nevypátratelný. Americká protidrogová skupina DEA (Drug Enforcement Agency) vydala prohlášení, že bezpilotní prostředky se těší tak velké oblibě u drogových gangů a proto tyto organizace začaly investovat do vlastního vývoje, aby zvýšily vzletovou hmotnost bezpilotních prostředků. V roce 2015 bylo organizací DEA zadrženo zhruba sto padesát dronů, které přepravovaly drogy, nejčastěji se jednalo o drony, které se zřítily v důsledku přetížení. [23]

5.5 Pašování ilegálního zboží bezpilotním letounem

Bezpilotní letouny jsou v poslední době zneužívány k pašování do věznic, a to nejen za zdi vězeňského dvora, ale dokonce až k mřížím vězeňských cel. Většinou to probíhá takovým způsobem, že bezpilotní letoun, který se pohybuje několik desítek metrů nad věznicí, je prakticky neviditelný a neslyšitelný, shodí svůj náklad do rohu vězeňského dvora, kde si jej poté vězeň vyzvedne. Tyto dodávky probíhají většinou za soumraku, který umocní neviditelnost bezpilotního prostředku. [23]

Pašování probíhá i v Zakarpatské oblasti, kde se přes hranice nejčastěji pašují cigarety. Jeden bezpilotní letoun dokáže přenést přes hranice najednou i patnáct kartonu neokolkovaných cigaret. Celní správa má s tímto velké problémy, neokolkované cigarety, které pocházejí z Ukrajiny či z Ruska putují dále na západ. [25]

5.6 Převzetí kontroly nad bezpilotním prostředkem

V dnešní době je možné na internetu nalézt návody a software, jakým způsobem je možné ovládnout cizí dálkově ovládané bezpilotní letouny. Těchto letounů je možné se zmocnit a udělat z nich vlastní letku bezpilotních strojů, případně je poslat k zemi nebo na určitý cíl. Tento software vyhledává bezdrátové spojení letounů v okolí. Poté napadne jejich komunikaci a přebírá nad bezpilotním letadlem plnou kontrolu, včetně jeho kamerového systému. Podle návodu hackera Samyho Kamkara lze ovládnout systémy s označením Parrot AR Drone. Systém, který vyvinul, se nazývá SkyJack. Samy Kamkar zjistil, že komunikace mezi uvedeným dronem a ovladačem, který je nainstalován v mobilním telefonu iPhone, není vůbec žádným způsobem šifrováno a probíhá prostřednictvím sítě Wi-Fi. Tuto možnost napadení jiného bezpilotního prostředku lze samozřejmě zneužít, ale na druhou stranu se také jedná o možnost, jak nežádoucí bezpilotní prostředky eliminovat a zabránit tím nelegálnímu či teroristickému jednání. [26]

6 ZNEŠKODNĚNÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ

S nárůstem oblíbenosti bezpilotních prostředků, narůstá i bezprostřední nebezpečí jejich zneužití. Zneužití bezpečnostních prostředků je velké množství, a proto je nutné hledat a používat takové prostředky, které budou schopny drony efektivně zničit, či eliminovat potenciální hrozbu.

6.1 Detekce bezpilotního letadla v prostoru

Samotná detekce bezpilotních prostředků v prostoru je velice obtížná, avšak je velice důležitá pro možnost zabránění jejich zneužití. Detekce je závislá na parametrech a typu bezpilotního letadla. Čím menší stroj je ve vzduchu, tím je jeho detekce obtížnější. Jednou z vlastností, pomocí níž můžeme drony detekovat, je jejich specifický zvuk, tvar či typ letu. Letoun lze odhalit i na základě vysílání či přijímání radiových signálů, které využívají ke komunikaci s pilotem. Dalším důležitým faktorem na úspěšnou detekci, je prostředí, ve kterém se letoun pohybuje. V případě zástavby je detekce velice obtížná, neboť přístroje mohou vyhodnotit jako potenciální nebezpečí zdroj signálu, který letounu bezprostředně nepatří. Detekce proto bude jednodušší v otevřeném prostoru, jako jsou okolí letišť, státních hranic či elektráren, kde není tak velké množství rušivých elementů, jako je tomu v případě oblasti se zástavbou.

6.1.1 Radiolokátor

Jedná se o zařízení, které měření provádí pomocí elektromagnetických vln, jenž zařízení vysílá do prostoru. Radiolokátory můžeme rozdělit na pasivní, aktivní, aktivní s aktivním odpovídačem či poloaktivní. Poloaktivní radiolokátory se od aktivních liší v tom, že ozáření objektu a vyhodnocení odrazu se provádí na různých místech v prostoru, neboť jsou umístěny na objektech. Pasivní radiolokátory jsou převážně využívány vojenskou službou. Tyto zařízení pouze přijímají elektromagnetickou energii, která je letadly vyzařována. U aktivních radiolokátorů je princip takový, že vysílač vysílá elektromagnetické vlny, zatímco přijímač zachycuje odrážené vlny od objektů, které následně vyhodnocuje. Aktivní radary můžeme dále rozdělit na primární a sekundární. Sekundární radiolokátor potřebuje ke své činnosti další zařízení, které je umístěno na palubě letadla – odpovídač. Sekundární radar dokáže pomocí dotazovače, který je umístěn na zemi, identifikovat jednotlivá letadla. Identifikace probíhá pomocí odpovídače, který odpovídá svým kódem, jenž má přidělený pro daný let.

Problém v detekci radiolokátorem spočívá v tom, že odrazová plocha některých dronů je velmi malá a některé radiolokátory je nemusí zachytit. [27]

6.1.2 Akustická detekce

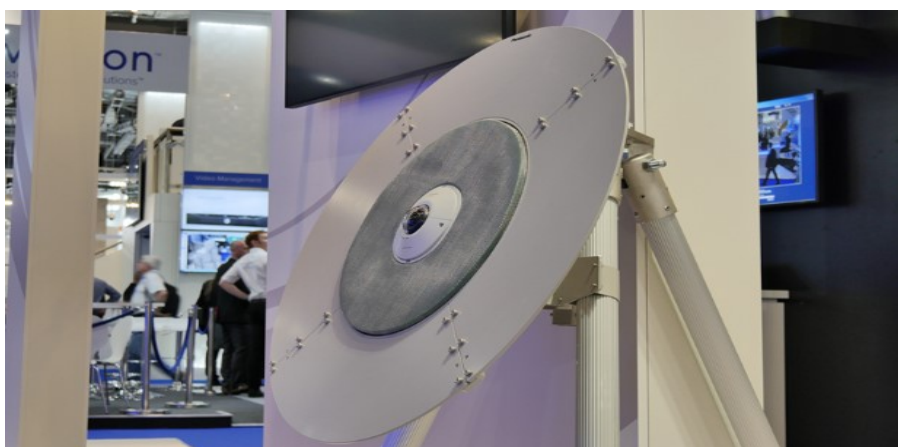
Akustická detekce pracuje na principu rozpoznávání určitého zvuku nebo tónu za použití mikrofonního pole. Jedná se o soustavu mikrofonů, které jsou uspořádány tak, aby mohly lokalizovat zdroj zvuku. Akustickou detekci je vhodné používat v případě detekce malých, komerčních dronů. Senzory, které jsou umístěny v prostoru, sledují zvuky ze svého okolí a pomocí softwaru dokáží daný zvuk vyhodnotit na základě porovnání ve vlastní databázi, která obsahuje záznamy akustického vlnění, které vydávají různé typy bezpilotních prostředků. Velkou výhodou tohoto typu detekce je nemožnost zaměnitelnosti s živým tvorem, např. ptákem. Díky moderním analytickým nástrojům je zde i velká přesnost určení, o který typ letounu se jedná a kterým směrem letí. Akustická detekce lze použít i v oblasti se zástavbou, čímž v této oblasti snižujeme riziko možnosti teroristického útoku prostřednictvím bezpilotního prostředku. Mezi další výhody patří snadná dostupnost, malé rozměry a nízká cena. Při využití této detekce v zástavbě zvyšujeme riziko možnosti záměny specifického zvuku bezpilotního letounu se zvukem podobným, jako jsou sekačky na trávu, či vrtačky. Malý dosah systému je další nevýhodou, ovšem pokud vezmeme v úvahu nízkou cenu, je možnost pokrytí prostoru dostatečně vysoká. [28]

6.1.3 Termografický detektor

Jedná se o detektory, které využívají infračervené záření k detekci strojů v prostoru. Tyto přístroje využívají k vyhodnocování infračervenou energii, která je tělesem vyzařována. Nejlépe je možné tento jev pozorovat pomocí infračervených kamer, či pasivních infračervených detektorů. Nevýhodou pasivních infračervených detektorů při použití u bezpilotních prostředků je malý dosah, možnost záměny bezpilotního letounu za letícího ptáka, neboť bezpilotní prostředky jsou při letu ochlazovány prouděním vzduchu a jejich identifikace by nebyla snadná. U infračervených kamer můžeme použít video-analýzu, která umožňuje bezpilotní prostředky rozeznat. Výhoda použití infračervené kamery spočívá v tom, že na obrazu nejsou žádné stíny, které způsobují nepřesné vyhodnocování zaznamenaných dat. Tyto detektory lze použít na větší prostor. [29], [30]

6.1.4 Kombinace detekčních systémů

Kombinační detekci umožňují některé systémy, u kterých je implementováno několik metod detekce do jednoho celku. Tyto systémy eliminují možnost chybné detekce tím, že do jednoho systému integrujeme funkce více těchto systémů. Jako příklad můžeme uvést přístroj německé firmy Aaronia, která vyvinula přístroj Aaronia Drone detektor pro detekci a lokalizaci bezpilotních prostředků i jejich operátorů. Systém pracuje na principu pasivního radiolokátoru, který přijímá radiové vlny z jednotlivých objektů či od samotného pilota. Systém je doplněn o panoramatické obrazy z kamer. Systém se používá pro kontrolu perimetru, případně pro kontrolu určité oblasti, do které je umístěn, nebo může být namontován na automobil či loď. Meteorologické podmínky nemají na funkčnost systému vliv a pracuje stejně za světla, tmy, mlhy, deště či hustého sněžení. Bepilotní letadla a jejich piloty lze detekovat i za stromy, budovami či jinými překážkami. Další detekční systém vyvinuli inženýři v Izraeli jako obranný systém, který pomocí radiolokátoru a kamer dokáže detekovat a sledovat pohyb nepřátelských bezpilotních prostředků, které narušují oblasti, ve kterých je pohyb bezpilotních prostředků zakázán. Tento systém umí narušit elektronické systémy bezpilotních prostředků a tím zavinit jejich neovladatelnost a následný pád. Systém s názvem Drone Dome je především určen k přímé likvidaci malých a nano dronů, které používají teroristé ke vzdušným útokům či ke sběru informací. Další kombinovaný detekční systém, vyvinula společnost Panasonic Business. Systém Panasonic Security Solutions Drone detector, funguje na základě kombinace akustické detekce a videoanalýzy. Zařízení prostřednictvím 32 mikrofونů a inteligentnímu kamerovému systému detekuje bezpilotní prostředek na vzdálenost až 300 metrů. [31], [32], [33]



Obr. 20: Detekční řešení Panasonic Security Solutions [33]

6.2 Metody eliminace dronů

V případě, že detektor na odhalování nebezpečných bezpilotních prostředků dron odhalí a detekuje v zakázaném prostoru či ochranném pásmu, mělo by dojít k jeho eliminaci za předpokladu, že se jedná o bezpilotní prostředek, který bezprostředně ohrožuje lidi a majetek na zemi či životní prostředí. I přesto je samotná likvidace bezpilotního letounu velice obtížná. V případě, že se bezpilotní prostředek pohybuje v zástavbě, mohla by likvidace způsobit větší škody, než jaké by mohl napáchat samotný letoun. Systémy, které se používají k eliminaci těchto prostředků, jsou velice nákladné, proto se hledají stále nové způsoby, jak provést likvidaci bezpilotního prostředku za co nejnižší možné náklady. [34]

6.2.1 Protiletadlová technika

Do protiletadlové techniky můžeme zařadit protiletadlové řízené střely či kanóny. Tato technika se používá spíše při likvidaci velkých bezpilotních prostředků. Je především nasazována při vojenských či válečných konfliktech. U malých bezpilotních prostředků není tato metoda eliminace vhodná, zejména kvůli bezpečnosti. Předpoklad útoku malým bezpilotním prostředkem je spíše v hustě obydlených oblastech, kde je protiletadlová technika nepoužitelná. Dalším nedostatkem je přesnost zaměření či naváděním rakety na malý cíl, který se pohybuje či mění letovou hladinu. Řízené střely se používají na určitou minimální vzdálenost, na kterou je možné protiletadlové systémy použít. Malý bezpilotní prostředek by tyto systémy měly problém sestřelit. Mimo všechny tyto nevýhody využití pro účely eliminace malých bezpilotních prostředků, je zde další nevýhoda a to je pořizovací cena. Takový nepoměr by poté znamenal, že střela v hodnotě třech milionů dolarů by sestřelila dron, který je v hodnotě 200 dolarů. [35]

6.2.2 Laserové prostředky a střelné zbraně

Další možností likvidace malých bezpilotních prostředků, která je zároveň nejdostupnější, je likvidace dronu za použití běžných střelných zbraní. K likvidaci malých dronů postačuje zasáhnout jednu z vrtulí, aby pilot ztratil kontrolu nad letounem a ten se zřítil k zemi. V případě, že není zasažena vrtule, ale jen některá součást dronu, je i v tomto případě dron těžko ovladatelným a i po takovém zásahu většinou dochází k pádu letadla. Vzhledem k tomu, že jsou malé drony velice malé a pohybují se rychle, je celkem obtížné je zasáhnout zbraní. Pro tyto případy jsou používány zbraně, které střílí gumové nesmrtící broky. Tímto je dále eliminováno riziko, že by byl někdo zraněn či usmrcen. Velkou výhodou je cenová a snadná

dostupnost. Nevýhodou je krátký dostřel, zhruba 50 až 100 metrů a nekontrolovaný pád samotného bezpilotního letounu. Novější technologií, kterou je možné využít pro likvidaci dronu jsou zbraně laserové. Tyto zbraně používají elektromagnetické záření, které je soustředěno v paprsku určitým směrem. Účinnost těchto zbraní je závislá na samotném výkonu laseru. Nejslabší laserové zbraně dokáží cíle oslepit a mají výkon ve stovkách wattů. Silnější lasery, které mají výkon v desítkách kilowattů, dokáží zničit malé čluny či bezpilotní letadla. Americká výsadková loď, která operuje v Perském zálivu, úspěšně testovala laser, který likviduje bezpilotní letadla, výkon laseru je 30 kW. Princip likvidace spočívá v zaměření cíle paprskem, který kopíruje pohyb bezpilotního letadla. Velkou výhodou jsou nízké provozní náklady laserových zbraní a rychlost zásahu bezpilotního prostředku. Nevýhodou je ovšem velikost zbraně a vysoké pořizovací náklady. [36], [37], [38]



Obr. 21: DroneGun Tactical – zbraň na sestřelení dronů [36]

6.2.3 Rušení komunikace a převzetí řízení nebezpečného bezpilotního prostředku

V tomto případě dochází k eliminaci bezpilotního prostředku pomocí rušení či plného nahrazení dálkové komunikace mezi pilotem a nebezpečným strojem. Komunikace mezi dronem a pilotem probíhá prostřednictvím elektromagnetického vlnění za pomoci radiových vln Wi-Fi zařízení. Nejpoužívanější frekvencí, na které drony vysílají je pásmo 2,4 či 5 GHz, dále bezpilotní letouny používají při letu signál GPS. Pomocí speciálně nastaveného zaří-

zení, je možné tyto signály rušit, případně je plně nahradit vlastními a tím donutit nebezpečný bezpilotní letoun k přistání. Pokud totiž dojde ke ztrátě signálu komunikace, většina bezpilotních letounů se zastaví a čekají na obnovení signálu, případně se spustí nouzový režim a vrátí se na místo, odkud byl uskutečněn start. Pokud přerušíme GPS komunikaci, dochází, ve většině případů k nouzovému přistání. Rušení komunikačních signálů bezpilotních letadel je stále obtížnější, neboť na internetu lze zakoupit zařízení, které přenáší data na vyšších frekvencích a zároveň mohou mezi frekvencemi přeskakovat. Díky tomuto systému jsou bezpilotní prostředky odolnější proti radioelektronickým rušícím zařízením. Komerční drony je možné zachytit až na dálku 8 km a ve vzdálenosti 2 km je možné začít rušit jejich signál. Mezi výhody těchto systémů patří jednoduché a rychlé použití, mobilita a nehrozí riziko poškození dronu při pádu či ohrožení osob. Nevýhodou je možnost rušení komunikace dalších zařízení v okolí, které využívají stejnou frekvenci. [37]

6.2.4 Eliminace pomocí sítě

V případě eliminace pomocí sítě, je bezpilotní letoun zachycen do sítě. Díky takovéto eliminaci ztrácí koordinaci a padá směrem k zemi. Zachytit dron do sítě je možné uskutečnit několika způsoby.

1. Vystřelení sítě ze zbraně

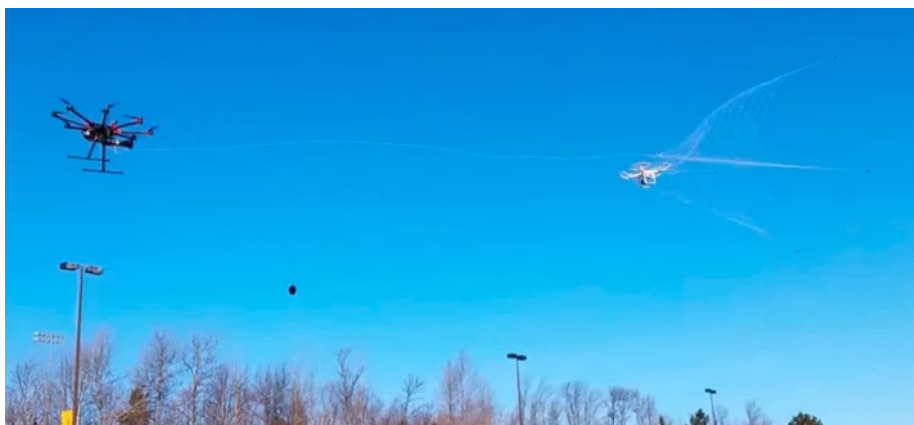
Jedná se o řešení, které vyvinula firma Open Works Engineering pod názvem SkyWall. Zařízení vypadá jako zbraň či odpalovací zařízení, které je možné přenášet. Tento prostředek byl vyvinut především pro ochranu civilních letišť. Zásahový prostředek plně automaticky vystřeluje speciální proti-dronové projektily, které v sobě ukrývají síť. Tato síť se automaticky rozvine v blízkosti bezpilotního letounu a zneškodní jej. Některé systémy nesou v projektilu i malý padák, takže po zachycení letounu do sítě, dojde k jeho rozvinutí a objekt se snese na zem bez zničení eliminovaného dronu, či ohrožení osob na zemi. Pro případy, kdy letoun nese dálkově odpalitelnou nálož, se vyrábějí i projektily s elektronickou rušičkou, která přeruší spojení s pilotem a nálož není možné na dálku odpálit. Tento systém má dosah 100 m. [39], [40]

2. Bezpilotní prostředek nesoucí síť

Jedná se o velké komerční bezpilotní letouny, pod kterými je zavěšena síť o rozměrech 2x3 metry a jsou vybaveny reproduktory. Pokud se bezpilotní letoun dostane do zakázaného prostoru, je jeho majitel nejprve upozorněn reproduktory policejního dronu, pokud pilot neuposlechne a nezmění kurz, policejní letoun, nebezpečný prostředek odchyťí do připojené sítě a zamezí mu tak v dalším pohybu. Výhodou je velký rozsah zásahu i ve větších výškách, rychlost a pořizovací náklady, neboť tu samou síť lze opakovaně používat. Nevýhodou poté je, že se chytaný bezpilotní letoun do sítě nezachytí, případně se přesáhne maximální vzletová hmotnost a celý komplex se zřítí na zem, kde dojde ke zničení obou letounů, v horších případech k ohrožení zdraví a života osob na zemi. [41]

3. Vystřelení sítě z bezpilotního prostředku

Bezpilotní letoun nese zařízení, ve kterém je umístěna vystřelovací síť. V případě, že je potřeba zlikvidovat nepřátelský letoun, je síť na cíl vystřelena a cíl je do sítě polapen. Systém obsahuje kameru, která vysílá obrazový přenos směrem k pilotovi a operátorovi. Síť je možné vystřelit až na vzdálenost 12 metrů. Po zásahu nebezpečného stroje, jej zasahující letoun obletí, sbalí a může s ním následně odletět. Takovýto bezpilotní letadlo je ovládáno buď manuálně, případně zcela autonomně. Výhodou tohoto systému je velká oblast zásahu a rychlá reakce. Nevýhodou je možnost pádu a následné zranění lidí na zemi, případně, pokud není cíl zasažen, je nutné přistát k opětovnému nabytí. [42]



Obr. 22: Vystřelení sítě z dronu na jiný dron [42]

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo uvést možnosti využití bezpilotních leteckých prostředků, jejich technické parametry a rozdělení do skupin dle použitelnosti. V práci je provedena analýza legislativy v České Republice ve vztahu k bezpilotním prostředkům a pravidla jejich používání v sektoru hobby a pro podnikatelské účely. Také jsou zde uvedeny příklady a modelové situace, kdy je možné bezpilotní letoun použít v průmyslu komerční bezpečnosti. Dále se práce zabývá situacemi, ve kterých jsou bezpilotní prostředky zneužívány k ilegální či teroristické činnosti a možnosti následné eliminace ze strany bezpečnostních složek. V práci jsou charakterizovány základní pojmy, jako jsou autonomní bezpilotní systém, bezpilotní letecký prostředek, bezpilotní letecké systémy, drony, model letadla apod. Shrnut je vývoj a historie bezpilotních prostředků v leteckém průmyslu společně s analýzou možností jejich využití do budoucna. Uvedeny jsou také jejich výhody a nevýhody.

Na základě analýzy současného využití bezpilotních prostředků, bylo zjištěno, že za předpokladu dodržení stanovených legislativních podmínek dle Doplnku X, předpisu L2, je možné využít bezpilotní prostředky v průmyslu komerční bezpečnosti. V případě sporných situací je možné požádat Úřad pro civilní letectví o výjimku na provoz bezpilotního letounu. Největší přínos v nasazení bezpilotních letounů byl vyhodnocen při střežení objektu, zejména při monitorování jeho perimetru, kdy jsou dodrženy podmínky horizontálních vzdáleností jak od budov, tak od lidí na zemi, a to i v případě narušení perimetru možným pachatelem. Důležitým aspektem při provozu je dodržení podmínky dálkového ovládní bezpilotního letounu pilotem na vizuální vzdálenost. Provoz plně autonomních bezpilotních letadel je prozatím možný pouze v oblasti experimentů či testování, tudíž toto použití v dnešních podmínkách je nutné vyloučit. Dále se nabízí možnost využití bezpilotního prostředku zásahovou jednotkou, která je vyslána na místo narušení či poplachu v objektu. V tomto případě je možné využít nano drony, které jsou běžně nasazovány při vojenských zásazích. Legislativa ovšem není příznivě nakloněna k použití bezpilotního letadla v případě doprovodného prostředku, neboť není dodržena podmínka, kdy pilot nesmí být za provozu dronu v pohybu za pomoci dalšího dopravního prostředku. V případě monitorování sportovních či kulturních akcí musí být opět dodržena podmínka provozu bezpilotního letounu v dostatečné horizontální vzdálenosti od lidí na zemi. Pokud je tato podmínka dodržena, není porušen článek o bezpečnosti Doplnku X a poté je možné bezpilotní prostředky provozovat. Jako nejlepším

možným bezpilotním letounem pro účely komerční bezpečnosti byly vyhodnoceny kvadrokoptéry, jejichž start je kolmý, jsou lépe ovladatelné a manévrovatelné než jiné typy bezpilotních letadel.

V práci byly analyzovány možnosti zneužití bezpilotních prostředků pro ilegální a teroristickou činnost, jako jsou narušení soukromí, teroristické útoky, průmyslová špionáž či hacking, přeprava ilegálního zboží přes státní hranice či do nápravných zařízení, případně odcizení bezpilotního prostředku za pomoci převzetí kontroly nad ním. Bylo zjištěno, že díky velkému množství zařízení, které je určeno k detekci bezpilotních prostředků, je možná účinná obrana proti útokům a případně jim předcházet. K detekci bezpilotních letadel jsou běžně používány radiolokátory, akustické či termografické detektory případně kombinovaná zařízení, která zajišťují přesnější detekci nebezpečného stroje. Jejich následná eliminace je možná pomocí destruktivních či nedestruktivních metod s minimalizací škod na majetku, zdraví či životech lidí. V práci bylo vyloučeno použití protiletadlové techniky pro eliminaci malých, komerčně využívaných, bezpilotních letadel. Naopak byla kladně vyhodnocena možnost eliminace pomocí střelných a laserových zbraní či nedestruktivní likvidace pomocí zachycení do sítě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. *Drony*. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.
- [2] HOHENLOHE, Stephan zu. *Drony: stručně a přehledně: výběr vhodného modelu, ovládání, foto a video, legislativa*. Přeložil Richard KŘÍŽ. Frýdek-Místek: Alpress, 2016. ISBN 978-80-7543-234-6.
- [3] KARAS, Jakub. *222 tipů a triků pro drony*. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4874-7.
- [4] BROOK, Henry. *Drones*. London: Usborne, 2015. ISBN 978-1-4095-9360-7.
- [5] AUSTIN, Reg. *UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS UAVS DESIGN, DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT*. Chichester: John Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-05819-0
- [6] BARNHART, Richard K., Stephen B. HOTTMAN, Douglas M. MARSHALL a Eric SHAPPEE. *INTRODUCTION TO UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012. ISBN 978-1-4398-3521-0.
- [7] BEARD, RANDAL W. a TIMOTHY W. MCLAIN. *SMALL UNMANNED AIRCRAFT: Theory and Practice*. New Jersey: Princeton University Press, 2012. ISBN 978-0-691-14921-9.
- [8] *Komplexní průvodce drony: získajte ze svého dronu maximum*. Praha: Omega Publishing Group, 2017. ISSN 2570-589X.
- [9] *Security magazin: Časopis pro vaši bezpečnost*. Praha: FAMily media, 1994-. ISSN 1210-8723.
- [10] Unmanned aerial vehicle. Wikipedia [online]. [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle.
- [11] Legislativa provozu dronu: Pravidla, hmotnost, doplněk X. Droneweb [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/153-drony-pravidla-hmotnost-doplnek-x>.
- [12] Doplněk X. Letecká informační služba [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>

- [13] Legislativa provozu dronu: Rozbor nehod bezpilotních prostředků za rok 2018. Droneweb [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/300-rozbor-nehod-bezpilotnich-prostredku-za-rok-2018>
- [14] Pravidla pro létání s drony. Dronpro [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/pravidla-pro-letani-s-drony/>
- [15] Perspektivní využití bezpilotních prostředků v ozbrojených silách. Army [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.army.cz/scripts/detail.php?id=1402>
- [16] Drony pro hasiče - zatím spíše výzva než realita. Ozbrojené složky [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/drony-pro-hasice-zatim-spise-vyzva-nez-realita>
- [17] Firefighting Drone Challenge. Firefighting Drone Challenge [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://sites.google.com/a/ncsu.edu/firefighting-drone-challenge/>
- [18] Pátrací akce v terénu. Metodika [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://metodika.cahd.cz/KJPO/KJPO090306%20-%20Patrani.pdf>
- [19] Policie povolna prověřuje možnosti dronu v pátrání po pohřešovaných osobách. Ozbrojené složky [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/policie-pozvolna-proveruje-moznosti-dronu-v-patrani-po-pohresovanych-osobach>
- [20] Dear Security Industry: Are These the Drones You're Looking For?. Security Sales & Integration [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: https://www.securitysales.com/surveillance/dear_security_industry_are_these_the_drones_youre_looking_for/
- [21] Private Security Drones. Drone USA [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.droneusainc.com/private-security-drones>
- [22] Sojka III. Wikipedia [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sojka_III
- [23] Drony ve světě zločinu, jako vždy mají lumpové náskok. Ozbrojené složky [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/drony-ve-svete-zlocinu-jako-vzdy-maji-lumpove-naskok>

- [24] Hackování bezdrátových tiskáren s pomocí telefonu a dronu. Dron centrum [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.droncentrum.cz/hackovani-bezdratovych-tiskaren-s-pomoci-telefonu-a-dronu/>
- [25] Pašeráci mají pod Karpaty ráj. Tady je ukrajinská Sicílie. Zprávy aktuálně [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/reportaz-z-ukrajinske-sicilie-paseraci-maji-pod-karpaty-raj/r~1ce6a9e23cd411e5b22d002590604f2e/?redirected=1557605670>
- [26] Hacker přišel na to, jak populární dron proměnit v zombie. IDnes: Technet [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/pc-mac/hack-bezpilotniho-dronu-parrot-ar-drone.A131204_143901_hardware_vse
- [27] Radar Principle. Radartutorial [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <http://www.radartutorial.eu/01.basics/Radar%20Principle.en.html>
- [28] Acoustic Detection and Tracking of a Class I UAS with a Small Tetrahedral Microphone Array. Defense Technical Information Center [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/docs/citations/ADA610599>.
- [29] Termografie. Wikipedia [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Termografie>
- [30] Využití termografie při diagnostice elektrických zařízení a strojů. Velkoobchod Conrad [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: https://velkoobchod.conrad.cz/data/flir/vyuziti_termografie_pri_diagnostice_el_zarizeni_stroju.pdf
- [31] Aaronia Drone detector. Aaronia [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.aaronia.com/products/antennas/IsoLOG-3D/>
- [32] Rafael unveils "Drone Dome" anti-UAV system. Flight Global [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.flightglobal.com/news/articles/rafael-unveils-drone-dome-anti-uav-system-424095/>
- [33] Security Solutions. Business Panasonic [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://business.panasonic.co.uk/security-solutions>
- [34] Experti NATO řešili na Univerzitě obrany, jak se bránit proti dronům. MOCR Army [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <http://www.mocr.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/experti-nato-resili-na-univerzite-obrany--jak-se-branit-proti-dronum-111540/>

- [35] Small drone 'shot with Patriot missile'. BBC [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/technology-39277940>
- [36] DroneGun Tactical: Puška proti dronům. ABC [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-technika/22944/dronegun-tactical-puska-proti-dronum.html>
- [37] Laserové zbraně: Revoluce nebo technický naivismus?. Armádní noviny [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/laserove-zbrane-konecne-revoluce-nebo-technicky-naivismus3f.html>
- [38] Laserové zbraně: paprsky smrti ve službách velmocí. Britské listy [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://legacy.blisty.cz/art/41863.html>
- [39] Skywall 100. Open Works Engineering [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://openworksengineering.com/skywall-100/>
- [40] SkyWall Is A New Anti-Drone Net Bazooka For Police. Popsci [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.popsci.com/skywall-is-an-anti-drone-net-bazooka>
- [41] 11 Police Robots Patrolling Around the World: Japan's Drone-Catching Drone. Wired [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2016/07/11-police-robots-patrolling-around-world/>
- [42] Čekají nás války komerčních dronů? Podívejte se na tento "dron chytač". Dron centrum [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <http://www.droncentrum.cz/dron-chytac-si-posviti-na-nelegalni-lety/>
- [43] Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk. Wikipedia [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_RQ-4_Global_Hawk
- [44] Ryan Firebee. Forums X Plane [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://forums.x-plane.org/index.php?files/file/19086-ryan-firebee/>
- [45] GOOGLE PERFECCIONARÁ LOS DRONES MILITARES DEL PENTÁGONO. Influencers [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.clubinfluencers.com/google-perfeccionara-los-drones-militares-del-pentagono/>
- [46] Novinka Robodrone je venku: Jmenuje se Sparrow (vrabčák), ale nezapře rysy dravce. Ozbrojené složky [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <http://www.ozbrojeneslozky.cz/clanek/novinka-robodrone-je-venku-jmenuje-se-sparrow-vrabcak-ale-nezapre-rysy-dravce>

- [47] Black Hornet PRS. Flir [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.flir.eu/products/black-hornet-prs/>
- [48] EHANG 184 AAV. Alza [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/ehang184-aav-d4013442.htm>
- [49] DJI M600 Pro. Eshop pro drony [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://eshop.pro-drony.cz/m600-pro-dji.html>
- [50] Bezpilotní letecké prostředky - Nové možnosti. Copernicus [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: http://copernicus.gov.cz/documents/19/42682/7_3_Nove_moznosti_DPZ_s_UAV_JK.pdf
- [51] Ruské bezpilotní letouny na syrském bojišti. Armadni noviny [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/ruske-bezpilotni-letouny-na-syrskem-bojisti.html>
- [52] Závodní Kvadroptéra Walkera Runner 250 RTF4. Moje RC [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: https://www.mojerc.cz/zavodni-kvadroptera-walkera-runner-250-rtf4_p91372
- [53] Termokamera Workswell WIRIS 2nd gen. Dronpro [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/produkt/termokamera-workswell-wiris-2nd-gen/koupit/>
- [54] Do kontrol chatových oblastí byl nově zapojen i policejní dron. Týdeník policie [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://tydenikpolicie.cz/do-kontrol-chatovych-oblasti-byl-nove-zapojen-i-policejni-dron/>
- [55] Droni jako létající záchranáři. Hybrid [online]. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/drony-zachranuji-lidi-se-srdecni-zastavou>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-------|--|
| UAV | Bezpilotní letecký prostředek (Unmanned Aircraft Vehicle). |
| ÚCL | Úřad pro civilní letectví. |
| UA | Bezpilotní letadlo (Unmanned Aircraft). |
| UAS | Bezpilotní letecký systém (Unmanned Aircraft System). |
| RC | Vysílač (Remote Controller). |
| GPS | Polohové zařízení (Global Positioning System). |
| FPV | Kamera v přední části bezpilotního letadla (First Person View). |
| ATZ | Letištní provozní zóna neřízeného letiště (Aerodrome Traffic Zone) |
| RMZ | Aktivovaná oblast s povinným radiovým spojením (Radio Mandatory Zone). |
| AFIS | Letištní informační služba (Aerodrome Flight Information Service) |
| CTR | Řízený okrsek letiště (Control Zone). |
| MCTR | Řízený okrsek vojenského letiště (Military Control Zone). |
| AIP | Letecká informační příručka (Aeronautical Information Publication). |
| OP | Ochranná pásma letišť. |
| G/E | Označení třídy vzdušného prostoru. |
| ARP | Vztažný bod letiště (Aerodrome Reference Point). |
| AMSL | Nadmořská výška (Above Mean Sea Level). |
| LKR | Omezený prostor (Restricted Area). |
| LKP | Zakázaný prostor (Prohibited Area). |
| LKD | Nebezpečný prostor (Dangerous Area). |
| TSA | Dočasně vyhrazený prostor (Temporary Segregated Area). |
| TRA | Dočasně vymezený prostor (Temporary Reserved Area). |
| AGL | Nad úrovní země (Above Ground Level). |
| ÚZPLN | Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod. |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| OBR. 1: BEZPILOTNÍ LETADLO RQ - 4 GLOBAL HAWK [43]..... | 10 |
| OBR. 2: BEZPILOTNÍ LETOUN RYAN FIREBEE [44]..... | 13 |
| OBR. 3: MQ - 1 PREDATOR [45]..... | 14 |
| OBR. 4: ROBODRONE SPARROW – DRON S KOLMÝM STARTEM [46]..... | 21 |
| OBR. 5: NANO DRON BLACK HORNET PRS [47] | 22 |
| OBR. 6: BEZPILOTNÍ KVADROKOPTÉRA PRO JEDNOHO CESTUJÍCÍHO [48].... | 24 |
| OBR. 7: VĚTŠÍ KOMERČNÍ DRON DJI M600 PRO [49] | 25 |
| OBR. 8: VZLET UAV HODEM Z RUKY DO VZDUCHU [50]..... | 26 |
| OBR. 9: VZLET BEZPILOTNÍHO LETOUNU Z RAMPY [51]..... | 27 |
| OBR. 10: BEZPILOTNÍ VRTULNÍK SKYSPOTTER 150 VYVINUT V LIBERCI [9]. | 27 |
| OBR. 11: POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ ZÁVODNÍ KVADROKOPTÉRY [52] | 33 |
| OBR. 12: PROVOZ V ATZ A PROSTORECH TŘÍDY G A E [12] | 41 |
| OBR. 13: PROVOZ V CTR A DALŠÍCH PROSTORECH [12]..... | 42 |
| OBR. 14: LEGENDA K OBRÁZKŮM 12 A 13 [12] | 42 |
| OBR. 15: DALŠÍ PODMÍNKY PRO PROVOZ BEZPILOTNÍHO LETADLA [12] | 43 |
| OBR. 16: TERMOKAMERA WORKSWELL WIRIS [53] | 49 |
| OBR. 17: SNÍMEK Z TERMOKAMERY [17]..... | 50 |
| OBR. 18: POLICEJNÍ DRON [54]..... | 51 |
| OBR. 19: DRON ZÁCHRANÁŘ ALECA MOMONTA [55]..... | 52 |
| OBR. 20: DETEKČNÍ ŘEŠENÍ PANASONIC SECURITY SOLUTIONS [33]..... | 63 |
| OBR. 21: DRONEGUN TACTICAL – ZBRAŇ NA SESTŘELENÍ DRONŮ [36] | 65 |
| OBR. 22: VYSTŘELENÍ SÍTĚ Z DRONU NA JINÝ DRON [42] | 67 |

SEZNAM TABULEK

TAB. 1: TŘÍDY BEZPILOTNÍCH LETOUNŮ DLE UVS INTERNATIONAL [10] 20

TAB. 2: PŘÍŘAZENÍ JEDNOTLIVÝCH LETOUNŮ KE SKUPINÁM [10] 21