



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Ondřej Sejk

**INTEGRACE UAS DO PROCESŮ ÚDRŽBY A
OBSLUHY NA LETIŠTI**

Bakalářská práce

2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621 **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Ondřej Sejk

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Integrace UAS do procesů údržby a obsluhy
na letišti**

Název tématu (anglicky): Integration of UAS into Airport Maintenance and Service
Processes

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je navrhnout možné využití UAS v rámci provozu letiště a na letišti, se zaměřením na oblast využití UAS v procesech údržby a handlingu.
- Bezpilotní systémy - vymezení pojmů a jejich druhy
- Legislativní podmínky pro UAS při použití na letištích
- Analýza venkovního prostoru letiště v rámci problematiky UAS
- Uvedení možných konceptů využití UAS při použití na letištích



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Letecký předpis L2 – Pravidla létání
Nařízení Evropské Komise 2019/945 a 2019/947
EASA: U-space draft

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2019**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **1. prosince 2021**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Ondřej Sejk
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....16. srpna 2021

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mě během psaní této práce podporovali. Zvláštní poděkování si pak zaslouží můj vedoucí, doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D., především za trpělivost a poskytování cenných rad a připomínek.

Prohlášení

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

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 1. prosince 2021



Ondřej Sejk

Abstrakt

Tato práce se zabývá možnostmi využití bezpilotních systémů (UAS) v provozu letišť. Zvoleny byly procesy údržby a obsluhy na letišti. První část je věnována bezpilotním systémům, vymezení pojmů a jejich druhům a dělení UAS. Ve druhé části je analyzováno aktuální povědomí o UAS na letištích a jsou analyzovány UAS na letištích v rámci různých možností využití. Dále se práce věnuje legislativním podmínkám pro UAS obecně a pro UAS na letištích. V hlavní části jsou podrobněji popsány využití UAS při použití na LKPR a řízení pohybu UAS na letišti. V závěru práce je provedeno zhodnocení návrhů a stanovení nejvhodnějších způsobů využití UAS.

Klíčová slova

Bezpilotní letadlo, Bezpilotní systém, Letiště Václava Havla Praha, Provoz letiště, UAV, UAS

Abstract

This thesis addresses a possible use of Unmanned Aerial Systems (UAS) in airport operations. Maintenance and service processes at the airport were chosen. The first part is devoted to unmanned systems, definitions of terms and their types and the division of UAS. The second part analyzes the current awareness of UAS at airports and analyzes UAS at airports in various uses. Furthermore, the work deals with the legislative conditions for UAS in general and for UAS at airports. The main part describes in more detail the use of UAS when used for LKPR and UAS motion control at the airport. The work demonstrates the evaluation of proposals and the determination of the most appropriate ways to use UAS.

Key words

Unmanned Aircraft, Unmanned Aircraft System, Václav Havel Airport Prague, Airport Operations, UAV, UAS

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	7
Úvod	10
1. Bezpilotní systémy	11
1.1. Vymezení pojmů a jejich druhy.....	11
1.2. Dělení bezpilotních systémů dle použití.....	12
2. UAS na letištích.....	13
2.1. Aktuální povědomí o UAS na letištích.....	14
2.2. Nejběžnější využití UAS na letištích	15
2.3. Specifické využití UAS na letištích.....	15
2.4. Shrnutí využití UAS na letištích a nové způsoby využití.....	17
3. Legislativní podmínky pro UAS.....	18
3.1. Současný stav legislativy pro bezpilotní systémy v ČR.....	18
3.1.1. Opatření obecné povahy	18
3.1.2. Dělení provozu UAS podle EU	19
3.2. Nová nařízení a významné změny legislativy	20
3.3. Legislativní podmínky pro UAS při použití na letištích a v jejich okolí	21
4. Koncepční řešení využití UAS při použití na LKPR.....	24
4.1. Analýza letištního prostoru	24
4.2. Analýza procesů na LKPR v rámci údržby.....	26
4.3. Analýza procesů na LKPR v rámci technického handlingu	27
4.4. Využití UAS v procesech údržby	28
4.4.1. Kontrola stavu letištních ploch.....	28
4.4.2. PAPI (Indikace sestupové roviny pro přesné přiblížení).....	30
4.4.3. ALS (Approach lighting system; Přibližovací světelná soustava)	31
4.4.4. ILS (Instrument landing system; Přístrojový přistávací systém)	32
4.4.5. LIGHTS (Letištní pozemní světelné zabezpečení).....	33
4.4.6. VOR a D-VOR.....	33
4.4.7. DME (Distance Measuring Equipment).....	34
4.4.8. RDF (Radio direction finder)	34
4.4.9. Ostatní inspekce/kontroly	35
4.4.10. Inspekce letadel uvnitř hangáru.....	36
4.5. Využití UAS v procesech technické obsluhy	40
4.5.1. Předletová kontrola letadla drony	40
4.5.2. Navádění letadel pomocí dronu na parkovací stání	41
4.5.3. Pozorování procesu handlingu na letištní odbavovací ploše.....	41

4.5.4. De-icing a anti-icing pomocí dronů	42
4.6. Řízený společný prostor pro provoz UAS	43
4.7. Řízení pohybu UAS ve vzdušném prostoru LKPR	44
4.7.1. Správa zabezpečení vzdušného prostoru	45
4.7.2. Řízení provozu UAS v letištním vzdušném prostoru	45
4.7.3. Správa provozu UAS	47
4.8. Zázemí pro UAS na letišti	47
5. Zhodnocení návrhů	48
6. Diskuse	51
Závěr	54
Seznam použitých zdrojů	57
Seznam obrázků	65
Seznam tabulek	66

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický ekvivalent	Český ekvivalent
ACU	Air conditioning unit	Klimatizační jednotka
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast	Automatický závislý přehledový systém-vysílání
AGL	Above ground level	Nad úrovní země
ALS	Approaching Lighting System	Přibližovací světelná soustava
ANA	All Nippon Airways	Všechny japonské aerolinky
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
ATM	Air traffic management	Uspořádání letového provozu
ANS	Air Navigation Services	Letové navigační služby
ATZ	Aerodrome Traffic Zone	Letištní provozní zóna
BLIP	Broadcast Location and Identification Platform	Platforma pro vysílání a identifikaci polohy
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight	Bez přímého vizuálního dohledu pilota
CTR	Control Zone	Řízený okresek
CONOPS	Concept of operations	Provozní koncepce
ČR	Czech Republic	Česká republika
DDM	Difference in Depth of Modulation	Rozdíl v hloubce modulace
DME	Distance Measuring Equipment	Zařízení pro měření vzdálenosti
D-VOR	Doppler VOR	Doplerovský VOR
EASA	European Aviation Safety Agency	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
EU	European Union	Evropská unie
FOD	Foreign Objects Debris	Výskyt cizích předmětů
GIS	Geographic Information System	Geografický informační systém
GPS	Global Positioning System	Globální polohový systém
GPU	Ground Power Unit	Pozemní pohonná jednotka
CHKO	_____	Chráněná krajinná oblast
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
ILS	Instrumental Landing System	Přístrojový přistávací systém
LIDAR	Light Detection And Ranging	Detekce světla a rozsahu

LIGHTS	_____	Letištní pozemní světelné zabezpečení
LKD	Danger Area	Nebezpečný prostor
LKP	Prohibited Area	Zakázaný prostor
LKPR	Václav Havel Airport Prague	Letiště Václava Havla Praha
LKR	Restricted Area	Omezený prostor
LPS	_____	Lékařské pohotovostní služby
LUC	Light UAS operator Certificate	Osvědčení operátora lehkých bezpilotních systémů
MCTR	Military Control Zone	Vojenský řízený okresek
MEHT	Mimumum Eye Height over Threshold	Minimální výška oka (kokpitu) nad prahem dráhy
MRO	Maintenance, Repair and Operations	Služba údržby, úprav a generálních úprav
PAPI	Precision Approach Path Indicator	Indikace přestupové roviny pro přesné přiblížení
RDF	Radio Direction Finder	Směrový radiozaměřovač
RPAS	Remotely piloted aircraft system	System dálkově řízeného letadla
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
ŘLP	_____	Řízení letového provozu
SDM	Sum of Depth of Modulation	Součet hloubek modulace
SESAR	Single European Sky ATM Research	Jednotné evropské nebe
SLZ	_____	Plocha pro vzlety a přistání sportovních létajících zařízení
SRA	Segregated Area	Vyhrazený bezpečnostní prostor
STS	Standard Scenario	Standardní scénář
TRA	Temporary Reserved Area	Dočasně rezervovaný prostor
TSA	Temporary Segregated Area	Dočasně vyhrazený prostor
TWY	Taxiway	Pojezdová dráha
UA	Unmanned aircraft	Bezpilotní letadlo
UAS	Unmanned aircraft system	Bezpilotní systém
UAV	Unmanned aeral vehicle	Bezpilotní letadlo (USA)
ÚCL	_____	Úřad Civilního Letectví
UTM	Unmanned traffic management	Řízení provozu bezpilotních letadel
VDGS	Visual Docking Guidance System	Vizuální dokovací naváděcí systém
VIP	Very Important Person	Velmi důležitá osoba

VKV	_____	Velmi krátké vlny
VLOS	Visual Line of Sight	Provoz ve vizuálním dohledu
VOR	Very High Frequency Omni-directional Radio Range	Všesměrový radiomaják

Úvod

Jelikož bezpilotní systémy v poslední době zaznamenávají velký pokrok nejenom pro amatérská využití, ale i v mnoha oblastech pro komerční použití, je předpokladem, že se tak bude dít i nadále. Lidstvo se totiž postupně snaží drony využívat více a více ve svůj prospěch a pro zefektivnění potřebných prací různorodého charakteru napříč obory. Občané si do budoucna budou muset začít postupně zvykat, že jim tyto efektivní systémy vstoupí do života a budou je obklopotvat z více stran čím dál častěji a stanou se z nich běžní pomocníci jako třeba robotické vysavače. Zanedlouho se totiž drony stanou nedílnou součástí leteckého provozu a budeme je vídat ve vzdušném prostoru čím dál frekventovaněji. Tato práce se zaměřuje na zatím méně prozkoumanou oblast, kterou je používání bezpilotních systémů na řízených letištích. Konkrétně se tato práce zabývá integrací bezpilotních systémů v rámci procesů údržby a obsluhy pro Letiště Václava Havla Praha. Používání dronů na řízených letištích je velmi čerstvé téma, které bylo velkou výzvou i motivací pro průzkum současného stavu. Další výzvou pak byl návrh integrace dronů do procesů na největším pražském letišti, při kterém pomohl rozhovor s Ing. Sabinou Lajdovou, specialistkou na bezpečnostní systémy na LKPR. Pokud by se v reálném světě integrace bezpilotních systémů podařila, tyto systémy by mohly ušetřit práci člověku a zredukovat náklady na danou činnost napříč všemi možnými procesy, na které by šlo použít dron v rámci prostoru celého letiště.

Cílem této práce je navrhnout možné využití UAS v rámci provozu letiště a na letišti se zaměřením na oblast využití UAS v procesech údržby a technického handlingu.

Jelikož se v současné době každý poskytovatel služeb snaží co nejvíce ušetřit a zefektivnit svou práci neboli službu, je zapotřebí v dnešním, rychlém a moderním světě využívat co nejvíce zjednodušujících technologií, které šetří čas a peníze. To právě vyspělé drony mohou přinést do prostředí letišť, a zajistit tak stejně dobře odvedenou práci, ale za kratší čas, nižší náklady a méně úsilí.

1. Bezpilotní systémy

Bezpilotní systémy (UAS – Unmanned Aircraft System) mají už poměrně dlouholetou tradici, ale větší rozmach se uskutečnil až zhruba před deseti lety, kdy se postupně začaly distribuovat na trh bezpilotní systémy pro civilní využití. Dnes už mají zastoupení ve velké škále odvětví a stále se počty různého využití navyšují. Bezpilotní systémy, jak už z názvu vyplývá, jsou systémy pohybuující se ve vzdušném prostoru, ale bez pilota na palubě. Tato část práce se zabývá vysvětlením toho, co jsou to bezpilotní systémy. Dále je zapotřebí vymezit určité pojmy a definovat druhy UAS. Následně se tato část zaměří na veškerá možná využití bezpilotních systémů. A nakonec vydefiniuje možné procesy a vybavení bezpilotních systémů týkající se údržby a obsluhy na letišti.

1.1. Vymezení pojmů a jejich druhy

Bezpilotní systémy mají v dnešní době mnoho zkratk a již si vysloužily i mnoho laických označení. Prvním označením, které přišlo spíše z amerického kontinentu je UAV (*Unmanned Aerial Vehicle; Bezpilotní letecký prostředek*). V Evropě se používalo jako odborné označení RPAS (*Remotely Piloted Aircraft system; Dálkově řízený letadlový systém*). Jako zastřešující označení se může použít UAS (*Unmanned Aerial system; Bezpilotní systém*), které přišlo poté. Momentálně se bezpilotní systémy označují zkratkami UA, UAS nebo jednoduše *dron*. V dnešní době označení *dron*, pod kterým si člověk může představit opět celou řadu dálkově řízených „koptér“ či letadel, je už považováno za odborné synonymum pro UA (*Unmanned Aircraft, Bezpilotní letadlo*). Avšak pod pojmem *dron* si neznalá veřejnost stejně nejčastěji představí čtyřvtulovou multikoptéru neboli kvadroptéru. [1]

Do konce roku 2020 se v České republice s drony létalo podle doplňku X předpisu L 2 Úřadu pro civilní letectví. [2] Dnes je tomu ale jinak, neboť 31. 12. 2020 začala v ČR platit nová pravidla vycházející z legislativy Evropské unie.

Zde je několik základních pojmů z ní vyplývajících [5], [6]:

1) „bezpilotní letadlo“ (UA) - *letadlo provozované nebo projektované pro autonomní provoz nebo pro pilotování na dálku bez pilota na palubě;*

2) „vybavením pro řízení bezpilotních letadel na dálku“ - *nástroj, vybavení, mechanismus, aparatura, příslušenství, software nebo doplněk, který je potřebný pro bezpečný provoz bezpilotního letadla, není letadlovou částí a není na palubě daného bezpilotního letadla;*

3) „bezpilotní systém“ (UAS) - *bezpilotní letadlo a vybavení pro jeho řízení na dálku;*

4) „*provozovatelem bezpilotního systému*“ - *právnícká nebo fyzická osoba provozující nebo zamýšlející provozovat jeden nebo více bezpilotních systémů.* [6], [30]

„*autonomním provozem*“ - *provoz, při kterém je bezpilotní letadlo provozováno bez možnosti zásahu dálkově řídicího pilota;*[5]

„*dálkově řídicím pilotem*“ - *fyzická osoba odpovědná za bezpečné provedení letu bezpilotního letadla ovládáním jeho letových ovládacích prvků, a to buď manuálně, nebo v případě, že bezpilotní letadlo létá automaticky, tím, že monitoruje jeho letovou dráhu a je neustále schopna kdykoli zasáhnout a jeho letovou dráhu změnit;*[6], [30]

1.2. Dělení bezpilotních systémů dle použití

Hlavní rozdělení bezpilotních systémů je na vojenské a civilní. V armádě se bezpilotní systémy používají již velmi dlouho, a to už od poloviny 19. století. Existuje spousta druhů, modifikací a typů dle využití. Nicméně tato práce se plně zabývá civilními bezpilotními systémy. Základní rozdělení civilních bezpilotních systémů je na drony pro hobby účely, poloprofesionální bezpilotní systémy a na profesionální stroje, které už jsou využívány v čistě profesionálních sférách.

V následujících odstavcích se tedy práce zabývá rozdělením bezpilotních systémů dle využití v různých kategoriích. Jedním z nich je rozdělení na *cíle a návnady*. Tyto bezpilotní systémy poskytují pozemní a vzdušné cíle simulující nepřátelská letadla nebo střely. Dalším dělením je na *průzkumné UAS*, které dokážou poskytovat informace o bojovém poli. Potom můžeme mluvit o čistě bojových dronech, které jsou už schopné i útoku ve velmi rizikových misích.

Dále mohou být bezpilotní systémy *výzkumné a vývojové*, které se používají k dalšímu vývoji UAV technologií. [14] Zastoupení mají drony také v *záchranných službách*, kde mohou posloužit pro průzkum oblastí postižených pohromou, pátrat po nezvěstných osobách, mohou hlásit výskyty požárů či přepravovat lékařský materiál nebo potraviny. V návaznosti na záchranné služby lze bezpilotní systémy využít i v *bezpečnostních službách*, kde jsou schopné zajistit pronásledování a vyhledávání osob a vozidel, záchranu lidí v horském prostředí nebo mohou zajišťovat ostrahu různým objektům. *Logistika* je další z možných využití UAS, kde jsou schopné zajistit například přepravu zásilek k zákazníkovi. Jako následující oblastí použití bezpilotních systémů je *zemědělství*. V zemědělství se drony dají využít na chemické ošetření plodin, mapování úrody nebo potom pro sledování pohybu zvěře či přítomnosti pytláků. Jednou z hodně rozšířených oblastí používání dronů jsou *média a komunikace*. V těchto sférách se drony využívají například k filmování, fotografování, natáčení sportů tedy veřejných vystoupení a nově i uskutečňování reklamních přeletů. Další oblastí využívání UAS je čistě pro *hobby účely a zábavu*. Jelikož jsou drony v dnešní době opravdu dobře dostupné i za velmi nízké

ceny, tak si široká veřejnost samozřejmě za určitých pravidel může létat, fotit a natáčet si různá místa pro sebe a soukromé účely. Následující sférou využití dronů může být ve *stavebnictví*. Zde mohou bezpilotní systémy dokumentovat budovy během stavby, pomáhat u různého zaměřování a kontroly přesnosti při stavbě velkých staveb. Lze také vytvářet 2D nebo 3D mapy, ze kterých je možné následně počítat například kubatury zeminy a podobně. Potom zde může být zahrnuta *inspekce různých objektů a věcí*. Například střech velkých budov, mostů, větrných elektráren či elektrického vedení. Následně se bezpilotní systémy také dají využít k *mapování* terénu, ropovodů, elektrického vedení, silnic, železnic, sledování pandemické situace, jestli lidé dodržují opatření vydané vládou, ke střežení prostoru moře u pláže s možným výskytem žraloků, a tedy případnému ohlášení kritické situace přítomným osobám na pláži. V neposlední řadě se drony budou využívat i jako *dopravní prostředek pro cestující*. [54]

Samozřejmě zde nejsou ani nemohou být uvedeny všechny možné oblasti využití bezpilotních systémů, jelikož je jich v dnešní době opravdu hodně a do budoucna další použití UAS bude přibývat. V tabulce 1. je procentuálně znázorněno rozdělení trhu s drony z pohledu jednotlivých služeb napříč obory. Podle průzkumu od společnosti Drone industry insights [65] z roku 2018 je vidět, že drony jsou zastoupeny v mnoha oblastech, jak je uvedeno v předchozích odstavcích a představují poměrně velké zastoupení především v oblasti mapování a inspekce viz tabulka 1. [65]

Tabulka 1: Rozdělení trhu s drony z pohledu služeb z roku 2018; [65]

Mapování	Sběr dat neoptickými senzory	Transport	Bezpečnostní služby, monitorování	Inspekce	Média a zábava	Ostatní
79%	15%	5%	33%	53%	35%	19%

2. UAS na letištích

Využití bezpilotních systémů se neustále zvyšuje a velmi tomu napomáhají přibývajících moderní technologie a také změny v legislativních nařízeních. Bepilotní letadla hlavně mají ušetřit práci lidem, napomocť při zachování lidských životů, být účinnější, šetrné k životnímu prostředí a zredukovat náklady na danou činnost napříč různými obory. Výhodou bezpilotních systémů je, že se dají různě upravovat, modifikovat či osazovat víceúčelovými doplňky vždy podle potřeby, které zvyšují a zkvalitňují využitelnost těchto systémů v praxi.

2.1. Aktuální povědomí o UAS na letištích

Perspektiva, která v dnešní době ještě není zatím tak diskutovaná, se týká výhod používání dronů na letištích. Slovo dron je v dnešní době často spojováno s letištem v rámci nějakých negativních událostí či situací. Avšak použití bezpilotních systémů na letištích může být i velkým přínosem pro dané letiště.

Negativní stránkou v rámci používání dronů na letišti, byly incidenty dronů s letišti jako jsou například Gatwick, Heathrow a Newark. [7], [9], [11] Tyto incidenty byly většinou způsobeny tím, že se drony dostávají do rukou amatérů, kteří tím, že létají tam kde nemají, dokážou paralyzovat provoz celého letiště. Když se taková událost stane způsobí to letišti ohromné škody v řádu desítek milionů liber jako třeba na letišti Gatwick [8], [10], [12], kde toto narušení provozu způsobilo zrušení 400 letů, dotklo se 82 tisíc cestujících a například aerolince EasyJet způsobilo škodu 15 milionů liber na odškodnění pasažérů.

Z tohoto důvodu by všichni provozovatelé a piloti dronů měli dbát všech legislativních opatřeních, která prošla v roce 2019 obnovou a začala platit počátkem roku 2020 [5], [6], čímž také začalo být kladeno větší důraz na tyto regule ze strany států a jsou vymáhána čím dál více.

Všechny zmíněné incidenty však nebyly úplně ověřené jako incidenty. Z toho důvodu by si někteří mohli myslet, že bezpilotní letadla přináší více problémů než užitku ve spojení s letištem. Jak práce zmiňuje, obecně jsou bezohledné operace s drony prováděny provozovateli s nízkým až žádným vědomím o leteckých předpisech nebo bezpečnosti.

Nicméně použití dronů na letištích přináší mnoho výhod. [7], [13] Možná aplikace bezpilotních systémů na letištích skrývá až nečekaně velké množství procesů (viz tabulka 2), úkolů neboli pracovních nasazení, kde se mohou uplatnit, zefektivnit a zjednodušit tak procesy, vykonávané mnohdy časově náročnějšími, méně efektivními a také neekonomickými způsoby. Samozřejmě s integrací bezpilotních systémů na letiště je třeba brát v potaz rizika, řízení, komunikaci a rozsáhlá povolení pro umožnění vykonávání leteckých prací drony.

Například na letišti v Manchesteru se v současné době provádějí dronové testy, které se týkají benefitů pro letiště, jako je například inspekce přistávací a vzletové dráhy, ochrana perimetru nebo detekce nežádoucích předmětů v prostorách celého letiště. [7]

2.2. Nejběžnější využití UAS na letištích

První z užitečných funkcí UAS na letišti je *kontrola letištní infrastruktury*. Drony lze použít k poskytování 3D realistických map letiště, například přistávacích drah a kombinovat je s programy letištního geografického informačního systému (GIS - Geographic Information System) ve velmi krátkém časovém úseku pro rutinní údržbu a s velmi vysokou úrovní přesnosti. 3D mapy lze také využít pro vizualizaci ochranných pásem a případně do nich zakreslovat změny v průběhu fungování letiště. Existuje spousta různých softwarů, například od firmy DroneDeploy [46], které dokáží zaznamenávat informace GPS (Global Positioning System; Globální polohový systém) a následně je vkládat do fotografií. Fotografie s přiřazenými informacemi GPS se dají spojit dohromady, aby poskytly jeden dvourozměrný nebo trojrozměrný obraz fotografované oblasti s vysokým rozlišením. [7], [15]

Druhým využitím bezpilotních systémů na letišti je *ochrana perimetru letiště*. Drony lze použít k podpoře ostrahy, kdy se jejich obsluha zajišťuje prostřednictvím řídicího centra, aby bylo možné rychle reagovat na hrozby a bezpilotní systémy zároveň působily jako výstraha pro okolí. Například upoutané drony mohou zůstat ve vzduchu po delší dobu, na rozdíl od běžných dronů, které vydrží ve vzduchu mezi 20 až 30 minutami. [7] Upoutané drony mohou mít pozemní zdroj napájení ukotvený třeba na automobilu, díky kterému se může dron použít v různých místech kolem celého perimetru letiště po delší dobu. [76]

Jako třetí použití UAS je *detekce cizích objektů*. Drony lze použít k zajištění letecké detekce cizích objektů, což nahrazuje současný proces, kdy se detekce musí provádět vizuálně okem z automobilu. [7]

Čtvrtou funkcí, co mohou drony plnit na letišti je *inspekce bezpilotními systémy obecně*. Do této kategorie spadá asi nejvíce podkategorií v rámci vykonávaných inspekcí na letišti. Stejně jako u snímání stavu drah na letišti mohou být drony použity k poskytování leteckých průzkumů budov terminálů ze vnějšku i z vnitřku, a i celého letištního areálu v rámci běžné údržby. Díky dronům lze také vytvářet dokumentace o stavbách, výstavbách chodníků, drah či různých značení, a dokonce i bezpečnostních kontrol. Do inspekce neboli údržby objektů na letišti se může dále řadit zkoumání fyzického stavu parkovišť, bezpečnostních oplocení, větrných rukávů, bezpečnostních oblastí, navigačních systémů, značek, značení, a dále i značení pojezdových a přistávacích drah. [7], [15]

2.3. Specifické využití UAS na letištích

Jedním z prvních specifických využití UAS na letišti je *výstavba nových letišť nebo jejich rozšiřování*. Drony mohou být použity ke sběru informací o průzkumu země před zahájením projektu a mohou pomoci sledovat a dokumentovat průběh projektu během fází

výstavby. Fotografie dronů mohou inženýrům pomoci sledovat časové harmonogramy projektů a identifikovat problémové oblasti, které nesplňují specifikace nebo standardy projektu. [15]

Jako druhou specifickou metodou využití dronů je *biologická ochrana letišť* drony. Jedním z nejzajímavějších způsobů použití bezpilotních systémů v letištním prostředí je problematika zmírňování nebezpečí divokých zvířat. Vzhledem k tomu, že odpovědnost za řešení ohrožení volně žijících živočichů v bezprostřední blízkosti letiště leží na provozovateli letiště, je důležité mít k dispozici rozmanitou sadu nástrojů pro ochranu volně žijících živočichů. Ukázalo se, že drony jsou zvláště účinné při pasivním zmírňování volně žijících živočichů, jako je například průzkum rybníků, luk nebo dokonce lesů, které se nacházejí v prostorách mimo perimetr letiště. Drony však mohou být také mimořádně účinné v použití při rozhánění ptactva pohybujícího se na letištích. [15]

Třetím a dalším specifickým využitím UAS v rámci letiště je u *záchranných složek*. Drony jsou používány jako užitečný nástroj pro policejní, hasičské, a dokonce lékařské pohotovostní služby (LPS). Komunikace a situační povědomí jsou mimořádně důležité, když dojde k jakékoli nehodě. To platí zejména v případě havárií letadel, kdy například unikající palivo představuje při pokusech o záchranu obrovské riziko. [15]

Čtvrtou specifickou oblastí využití dronů na letištích je *marketing*. Správci letištního majetku a ekonomové letiště mohou z fotografií či videí, které mohou drony na letištích zachytit, velmi těžit. Mnoho letišť má k dispozici pozemky a budovy, které musí inzerovat potenciálním podnikům a nájemcům za účelem pronájmu nebo rozvoje. Fotografie či videa z dronů lze pak použít k propagaci a prodeji dostupných letištních pozemků nebo infrastruktury. [15]

Dalším specifickým využitím bezpilotních systémů, kterou zmiňuje tato práce je *výcvik zaměstnanců*. Dron lze použít ke sběru obrázků či videí letištních značek, značení, infrastruktury, demonstrací výcviku atd. Tyto obrázky a videa mohou být začleněny do výcvikových programů, jako je výcvik řidičů na letištích, výcvik policie na letištích, výcvik hasičů, výcvik lékařské pohotovostní služby, a mohou sloužit i jako výcvikový materiál leteckých společností. [15]

Tyto příklady jsou však pouze špičkou ledovce, pokud jde o použití a potenciál. To dokazuje pozitivní dopad, který může mít technologie dronů na mnoho aspektů našeho života, jako třeba zmírnění rizik pro naše životy.

2.4. Shrnutí využití UAS na letištích a nové způsoby využití

Tabulka 2: Rozdělení využití bezpilotních systémů na letišti a nové způsoby využití

	Kategorie využití	(A) První možné využití	(B) Druhé možné využití
1	Policie, Bezpečnost (security)	Ochrana perimetru letiště - zabránění vniknutí nežádoucích osob a vozidel, hledání problematických osob	Detekce cizích, nežádoucích předmětů na letišti
2	Maintenance (údržba)	Kontrola všech letištních ploch, PAPI, ALS, LIGHTS, ILS/VOR, D-VOR, DME, RDF	Údržba terminálů a jejich kontrola - kontrolování technického stavu. Kontrola značení, značek, větrného rukávu atd.
3	Technický handling (obsluha)	Předletová kontrola letadla drony - proskenování letadla s využitím dronů	Měření na parkovací místo – dokovací dron
4	Hasiči	Dron s termokamerou - detekce rizikové teploty, které mohou způsobit požár. V případě požáru, detekce jeho ohniska.	Hasící dron - schopnost nést hasící předměty nebo hasící techniku
5	Lékařské služby	Dron jako defibrilátor, lékárnička	Komunikace a vizuální situační povědomí při nehodách
6	Biologická ochrana letišť drony	Rozhánění ptactva	Dohled nad pohybem ohrožených zvířat v rámci letištního prostoru
7	Informační dron	Informuje zaměstnance, co mají dělat, kam mají jít atd.	Reklama na letišti
8	Naváděcí využití dronů	Částečné nahrazení systému přesného přiblížení letadel na přistání (ILS) v případě nefunkčnosti nebo výpadku elektrického proudu	Spolupracuje s cestujícími v rámci terminálu - navádí lidi po terminálu místo informačních šipek
9	Rychlejší pohyb po letišti pomocí dronů	Urychlení pohybu zaměstnanců, v rámci letištního prostoru	VIP převoz cestujících k letadlům
10	Uklízeč dron	Pro úklid terminálů (mytí oken)	Mytí letadel, úklid letištních ploch
11	Kontrola zavazadel pomocí dronů	Bezpečnostní skenování zavazadel rentgenem	Dohled nad nakládáním zavazadel

3. Legislativní podmínky pro UAS

Stejně tak, jako řízení například pozemních vozidel, podléhá i létání s drony určitým pravidlům, jejichž účelem je zajistit především bezpečnost všech osob i veškerého majetku. Bezpečnost je totiž jednou z nejvyšších priorit pro jakýkoli letecký provoz.

3.1. Současný stav legislativy pro bezpilotní systémy v ČR

V současné době se na bezpilotní systémy v České republice vztahuje několik předpisů.

Je to nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2019/945 ze dne 12. března 2019 o bezpilotních systémech a o provozovateli bezpilotních systémů ze třetích zemí. [6] Potom je to prováděcí nařízení Komise (EU) 2019/947 ze dne 24. května 2019 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel. [5] Dále je to nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139 ze dne 4. července 2018 o společných pravidlech v oblasti civilního letectví a o zřízení Agentury Evropské unie pro bezpečnost letectví. [30] A jako poslední nejnovější předpis je Opatření obecné povahy vydané Úřadem pro civilní letectví, detailně upravující národní pravidla provozu platící od 31.12.2020. [31]

3.1.1. Opatření obecné povahy

„Podle článku 15 prováděcího nařízení Komise (EU) 2019/947 ze dne 24. května 2019 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel, v platném znění se s účinností od 31. 12. 2020 zřizuje v České republice nový omezený prostor LKR10 – UAS, jehož smyslem je zachování stávající územní ochrany České republiky, zajištěné platným regulačním rámcem civilního letectví, který tvoří především zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, vyhláška č. 108/1997 Sb., kterou se provádí zákon o civilním letectví, ve znění pozdějších předpisů a letecké předpisy řady L, vydané Ministerstvem dopravy k provedení zákona o civilním letectví, ve vztahu k problematice bezpilotních systémů pak zejména letecký předpis L 2, Pravidla létání, včetně jeho Doplnku X, upravujícího komplexně provoz bezpilotních letadel v podmínkách České republiky, včetně územní ochrany České republiky.“ [27]

„Uvedeným opatřením by měl být zajištěn plynulý a hladký přechod ze stávajícího regulačního rámce národního na jednotný evropský regulační rámec se zachováním rozsahu územní ochrany, resp. v České republice dlouhodobě zavedené a osvědčené praxe.“ [27]

Shrnutí hlavních bodů Opatření obecné povahy [29]:

1. Zřízení nového omezeného prostoru LKR10 – UAS. ÚCL zřizuje nový omezený prostor, který umožňuje uplatnění dodatečných podmínek. Tento prostor má 2 hranice. Vertikální

vymezení platí od zemského povrchu do FL660 (zhruba 20 km) a horizontální ohraničení kopíruje hranice ČR, je tedy platný na celém území ČR. Není-li stanoveno jinak, létání s dronem může být prováděno pouze ve vzdušném prostoru třídy G a do výšky 120 m nad zemí.

2. Ostatní prostory v rámci LKR10 – UAS. CTR (Control zone; Řízený okrsek) a MCTR (Military control zone; Vojenský řízený okrsek) a ATZ (Aerodrome traffic zone; Letištní provozní zóna) jsou popsány v podkapitole 3.3. Dále jsou to registrované plochy SLZ (Sportovní létající zařízení), kde je let možný jen na základě splnění podmínek provozovatele této plochy a piloti dronů musí létat tak, aby neohrozili lety letadel SLZ. V prostorách jako jsou zakázaný prostor (LKP), omezený prostor (LKR), nebezpečný prostor (LKD), dočasně vymezený prostor (TSA) a dočasně vyhrazený prostor (TRA) není možné létat vůbec, pokud ÚCL nevydá oprávnění k provozu na základě podané žádosti.

3. Hustě osídlený prostor. Hustě osídlený prostor je definován jako prostor, který je ve městě nebo jiné obci používán převážně k bydlení, obchodním činnostem nebo rekreaci. Za hustě osídlený prostor tedy nejsou považovány parky, louky, pole, jednoduše prostory bez staveb, bez infrastruktury (silnice, chodníky, koleje) a bez osob, které by mohly být ohroženy. Provoz v hustě osídleném prostoru je zakázán s výjimkou dronů, které nepodléhají registraci a dronů ve specifické a certifikované kategorii s oprávněním k provozu vydaným ÚCL.

4. Ochranná pásma. Existuje 6 ochranných pásem, v rámci kterých lze létat pouze s povolením úřadu vydaným na základě žádosti. Tato pásma jsou podél nadzemních dopravních staveb, podél tras nadzemních inženýrských sítí, podél tras nadzemních komunikačních sítí, uvnitř zvláště chráněných území, v okolí vodních zdrojů a v okolí objektů důležitých pro obranu státu. Nově je ovšem možné létat ve IV. zóně CHKO, pokud u toho nebudou rušeny chráněné druhy živočichů.

5. Pravidla přednosti. Bezpilotní letadlo je vždy povinno dát přednost letadlům s osádkou (včetně sportovních létajících zařízení). [29]

3.1.2. Dělení provozu UAS podle EU

Provoz bezpilotních systémů se dělí do třech hlavních kategorií. Rozlišujeme bezpilotní systémy „otevřené“ kategorie což je kategorie provozu bezpilotních systémů, u kterých s ohledem na související rizika není vyžadováno předchozí povolení příslušného úřadu ani prohlášení provozovatele UAS před uskutečněním provozu. [28]

Potom je zde „specifická“ kategorie, která je kategorie provozu bezpilotních systémů, u kterých je s ohledem na související rizika vyžadováno povolení příslušného úřadu před uskutečněním provozu. S výjimkou určitých standardních scénářů, u kterých je prohlášení provozovatele

dostačující, nebo případu, kdy je provozovatel držitelem osvědčení provozovatele lehkého UAS (LUC – Light UAS operator Certificate) s příslušnými právy. LUC umožňuje vlastní individuální posuzování provozních rizik a následné samoschvalování vlastních letů i nad rámec omezení stanovených ve standardním scénáři. Standardní scénář (Standard scenario - STS) je jedním z postupů, kdy provozovateli stačí vydat prohlášení, že tento provoz bude probíhat v souladu s pravidly daného scénáře. Takový let bude vždy prováděn do výšky 120 m AGL, a to buď v řízeném nebo v neřízeném prostoru. Let na základě prohlášení o souladu s daným STS bude možné provést dronem o velikosti viz tabulka 3. [28]

Tabulka 3: Dělení dronů podle velikosti v rámci letů s daným STS (Standard scenario – Standardní scénář) ve specifické kategorii [28]

**) VLOS (Visual Line of Sight): přímý vizuální dohled pilota.*

****) BVLOS (Beyond Visual Line of Sight): bez přímého vizuálního dohledu pilota.*

Max. velikost dronu	Typ letu	Letová omezení
1 m	VLOS *)	nelze létat nad shromážděními osob
3 m	VLOS *)	lze létat jen nad plochou, kde se nacházejí pouze zapojené osoby; nelze létat nad shromážděními osob
1 m	BVLOS **)	lze létat nad řídcem osídlenými oblastmi, s využitím pozorovatele
3 m	BVLOS **)	lze létat jen nad plochou, kde se nacházejí pouze zapojené osoby

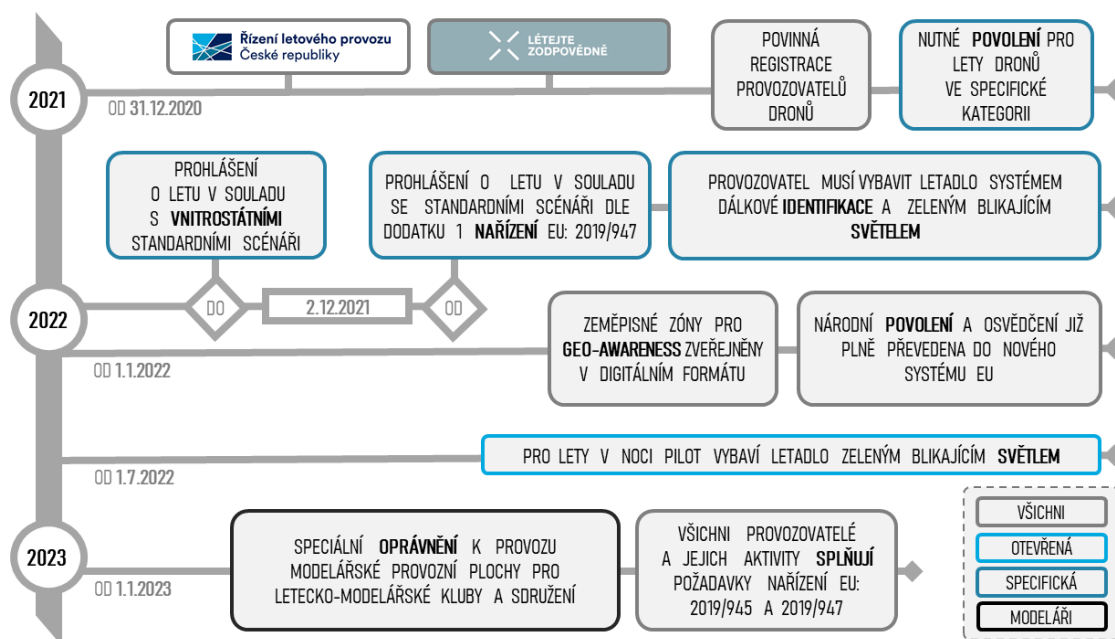
A třetí a poslední kategorií je kategorie „certifikovaná“ což je kategorie provozu bezpilotních systémů, u kterých je s ohledem na související rizika vyžadována certifikace bezpilotního systému, osvědčení způsobilosti dálkově řídicího pilota a schválení provozovatele příslušným úřadem, aby byla zajištěna odpovídající úroveň bezpečnosti. [29]

3.2. Nová nařízení a významné změny legislativy

Tím že Evropská unie vydala nová nařízení pro UAS je možné se zaměřit na významné změny. Tato část zmiňuje nová nařízení pro vzdušný prostor, další připravované kroky a přechodné období, než začnou všechna zatím nezavedená nařízení od EU platit ve všech členských státech (viz obrázek 1).

Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví vydala za pomoci Evropské komise 22. dubna 2021 tři nařízení jejichž předmětem je ustanovení vzdušného prostoru s kontrolovaným provozem dronů, takzvaný U-space. [19]

Na obrázku 1. je uvedena časová osa zavádění nových pravidel pro UAS od přelomu roku 2020 do roku 2023.



Obrázek 1: Časová osa zavádění nových pravidel pro drony 2020-2023 [18]

3.3. Legislativní podmínky pro UAS při použití na letištích a v jejich okolí

Pro použití a implementaci bezpilotních systémů v ostrém provozu letiště je zatím ve fázi počátku a vývoje. V současné době je provoz bezpilotních systémů na letištích a v jeho okolí zakázán nebo značně omezen (viz obrázek 2 a 3). Přesto se v poslední době objevují firmy a společnosti jako je třeba Španělská firma Canard, které už začaly provádět první zakázky ve spoustě zemích světa. Tyto zakázky či první pokusy o implementaci UAS do letištního prostředí jsou samozřejmě v souladu s předpisy ICAO a jsou možné uskutečňovat díky výjimkám a zvláštním povolením od provozovatelů letišť a leteckých úřadů. Problémem je letištní prostor, kde je mnoho faktorů, které se nejprve musí řádně zohlednit a nastavit celý systém provozování bezpilotních systémů na letišti tak, aby byl především bezpečný a byl v souladu se všemi předpisy letiště.

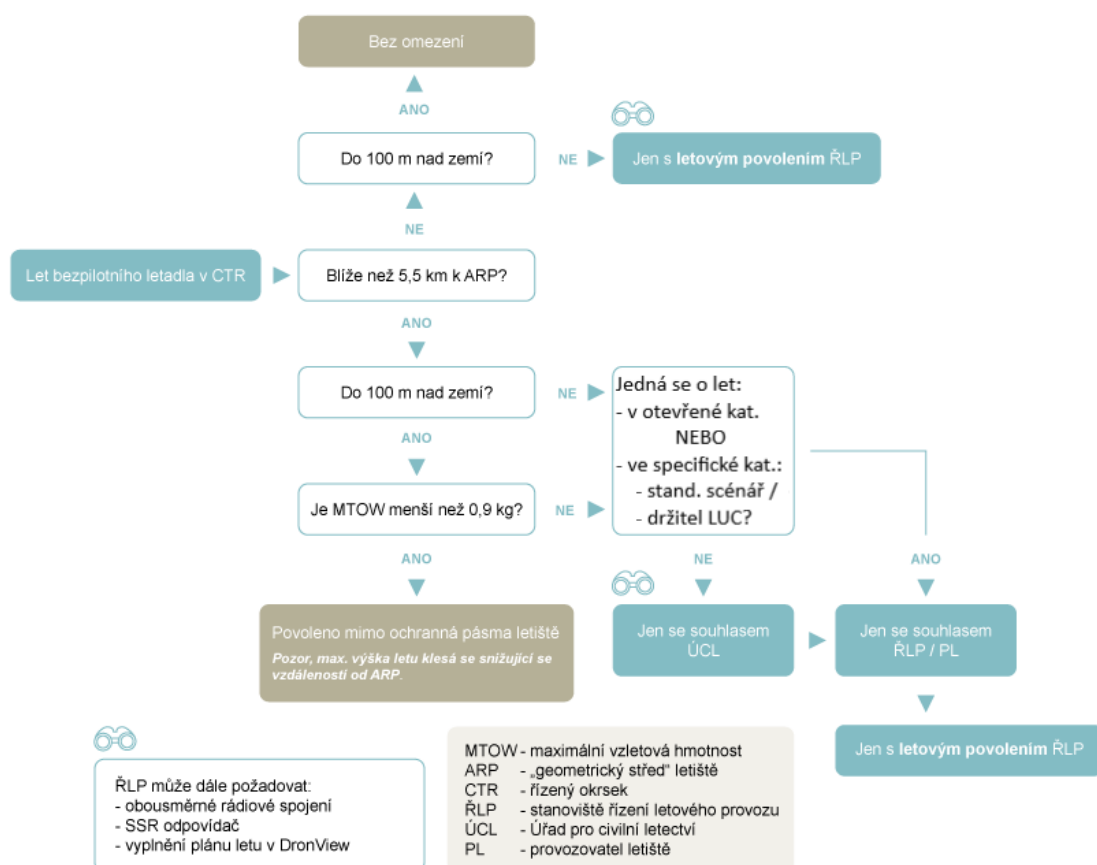
Legislativa momentálně umožňuje létání s bezpilotními letadly v blízkosti nebo přímo na řízených či neřízených letištích v ČR za určitých podmínek (viz obrázek 2 a 3).

CTR (Control zone – Řízený okrsek) a MCTR (Military control zone – Vojenský řízený okrsek)

Provoz je povolen pouze do 100 m AGL a alespoň 5500 m od vztažného bodu letiště (= bod, který určuje zeměpisné umístění letiště pomocí zeměpisných souřadnic).

Pokud by 5500 m od vztažného bodu pilotům nestačilo a chtěli by se dostat s dronem blíže, je zapotřebí kontaktovat místní řízení letového provozu a provozovatele letiště s žádostí o povolení k letu.

S dronem do 0,91 kg je možné létat i blíže, ale pouze mimo ochranná pásma s výškovým omezením staveb. A to i bez koordinace s místním řízením letového provozu. [29]

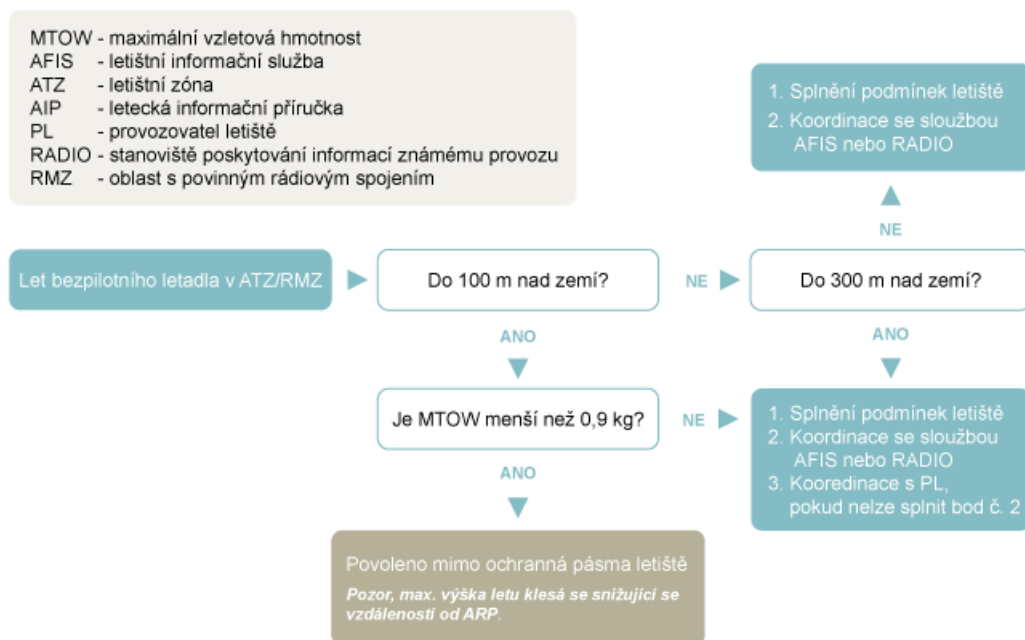


Obrázek 2: Pravidla pro lety v CTR [17]

ATZ (Aerodrome traffic zone – Letištní provozní zóna)

Pokud piloti UAS chtějí létat v prostoru ATZ, je třeba splnit podmínky dané provozovatelem letiště. Pro vlet je třeba spojení se stanovištěm AFIS (Letištní letová informační služba) nebo s provozovatelem letiště.

Do 0,91 kg může být v ATZ prováděn let i bez koordinace, a to sice do výšky 100 m, mimo ochranná pásma s výškovým omezením staveb. [29]



Obrázek 3: Pravidla pro lety v ATZ [17]

4. Koncepční řešení využití UAS při použití na LKPR

Tato kapitola se zaměřuje na venkovní prostor LKPR a na to, jak by se v tomto prostoru daly používat bezpilotní systémy. Pojednává také o koncepci řešení pro bezpečný pohyb UAS, plánování letů, jejich schvalování a koordinaci s hlavním letovým provozem. Cílem této kapitoly je také předložení existujících i zatím neexistujících návrhů použití UAS v rámci využití pro procesy údržby a obsluhy, které by se daly aplikovat pro Letiště Václava Havla Praha. V tomto ohledu měl rozhovor s Ing. Sabinou Lajdovou velký podíl na vytváření návrhů pro použití UAS v procesech údržby a obsluhy na LKPR.

4.1. Analýza letištního prostoru

Úkolem této podkapitoly je analyzovat a popsat letištní prostor z hlediska integrace bezpilotních systémů. Pro potřeby této práce bylo zvoleno Letiště Václava Havla Praha.

Pohybové plochy LKPR jsou tvořeny dráhovým systémem (viz tabulka 4) a odbavovacími plochami. Dráhový systém se skládá ze tří vzletových a přistávacích drah, které jsou propojeny s odbavovacími plochami a sítí pojezdových drah. Pro pohybové plochy, tedy neveřejný prostor letiště zároveň platí, že je to provozovatelem letiště určená neveřejná část letiště, sestávající z pohybové plochy, přilehlého terénu a staveb nebo jejich částí, k nimž je přístup kontrolován. V Neveřejném prostoru letiště, v místech se zvýšenými nároky na bezpečnost civilního letectví jsou vymezeny tzv. vyhrazené bezpečnostní prostory (SRA – Segregated area). [44]

Parametry drah:

Tabulka 4: Parametry všech RWY na LKPR [42]

RWY 06, 24	
Délka dráhy	3 715 m
Stavební šířka dráhy	45 m
Povrch	Betonový
Provozní status	RWY 06 přístrojová dráha pro přesné přiblížení III.B kategorie RWY 24 přístrojová dráha pro přesné přiblížení III.B kategorie
RWY 12, 30	
Délka dráhy	3 250 m
Stavební šířka dráhy	45 m
Povrch	Betonový
Provozní status	RWY 12 přístrojová dráha pro přesné přiblížení I. kategorie RWY 30 přístrojová dráha pro přesné přiblížení I. kategorie
RWY 04, 22	
Délka dráhy	2 120 m
Stavební šířka dráhy	60 m
Povrch	Asfalto-betonový
Provozní status	Trvale uzavřena pro vzlety i přistání a používá se pouze pro pojiždění a parkování letadel

Tabulka 5: Výměry Letiště Praha, a.s. [41]

Výměry letiště	
Celková plocha letiště	9 200 000 m ²
Plocha pohybových ploch a komunikací	1 405 869 m ²
Obvod plochy letiště (délka oplocení)	25 km

Další parametry LKPR:

Tabulka 6: Parametry LKPR [56], [85], [86]

Počet nástupních mostů	27
Počet terminálů	4
Rozloha terminálů 1 a 2	89 620 m ²
Rozloha terminálu 3	3 580 m ²
Rozloha terminálu 4	3 720 m ²
Počet heliportů	4
Intenzita provozu/hodina	max. 48 vzletů a přistání
Četnost provozu v roce 2019	154 000 vzletů a přistání
Počet hangárů	7
Počet míst na de-icing	6
Počet „prstů“ u terminálů	3 (A, B, C)
Navigační zařízení	ILS kategorie I, II, III, VOR/DME

Na letišti Praha je spousta překážek ve formě značení, naváděcích systémů, návěstidel či větrného rukávu. Všechny překážky tohoto typu se na letišti Praha musí zohlednit při plánování a poté provádění letů s UAS. Ochranná pásma jsou popsána v předpisu L14 v Hlavě 11 – Ochranná pásma leteckých staveb. [43], [33]

Pro letiště se zřizují tato ochranná pásma (OP). OP se zákazem staveb, OP s výškovým omezením staveb, OP proti nebezpečným a klamavým světům, OP se zákazem laserových zařízení, OP s omezením staveb vzdušných vedení VN (Vysoké napětí) a VVN (Velmi vysoké napětí) a OP ornitologická. [43]

Ochrannými pásmy letiště jsou myšlena pouze Ochranná pásma s výškovým omezením staveb, jež jsou obecně definována ust. 11.1.4, Předpisu L 14. [40]

4.2. Analýza procesů na LKPR v rámci údržby

Účelem této podkapitoly je stručně analyzovat procesy, které se vykonávají v rámci LKPR v současnosti a zároveň, při kterých by v budoucnu mohly být využívány bezpilotní systémy. Následující informace vyplývají z předpisu L 14 a dalších nařízení Komise (EU) č. 139/2014 [59], nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139 [60] a nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2020/1234 [61]. Dále také z dokumentu ICAO Airport Services Manual [39], který se zabývá kontrolami letištních povrchů.

Kontrola letištních zpevněných i nezpevněných ploch se provádějí většinou vizuálně z vozidla nebo pomocí technologie FOD (Foreign Object Debris; Výskyt cizích předmětů) [62] vozidlem, anebo pěšky. Na letišti Václava Havla Praha se například měří koeficient tření dráhy, kontroluje se stav RWY každý den minimálně pětkrát, TWY jedenkrát denně a odbavovací plocha také jednou denně. Dále se kontrolují travnaté plochy. Potom jsou zde světelná návěstidla a veškeré světelné soustavy pro letadla, kde se každý den kontroluje stav žárovek (viz tabulka 9 a 12). Jsou zde i typy pravidelných kontrol pohybových ploch, které se provádějí například u RWY jednou za tři týdny nebo u TWY jednou za rok. Tyto inspekce mají za úkol zjistit technický stav povrchu letištních ploch, aby se daly odhalit případné závady a zároveň plánovat opravy. Kontroly letištních ploch se také provádějí po jejich opravách či úklidu, nebo při změně povětrnostních podmínek, pak jde o nepravidelné kontroly. To vše probíhá současně za koordinace s ŘLP (Řízení letového provozu). [39]

Na letišti se dále kontrolují například probíhající stavební a udržovací práce, nerovnosti nebo poruchy povrchu RWY, TWY či odbavovacích ploch. Potom se v zimním období kontroluje sníh, rozbředlý sníh, led nebo námraza, sněhové valy nebo závěje, chemické kapaliny pro odmrazování nebo protinámrazové ošetření, či jiné nečistoty na všech pohybových plochách. Dále to mohou být jiná dočasná nebezpečí, poruchy nebo nepravidelný provoz části nebo celého světelného systému letiště, porucha hlavního nebo sekundárního zdroje elektrické energie atd. [43]

Veškeré informace o stavu pohybové plochy a souvisejících zařízení musí být udržovány aktuální a neprodleně poskytovány příslušným složkám letecké informační služby a složkám řízení letového provozu, aby mohly poskytnout přilétajícím a odlétajícím letadlům nezbytné informace. [43]

Kontrola všech navigačních a pomocných zařízení pro navigaci na přistání se provádí v dnešní době buď fyzicky, anebo pak za pomoci speciálního letadla, které je vybaveno zařízeními pro kalibraci například systémů ILS (viz tabulka 10 a 11), PAPI (viz tabulka 8) atd. [45], [47]

Pak je zde kontrola fyzického stavu budov terminálů, hangárů, nástupních mostů, bezpečnostních plotů a oblastí, větrných rukávů, parkovišť či podrobná kontrola viditelnosti a neporušenosti značení a značek. Také se zkouší funkčnost zobrazovacích jednotek parkovacího systému VDGS (Visual Docking Guidance System). U systému VDGS se sleduje správné zobrazování údajů jak pro obsazené, tak neobsazené stání.

Poslední částí současného přístupu v oblasti údržby, která souvisí s letištěm, je inspekce letadel v hangáru. Technici údržby jsou povinni vizuálně kontrolovat letadlo pomocí dalekohledu a vybavení, jako jsou vysokozdvizné plošiny nebo rampy v případě generálních inspekcí, při zasažení letadla bleskem nebo krupobitím. U uvedených typů kontrol se bezpečnostní inspektoři zaměřují na exteriér letadla, kde se detekují případné trhliny potahu, vady v kvalitě barvy, různé důlky od krup, anebo defekty po zasažení bleskem. Vzhledem k velikosti letadla, jako je například kontrola Airbusu A380 techniky údržby, je tento typ kontroly velmi pracný proces, který může trvat až 10 hodin a vyžaduje mnohem více personálu. Je často obtížné dostat se na potřebné místo na letadle, a zároveň ho důkladně prohlédnout. [35]

4.3. Analýza procesů na LKPR v rámci technického handlingu

Technické odbavení (handling) se týká především samotného letadla a jeho přípravy před odletem a jeho zajištění po přeletu (viz tabulka 7).

Ground handling má stejně jako většina procesů letiště přesně stanovenou metodiku, která se nazývá Ground Operations Manual (GOM). Tato metodika slouží k zajištění věcně správného, bezporuchového a bezpečného procesu technicko-obchodního odbavení letadel, cestujících, jejich zavazadel a nákladu. Lze ji tedy považovat za hlavní procesní příručku, kde jsou podrobně popsány jednotlivé procesy.

Nejdůležitějšími fázemi technického odbavení jsou:

Tabulka 7: Nejdůležitější fáze technického odbavení (handlingu) [32]

1	Letadlo je naváděno automaticky pomocí speciálních naváděcích zařízení na stojánku (VDGS – Visual Docking Guidance System)
2	Příjezd letadla a založení jeho kol „špalky“
3	Rozmístění kuželů kolem letadla
4	Připojení pomocného zdroje (GPU – ground power unit), případně dle potřeby klimatizace (ACU)
5	Přísun schodů nebo nástupního mostu
6	Výstup a nástup cestujících
7	Vyložení a naložení zavazadel a nákladu
8	Úklid letadla
9	Cabin servis
10	Plnění letadla palivem - plnění pomocí mobilních prostředků nebo hydrantový systém
11	Doplnění cateringu + servis toalet + servis pitné vody
12	Technická kontrola letadla (pilotem nebo vyškoleným personálem letiště) + dodání letové dokumentace
13	Vytlačení letadla – push backem
14	V určité roční období de-icing (cisterny stříkají hadicemi na letadlo de-icing směs)

Nad těmito všemi procesy dohlíží kamery, které jsou součástí letištní video-analytiky.

U těchto fází handlingu záleží především na čase, tedy délce trvání odbavení. Cílem je zajistit, co největší zkrácení času odbavení, aby letadlo bylo na zemi co nejkratší možnou dobu s čímž souvisí vyloučení zpoždění letadla. Dále je to pak bezpečnost a bezporuchový provoz během handlingu.

4.4. Využití UAS v procesech údržby

V této podkapitole jsou vybrány procesy údržby na letišti a specificky popsány a rozebrány. Mnoho procesů v této kapitole již bylo v reálném světě zrealizováno pomocí UAS a fungují, avšak vyskytují se i procesy, které jsou zatím spíše jen teorií, jsou založené na dedukci a jsou možnou alternativou pro nahrazení již stávajících procesů v oblasti údržby.

4.4.1. Kontrola stavu letištních ploch

Jak se už píše v podkapitole 4.2., kontrola letištních zpevněných i nezpevněných ploch má za účel odhalovat cizí nežádoucí předměty a dále zjišťovat technický stav povrchu pohybových ploch. Kontroly tohoto typu jsou důležité pro udržení bezpečnosti leteckého provozu na letištích.

Tyto úkoly musejí být prováděny pravidelně pomocí tradičních metod zmíněných v podkapitole 4.2., které v některých případech trvají příliš dlouho nebo nejsou pro určitá místa dost přesná.

Právě při kontrole letištních ploch je důležitá především rychlost a kvalita. Způsob, jak je možné zvýšit kvalitu inspekce FOD, je integrování bezpilotních systémů. UAS by pro tyto účely byly vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery s vysokým rozlišením, multispektrálními kamerami, termokamerami nebo laserovými skenery. Drony by byly vybaveny také GPS RTK (Kinematické určování polohy v reálném čase) moduly, které by zajistily přesný pohyb v letištních prostorách a přiřazovaly by velmi přesné souřadnice k zaznamenaným datům. Doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP.

Jednou z možných technik generování 3D modelů terénu a struktur pomocí fotek s GPS daty získaných z bezpilotního systému je fotogrametrie. 3D modely mohou být velmi přesné, což umožňuje v analyzovaných datech provádět měření. Tato technologie je velmi užitečná pro identifikaci a charakterizaci letištních překážek. Tedy lze díky ní vyhledávat cizí předměty na všech plochách letiště anebo detekovat případné závady na zpevněných pohybových plochách. Této technice se věnuje například španělsko-britská firma Canard. [20]

Nicméně použitím této technologie ve srovnání se současným prováděním, kdy tento proces vykonává automobil s radarem a zároveň se zařízením na sběr nežádoucích předmětů by bylo stále mnohem pomalejší. Například automobil, který může vyhledávat a zároveň ihned sbírat nežádoucí předměty může jet rychlosti kolem 50 km/h. To by znamenalo, že na LKPR by nejdelší dráha (viz tabulka 4) byla zkontrolována za zhruba 4,5 minuty. UAS by tuto samou inspekci dokázal zvládnout ve stejném čase, ale s tím, že by už nedokázal ihned nežádoucí předměty sebrat a musel by na konkrétní místo dojet automobil zvlášť tento předmět sebrat. V tom by byla u použití bezpilotních systémů nevýhoda. [16]

Pro příklad a jako uvedení efektivity fotogrametrie lze dronem během 45 minut zmapovat plochu 17 hektarů z výšky 50 metrů nad zemí, což znamená přibližně 22 hektarů za hodinu. Lety lze provádět v různých časových slotech a po menších částech či intervalech, aby se minimalizoval dopad na provoz letiště. Operace jsou automatizované a na jejich monitorování postupu stačí, aby dohlížel jeden operátor dronu. Inspekci všech pohybových ploch a komunikací (viz tabulka 5) na LKPR z výšky 50 metrů by dron zvládnul zhruba za 6,5 hodiny. Celkovou plochu letiště (viz tabulka 5) by dron dokázal nasnímat za necelých 42 hodin. [20]

Drony lze využít ke zkrácení doby potřebné pro práci v terénu z několika dní na několik hodin. To znamená, že doba obsazení dráhy drony a dalších provozních oblastí je dramaticky snížena. Například 4 km RWY lze zkontrolovat za méně než 30 minut. [20] Nejdelší dráhu

Letiště Václava Havla Praha (viz tabulka 4) by byl dron schopný zkontrolovat za méně než 30 minut. Výsledkem by byl vysoce kvalitní a kompaktní záznam o stavu dráhy.

Běžná letadla pro letecké snímání fotografií mají výškové omezení kolem 300 metrů nad překážkami, zatímco drony mají možnost snímání v mnohem nižších výškách a s vysokými detaily. [15] Z ekonomické stránky jsou bezpilotní systémy pro inspekce ranvejí mnohem výhodnější, než například vrtulník Bell Jetranger, který stojí na 40 minut 23 000 Kč pouze za provoz. [15]

Jsou zde instituce, které tuto aplikaci zatím zkouší. Jednou z nich je Eurocontrol, který ve spojení s francouzským ATC (Air traffic control; Řízení letového provozu) provádí testy inspekce vzletových a přistávacích drah na letišti v Toulouse. [63] Podobné testování inspekce například pojezdových drah se snaží provádět na letišti Schiphol ve spolupráci s nizozemským ATC a dalšími nizozemskými orgány. [64]

4.4.2. PAPI (Indikace sestupové roviny pro přesné přiblížení)

Kalibrace PAPI (Precision Approach Path Indicator - Indikace sestupové roviny pro přesné přiblížení) jsou v současné době prováděny kalibračními letadly. Stejně tak i drony mohou být vybaveny pro kontrolu zařízení PAPI, aby ověřily, zda splňují předpisy, včetně přechodových úhlů, symetrie a vodorovnosti.

Kalibrace systémů PAPI pomocí UAS plně nahrazuje potřebu letových inspekčních letadel. Od roku 2018 je pravidelně využívají letiště, jako je Charles de Gaulle. [3]

Inspekcí bezpilotním systémem u zařízení PAPI se kontroluje:

Tabulka 8: Kontroly prováděné na systému PAPI [4]
* MEHT (Minimum Eye Height over Threshold)

Parametr	Nastavení
Vodorovnost	Tolerance ICAO (+/- 1,25%)
Přechodové úhly	Přechod RED-PINK-WHITE ve správném úhlu
Symetrie	Synchronní změna světél v případě dvojí instalace PAPI
Úhlové krytí	Všechna 4 světla musí být jasně viditelná z mezních úhlů
Úhel a MEHT*	Shoda s letištní příručkou AIP (Airport improvement program)

Celá kontrola PAPI může trvat okolo 5 minut. Díky tomu, že operace trvá zhruba 5 minut, lze na jednu baterii provést více kontrol za sebou, protože výdrž baterie dronu pro tuto kontrolu je okolo 25 minut. Když by došla baterie, lze ji obratem vyměnit a následně pokračovat v inspekci. Používaný software je navíc kompatibilní s drony DJI M600 PRO a DJI M210 RTK. UAS by pro tyto účely byly vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery s vysokým rozlišením a

dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Drony by byly vybaveny také RTK moduly, které by zajistily přesný pohyb v letištních prostorách a přiřazovaly by velmi přesné souřadnice k zaznamenaným datům. Integrace návrhu na kalibraci PAPI bezpilotními systémy na LKPR by mohla plně nahradit stávající proces a tím pádem ho urychlit a výrazně snížit náklady na provedení procesu. [4] Příklad společnosti, která se kalibrací PAPI zabývá je Canard.

4.4.3. ALS (Approach lighting system; Přibližovací světelná soustava)

Inspekci bezpilotním systémem se u ALS kontroluje:

Tabulka 9: Kontroly prováděné na systému ALS [23]

Parametr	Nastavení
Základní inspekce	Správná viditelnost z předepsaných úhlů
Úhlové krytí	Úhlové pokrytí na obou stranách od středové čáry dráhy
Intenzita světla	Kontrola úrovně jasu
Nečistoty a opotřebení	Viditelnost při minimální intenzitě a nejnižším úhlu

Inspekce přibližovací světelné soustavy bezpilotními systémy plně nahrazuje tradiční letové kontroly inspekčními letadly. Kontrola přibližovací světelné soustavy trvá přibližně 10 minut a lze jí předem naprogramovat do dronu, díky čemuž může dron vykonat operaci automaticky. UAS by pro tyto účely byly vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery s vysokým rozlišením, doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Drony by byly vybaveny také RTK moduly, které by zajistily přesný pohyb v letištních prostorách a přiřazovaly by velmi přesné souřadnice k zaznamenaným datům. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Například tomuto typu inspekce se věnuje firma Canard. [23]

4.4.4. ILS (Instrument landing system; Přístrojový přistávací systém)

Nejsložitějším systémem je ILS (Instrument Landing system; Přístrojový přistávací systém) pro přesné přístrojové přiblížení na přistání.

Inspekcí bezpilotním systémem se u ILS kontroluje:

Tabulka 10: Přehled hlavních kontrol u localiseru a glideslope [24]

Localizer – kurzový radiomaják	Glidepath – sestupový radiomaják
Seřízení kurzu	Úhel
Struktura kurzové a sestupové čáry	Struktura sestupové čáry
Šířka signálu	Šířka signálu
Kurzové alarmy (vlevo/vpravo)	Úhlové alarmy (vysoké/nízké)
Šířka alarmů (min/max)	Šířka alarmů (min/max)
Krytí signálu (+/- 35°)	/

Parametry ILS signálu

Pro zjištění skutečného nastavení zařízení ILS, se během inspekce na obrazovce tabletu či počítače zobrazují uvedené parametry z tabulky 11, díky nimž lze ILS správně zkalibrovat.

Tabulka 11: Přehled hlavních parametrů signálu pro nastavení ILS [24]

DDM (Difference in depth of modulation – Rozdíl v hloubce modulace) (μ A a DDM)	SDM (Sum of depths of modulation – Součet hloubek modulace)
Síla pole (dBm)	Frekvenční posun
Hloubka modulace (90/150 Hz)	Tónová frekvence (90/150 Hz)
Frekvenční separace	ID kód

Nevýhodou inspekce ILS bezpilotními systémy je, že nenahrazuje potřebu inspekčních letadel, protože při inspekci ILS je potřeba kontrolovat zařízení už několik mil před prahem dráhy. Například u localiseru je požadované krytí $\pm 35^\circ$ od osy dráhy do vzdálenosti 17 námořních mil (NM) a $\pm 10^\circ$ do vzdálenosti 25 NM. Do takto velké vzdálenosti by bylo nepraktické a zatím i poměrně nereálné posílat bezpilotní letadlo. Avšak v tomto případě je úkolem dronů doplnit inspekční letadlo a zefektivnit procesy kontroly. Tímto se sníží požadovaná doba kontroly a také náklady na inspekci. To znamená zkrácení tradiční letové inspekce o 8 až 12 průletů letadla, což vychází, že se ušetří zhruba 1-2 hodiny letového času, v závislosti na vlastnostech letiště. Pro měření localiseru kontrola trvá přibližně 15 minut a měření sestupové roviny trvá přibližně 10 minut letu. UAS by pro tyto účely byly vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery s vysokým rozlišením, PNA-200-ILS přijímačem, doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky a byl by vybaven RTK modulem, který by zajistil přesný pohyb v letištních prostorách a přiřazoval by

velmi přesné souřadnice k zaznamenaným datům. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Pro příklad kontrola ILS je možná vykonat společností Canard, která se touto kalibrací zabývá. [24]

4.4.5. LIGHTS (Letištní pozemní světelné zabezpečení)

Inspekcí bezpilotním systémem se u letištního pozemního světelného zabezpečení kontroluje:

Tabulka 12: Přehled jednotlivých kontrol na určitých typech pozemních světel na letišti [56]

Typy světel	Kontroly
Prahová	Zapnuto/Vypnuto
Osová	Barva
Koncová	Jas
Dotyková	Viditelnost ze vzduchu
Postranní dráhová	Přehlednost světel
Pojížděcí	GM2 ADR.OPS.B.015 [48]

Kontrola letištního pozemního světelného zabezpečení bezpilotními systémy zcela dokáže nahradit tradiční letové inspekce inspekčními letadly. 4 km vzletové dráhy je možné zkontrolovat za 10-15 minut podle toho, jestli je třeba světla zkontrolovat z více úhlů. [56] Vybavení dronů by bylo stejné jako u systému inspekce přibližovací světelné soustavy, viz podkapitola 4.4.3.

Možnosti použití UAS pro kontrolu přibližovací světelné soustavy a letištního pozemního světelného zabezpečení bude mít velký přínos pro všechna letiště, která si tuto technologii implementují. Tato využití by měla výhodu rychlosti provedení inspekce v krátkém čase, byla by přesná, bezpečná, ekonomická a s možností nasazení ve dne i v noci. Například společnost Canard se inspekcí letištního pozemního světelného zabezpečení zabývá. [56]

4.4.6. VOR a D-VOR

Zařízení VOR (VKV (velmi krátké vlny) všesměrový radiomaják) a D-VOR (Doplerovský VOR) se také dají kontrolovat pomocí bezpilotních systémů.

Nástroj určený pro údržbu a kalibraci VOR je možné instalovat na bezpilotní systémy. Integrací zařízení pro měření signálu VOR do UAS je možné změřit takové parametry, jako je chyba azimutu, úhly, modulaci, strukturu VOR nebo úroveň signálu. Tyto parametry jsou ještě navíc propojeny s velmi přesnými daty z GPS (RTK modulů) s přesností do 1 cm. UAS by pro tyto

účely byly vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery, infračervená a obrazová čidla pro bezpečnost při pohybu dronu a také speciálním zařízením pro měření signálu VOR, čímž je přijímač PNA-200. Doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky. Bezpečnost letu by zajišťovalo zabudované ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Příklad společnosti, která se kalibrační zařízení VOR zabývá je firma Cursir. [21]

4.4.7. DME (Distance Measuring Equipment)

DME (Distance Measuring Equipment) je zařízení používané v letectví pro určení šikmé vzdálenosti mezi letadlem a pozemním zařízením. U tohoto zařízení je novinkou, že se u něj provádějí také kalibrace drony.

Inspekce DME funguje na podobném principu jako kontroly ILS nebo VOR. Tedy možnost kalibrace DME je založena na dronu vybaveném palubním zařízením DME a sadou softwarových nástrojů pro vizualizaci dat. UAS by pro tyto účely byly vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery například pro záznam z letu, doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Například společnost Canard pracuje na možnosti provádění kontrol zařízení DME. [58]

4.4.8. RDF (Radio direction finder)

RDF neboli směrový radiozaměřovač je přístroj, který pomocí otočné směrové antény slouží k určení směru ke zdroji radiových vln.

Díky implementaci generátoru signálu RDF do UAS je možné vyhodnocovat následující parametr, kterým je průměrná chyba ložiska. Tyto parametry jsou ještě navíc propojeny s velmi přesnými daty z GPS (RTK modul) s přesností do 1 cm. [79]

UAS by pro tyto účely byly ještě vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery pro záznam z letu. Doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Například Cursir je společnost, která dokáže provést kalibraci a údržbu směrového radiozaměřovače.

4.4.9. Ostatní inspekce/kontroly

Jako dalšími nezbytnými úkony v rámci údržby na letišti jsou inspekce budov, střech, parkovišť, bezpečnostního oplocení, větrných rukávů, bezpečnostních oblastí letiště, veškerých značení a značek na RWY, TWY, nástupních mostů, hangárů, systémů VDGS (Visual Docking Guidance System) nebo inspekce kvůli odgumování dráhy.

Snímky zmíněných objektů, systémů či měření jsou především prováděné optickými kamerami z malé výšky a s vysokým rozlišením. Tyto snímky mohou být pro personál údržby letišť, který se snaží dokumentovat nesrovnalosti na vozovkách a zavést opravné programy, nebo dokonce pro dispečery letišť, kteří potřebují sledovat stav konkrétních povrchů nesmírně cenné, aby mohli rozhodnout, kdy je nutná výměna či oprava. Je to mnohem bezpečnější a rychlejší než posílat na tento typ kontrol techniky údržby. [15]

Pomocí softwaru, ve kterém je možné vymodelovat ochranná pásma letiště ve 3D podobě (viz obrázek 4), lze díky 3D modelu letiště vytvořeným díky snímkům z UAS přesně detekovat objekty na letišti a kolem letiště a ověřit si u nich, jestli nezasahují do ochranných pásem letiště. Tato možnost zvyšuje bezpečnost vzdušného prostoru letiště.



Obrázek 4: Vymodelovaná ochranná pásma na letišti Santander [20]

Inspekce střech

Výhodou bezpilotních systémů pro inspekci střech letištních budov je, že snižují náklady, snižují čas potřebný na provedení inspekce a odstraňují inherentní riziko práce ve výšce. Pomocí dronů lze také rychle najít mnoho závad na těžko přístupných místech střech. K tomu nejčastěji slouží optické kamery v kombinaci s termokamerami. Doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky a byl by vybaven RTK modulem, který by zajistil přesný pohyb v letištních prostorách a přiřazoval by velmi přesné souřadnice k zaznamenaným datům. Bezpečnost letu

by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Kontroly střech drony jsou významným plusem pro následné údržbářské práce, které mohou být předem přesně posouzeny a stejně tak i odhadnuty náklady na provedení činnosti.

Inspekce letištních objektů a infrastruktury

Jelikož bezpilotní systémy umožňují pořizovat snímky z malé výšky a s vysokým rozlišením, mohou být pro techniky údržby letišť, kteří se snaží dokumentovat jakékoli nežádoucí odchylky či známky poškození na budovách nebo jiných plochách areálu letiště, jako jsou například světla na letištní odbavovací ploše nebo značky a značení na letištní ploše velmi cenné. Tyto snímky pomohou technikům údržby rozhodovat, kdy je nutná oprava nebo výměna daného povrchu. V některých případech se používají milimetrové vlnové senzory, které pomáhají dokumentovat stavební posuny.

Díky fotografiím s vysokým rozlišením, lze mnoho závad či poškození zaznamenat a mohou posloužit i jako důkaz při dokládání pojistných událostí nebo odůvodnění pro grantové financování. Výhodou je, že toto snímkování pro inspekci lze zvládnout dokonce i pomocí finančně dostupných dronů se základním fotografickým vybavením co má například Mavic 2 Pro [77]. [15] Tyto drony by byly řízeny buď automaticky a v méně přístupných oblastech manuálně pilotem.

Pro kontrolu správné funkčnosti systému VDGS byly také navrženy bezpilotní systémy jako náhrada za současné řešení kontrol. Díky dronu s laserovým dálkoměrem (lidar) a RTK modulem pro vysoce přesné ukládání souřadnic k zaznamenaným datům by bylo možné tyto zařízení přesně kalibrovat a zároveň simulovat příjíždějící letadlo na parkovací místo. Tím by se ověřila správnost zobrazování údajů pro navedení letadla na parkovací místo. Bylo by to jednoduché, rychlé a stačil by na to menší dron s již popsaným vybavením. Jeho výdrž na jednu baterii by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg.

4.4.10. Inspekce letadel uvnitř hangáru

Novější sférou, která spadá do této části je inspekce letadel v hangáru. Rozumí se tím pravidelné povinné inspekce letadlového draku ze vnějšku, inspekce po zasažení bleskem, inspekce po zasažení krupobitím, detekce poškození lopatek motorů či kontrola laku a polepů na letadle. A to vše lze v dnešní době už provést dronem namísto dlouhých prohlídek techniky údržby. [22], [38], [80]

Jelikož drony pro tento typ inspekci mají v sobě zabudovanou umělou inteligenci a sofistikované algoritmy lze při zjišťování problémů s letadly automaticky detekovat trhliny, vady v kvalitě barvy, různé důlky od krup, anebo defekty po zasažení bleskem. Výhodou také je, že snímky z UAS mohou být porovnány se stávajícími digitálními obrazy defektů, které byly dříve nalezeny. [55]



Obrázek 5: Dron Rapid při inspekci dopravního letadla aerolinky EasyJet v hangáru [51]

Aerolinka EasyJet uvádí, že téměř každý den v roce je jedno z jejich letadel zasaženo bleskem. Díky dronům je možné inspekce letadel zefektivnit, zrychlit a zlevnit. [55]

První aerolinkou, která vyzkoušela inspekce dopravních letadel v hangáru byla společnost EasyJet. Využili k tomu dron s názvem Riser a dále pak pokročilý dron Rapid (viz obrázek 5) [50] od společnosti Blue Bear systems a Createc. Dron Riser dokáže oskenovat dopravní letadlo A 320 nebo Boeing 737 za pouhých 10 minut. Což oproti běžné inspekci, která trvá zhruba 6 hodin je opravdu velký rozdíl. Dron obsahuje systém inteligentní navigace a počítačového vidění, který umožňuje létat kolem letadla a udržovat bezpečnou vzdálenost přibližně 1 metr a zároveň má i antikolizní systém. [57]

Příklad jiné technologie je, že dron létá kolem exteriéru letadla pomocí 3-osé laserové technologie, která nevyžaduje signál GPS, tedy umožňuje dronu létat bez nutnosti dálkového řízení, má ještě senzor pro detekci překážek a každou sekundu udělá snímek kamerou ve vysokém rozlišení a k tomu může ještě mít blesk pro lepší viditelnost snímků. Takto nasnímá celé letadlo ze shora, i zespoda. Dron dokáže identifikovat různé defekty až do velikosti 1 mm² a software dokáže automaticky z obrázků identifikovat určité poškození nebo defekt. V tomto případě by se dron pohyboval pomocí automatického režimu letu, kdy by zjednodušeně řečeno obletěl a naskenoval celé letadlo bez zásahu do řízení pilotem.

Dohlížející technik může dále prozkoumat poškození na zobrazovacím zařízení a učinit konečné rozhodnutí o opravě. [36], [52]

Touto technologií je zkrácena doba inspekce z 10 hodin na pouhé 2 hodiny, zvyšuje se tak dostupnost letadel v letovém parku a šetří se peníze. [37] Kompletní prohlídka komerčního letadla stojí zhruba 27 000 dolarů (583 563 Kč) s použitím současných metod, a to bez

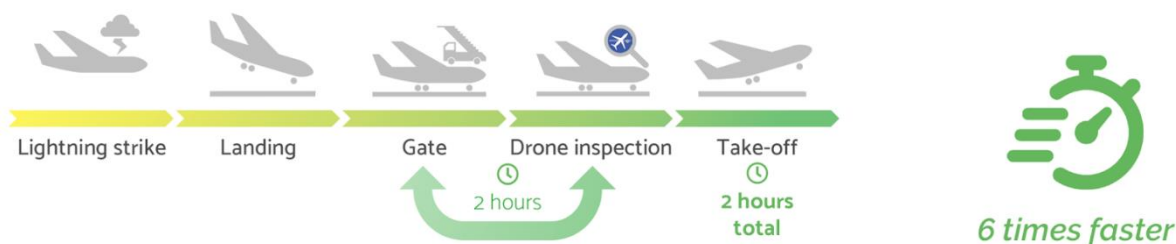
vyčíslení sumy, o kterou letecká společnost přijde kvůli tomu, že letadlo stojí na zemi. Tato suma činí okolo 80 000 dolarů (1 729 076 Kč).

Dalším příkladem kontroly na letadle je kvalita laku. Kontroly laku na letadle mohou ušetřit až 40 000 dolarů (864 740 Kč) za rok na palivu. Tyto finanční úspory zajistí stále nízkou cenu letenek a také zásadně sníží prostoje a čekací doby [38]. Těmito typy kontrol se zabývá pro příklad společnost Donecle (viz obrázek 8). [22]

Zde je uveden příklad (viz obrázek 6 a 7) z letiště v Amsterdamu a porovnání manuální inspekce a inspekce bezpilotními systémy, když by letadlo bylo během letu zasaženo bleskem. Na tomto letišti trvá manuální prohlídka zhruba 12 hodin celkově versus kontrola dronem trvá přibližně 2 hodiny, tedy šestkrát rychleji [66].



Obrázek 6: Průměrná manuální inspekce po zasažení bleskem na letišti Schiphol [66]



Obrázek 7: Přibližná doba inspekce UAS po zasažení bleskem na letišti Schiphol [66]

Dalšími příklady společností zabývajících se touto problematikou jsou Mainblades [68], Luftronix [69] nebo Rizse z USA. [70]



Obrázek 8: Dron společnosti Donecle při inspekci [37]

Při inspekcích letištních staveb či inspekcích letadel v hangáru by se v jistých případech dala využít i technologie upoutaného dronu (viz obrázek 9). To znamená, že dron během letu bude přes připojený kabel napájen přímo z pozemního zdroje. Řešení společnosti Volarius je možným konceptem pro drony, které budou potřebovat létat ve vzduchu déle jak 30 minut. Například Mavic 2 Pro, díky jejich řešení vydrží létat dvě hodiny. Velkou výhodou pozemního zdroje je, že je přenosný a lze namontovat i na auto. S přimontovaným zdrojem na automobilu se letící dron připojený ke zdroji, může současně pohybovat s jedoucím autem. [76] Toto zařízení zajistí větší rozhled a přehled technikům při kontrole letištních ploch, a dron vydrží ve vzduchu mnohem déle než na vlastní baterii. Zároveň snímaná data půjdou přenášet řídícím provozu v reálném čase a budou možná ukládat do databáze. Upoutaný dron je možné využít jak ve venkovních prostorech, tak i v hangárech při inspekcích dopravních letadel, jak demonstruje společnost DroScan. [71]



Obrázek 9: Upoutaný bezpilotní systém společnosti DroScan [71]

4.5. Využití UAS v procesech technické obsluhy

V této podkapitole jsou vybrány procesy technického handlingu na letišti a specificky popsány a rozebrány. Některé procesy v této podkapitole již byly v reálném světě zrealizovány pomocí UAS a fungují, avšak vyskytují se i procesy, které jsou zatím spíše jen teorií, jsou založené na dedukci a jsou možnou alternativou pro nahrazení již stávajících procesů v oblasti údržby.

4.5.1. Předletová kontrola letadla drony

Předletová kontrola je prováděná pouze pozemním způsobem, kdy pilot nebo kvalifikovaný personál kontroluje letadlo tím, že ho obejde a zkontroluje ze země před vytlačení z parkovacího stání.

V budoucnu by bylo zajímavé, řešit tento proces bezpilotními letadly. Takovéto drony by byly osazené optickými kamerami s vysokým rozlišením, které umožní zvýšit bezpečnost letecké dopravy. Celý proces bude probíhat tak, že dron oskenuje letadlo ze vnějšku, vyhodnotí se výsledky v softwaru, a to přímo na parkovacím stání letištní odbavovací plochy. Software detekce vad tak bude moci pilotovi na obrazovce odhalit i sebemenší promáčknutí či vadu laku, až do rozlišení 1 mm². Snímky by se ukládaly do databáze, aby mohly posloužit jako důkazní materiál v případě nějaké technické závady či nehody.

UAS by pro tyto účely byly vybaveny technologiemi jako jsou optické kamery s vysokým rozlišením, lidarem, milimetrovými vlnovými senzory, laserovými skenery. Doba letu dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP. Přesné navádění a pohyb dronu by zajišťoval RTK modul.

Nevýhodou u předletových kontrol drony je, že se musí provádět venku mimo hangár. UAS totiž nelze provozovat ve špatných meteorologických podmínkách. Tedy za silného větru nad 10 m/s, za hustého deště nebo při velkém mrazu pod -10 °C či hustého sněžení. Tento proces by tedy šlo využívat pouze ve vhodných meteorologických podmínkách pro provoz UAS. Zavedení tohoto procesu do letištního provozu je pak předmětem pro další podrobnější zkoumání.

Momentálně tento typ inspekcí není ještě tolik známý a používaný, ale například společnosti Intel a Airbus demonstrovaly vizuální inspekci dopravního letadla v roce 2016 pomocí speciálně upraveného dronu AscTec Falcon 8. [72]

Společnost ANA (All Nippon Airways) Holdings také testuje tento způsob předletových kontrol pomocí automatizovaných dronů, se kterými provedla experiment na mezinárodním letišti

v Osace [53]. Jako další společností, která provádí kontroly letadel je společnost ST Engineering. Jejich drony, které jsou upoutané, tedy mají napájení z pozemního zdroje, jsou možnou předlohou pro vizuální předletové inspekce mimo hangár. [71] Řešení společnosti ST Engineering již využila společnost Air New Zealand, které se s ní spojila v roce 2020. [57]

4.5.2. Navádění letadel pomocí dronu na parkovací stání

Pokud by se z nějaké příčiny stalo, že by zařízení VDGS přestalo fungovat, anebo by jen tímto zařízením letiště nebylo vybaveno a nemělo by dostatek signalistů (řídících odbavovací plochy) pro navádění na parkovací stání manuálně, tak by přicházelo v úvahu mít dron, který by nalétl k parkovacímu stání před příjíždějící letadlo a světelně by pilotům indikoval, kde přesně mají zastavit, stejně jako je tomu u systému VDGS. Tento systém by fungoval v podstatě na stejném principu, jen by zařízení VDGS bylo integrované pro dron ve zmenšené podobě. Dron by měl na sobě připevněnou digitální světelnou tabuli, na které by se zobrazovaly údaje stejně jako na systému VDGS a laserový dálkoměr pro měření vzdálenosti k letadlu. Dron by se pohyboval automaticky a letová doba by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Přesné navádění a pohyb dronu by zajišťoval RTK modul. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP.

4.5.3. Pozorování procesu handlingu na letištní odbavovací ploše

Tato činnost by pro bezpilotní systémy znamenala, že by dohlížely nad pracovníky handlingu. Po celou dobu od zaparkování letadla až po vytlačení letadla pushbackem (tlačným tahačem) by nejlépe upoutaný dron, popsaný v podkapitole 4.4.10. nebo neupoutaný dron sledoval z jednoho místa celou situaci kolem probíhajícího handlingu. Tato aplikace by zajišťovala kontrolu nad pracovníky, kvalitu a správnost jejich odvedené práce. Nasnímaná data by se pak ještě mohla použít pro případné zlepšení efektivity práce nebo by se online přenos z kamery mohl posílat bezpečnostním složkám, které by kontrolovaly bezpečnost celého procesu handlingu a případně byly vyloučeny nežádoucí aktivity zaměstnanců.

UAS by v tomto případě umožnily pokrýt i taková místa na odbavovací ploše, kde kamerové systémy už nemají pokrytí. Výhodou oproti video-analytice by UAS měly v tom, že by se mohly dostat na těžko dostupná místa, sledovat proces odbavení z větší výšky, dokonce přímo z perspektivy. Tím by došlo ke snížení rizika možného vykrádání zavazadel při nakládání a vykládání. Video nebo foto záznamy z bezpilotního systému, jak natáčí proces odbavení z perspektivy by navíc mohly pomoci při výcviku zaměstnanců nebo by mohly posloužit pro marketingové účely.

Drony by byly vybaveny optickými kamerami s vysokým rozlišením v kombinaci s termokamerou pro noční lety a s možností několikanásobného zoomu. Doba letu neupoutaného dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 5-10 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky i manuálně. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená a obrazová čidla a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP.

4.5.4. De-icing a anti-icing pomocí dronů

Následující koncept vychází ze současných procesů na letišti. Jelikož se už vyskytly v reálné podobě například funkční hasící drony [25], či drony fungující jako plamenomet [26]. Bezpilotní letadlo by místo vody rozprašovalo kapalinu na de-icing či anti-icing. Díky hadici připevněné k dronu, kterou by se čerpala kapalina a připevněné rozprašovací trysce (viz obrázek 10), by drony mohly pomoci při odmrazování ocasních ploch letadla, aby se urychlil proces odmrazení a tím se ušetřil čas stojícímu letadlu na zemi. Dron by byl zároveň napájen z pozemního zdroje elektrické energie, tedy byl by to dron upoutaný. Nebo místo kapaliny by stejně koncipovaný dron jako na de-icing mohl foukat pouze horký vzduch, který by dokázal rozmrazit led na povrchu letadla. Dále by drony byly vybaveny optickými kamerami pro sledování procesu odmrazování a následnou kontrolu kvality odmražení. Doba letu neupoutaného dronu by byla okolo 30-45 minut a dron by vážil 10-20 kg. Pro tuto aplikaci by byl dron naváděn automaticky nebo manuálně. Bezpečnost letu by zajišťovala infračervená, obrazová čidla, lidar a také zabudovaný ADS-B (Automatic Aircraft Identification System; Automatické závislé sledování) [67] pro komunikaci s ŘLP.

Nevýhodou by však bylo, že by UAS pro de-icing a anti-icing byl možný využít pouze do určité síly větru přibližně do 10 m/s a nebylo by možné dron využívat za hustého sněžení, deště, anebo velkého mrazu zhruba pod -10 °C. Z toho vyplývá, že by kapaliny určené k odmrazování a ochraně před námrazou mohly být aplikovány na letadlo drony, ale ne za každého počasí. Implementace tohoto procesu do oblasti handlingu by tedy byla možná, ale přinášela by s sebou nevýhody, které by se musely zvážit, jestli by stálo za to tento proces integrovat pro letiště. Musel by se tedy tento návrh předložit jako předmět pro další podrobné zkoumání a testování. Tento návrh dronu na de-icing již zrealizovala lotyšská společnost Aeronex (viz obrázek 10) [82].



Obrázek 10: Upoutaný dron firmy Aeronos provádí de-icing větrné elektrárny [82]

4.6. Řízený společný prostor pro provoz UAS

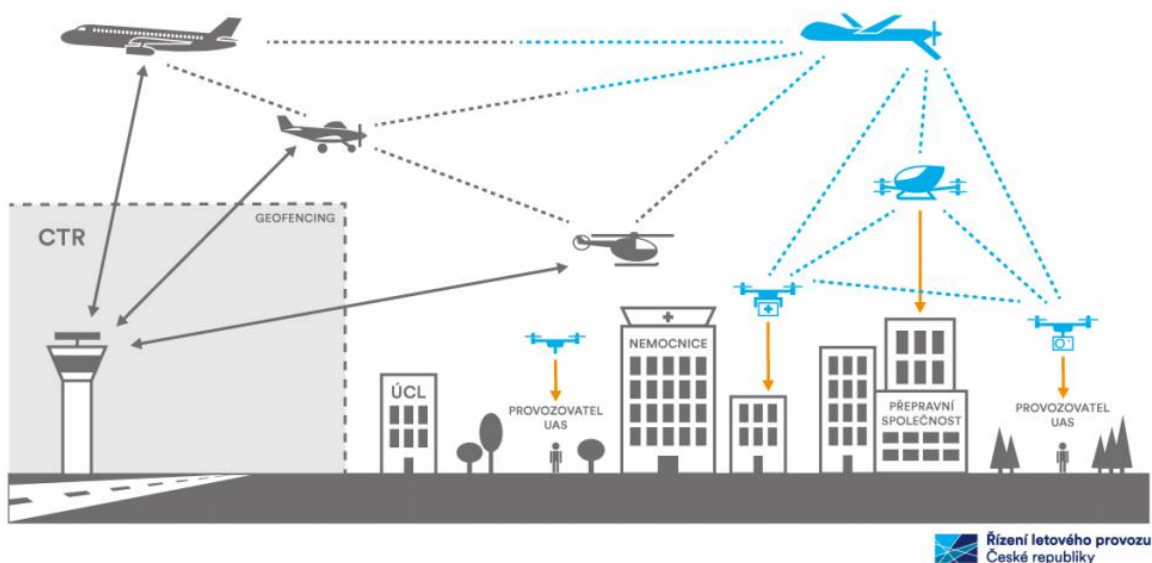
Jelikož by se drony při aplikaci na letištích pohybovaly mezi velkým množstvím letadel, je třeba zavést systém, který bude dohlížet nad provozem v rámci letiště, aby nedošlo k žádné kolizi bezpilotního systému s civilními letadly. Proto program Evropské unie SESAR (Single European Sky ATM Research; výzkum ATM (Air Traffic Management; Uspořádání letového provozu) pro jednotné evropské nebe) se zaměřením na vývoj technologií a postupů v ATM umožňující společný pohyb létajících systémů, zavedl tzv. koncept U-Space (viz obrázek 11). U-space je sada nových služeb a specifických postupů navržených tak, aby podporovaly bezpečný, efektivní a zabezpečený přístup do vzdušného prostoru pro velký počet dronů. Tyto služby spoléhají na vysokou úroveň digitalizace a automatizace funkcí, ať už jsou na palubě samotného dronu, nebo jsou součástí pozemního prostředí. U-space poskytuje základní rámec pro podporu rutinních operací s drony a také jasné a efektivní rozhraní s poskytovateli služeb a úřady s leteckou posádkou, poskytovateli služeb ATM/ANS (Air Traffic Management/Air Navigation Services; Uspořádání letového provozu/Letové navigační služby). U-Space proto nelze považovat za definovaný objem vzdušného prostoru, který je oddělen a určen pouze pro použití s drony. [75]

V prováděcím nařízení Komise (EU) 2021/664 [74] ze dne 22. dubna 2021 o regulačním rámci pro vzdušný prostor U-space, je tento koncept definován následovně:

„vzdušným prostorem U-space“ se rozumí zeměpisná zóna pro bezpilotní systémy vymezená členskými státy, kde je provoz bezpilotních systémů povolen pouze s podporou služeb U-space.“ [74]

„službou U-space“ se rozumí služba založená na digitálních službách a automatizaci funkcí navržená tak, aby podporovala bezpečný, zabezpečený a účinný přístup velkého počtu bezpilotních systémů do vzdušného prostoru U-space.“ [74]

Nařízení Evropské unie říká, že regulační rámec U-Space poskytuje také informace třeba o geo-awareness, což by mělo provozovatelům bezpilotních systémů poskytovat informace o aktuálních omezeních ve vzdušném prostoru a o vymezených zeměpisných zónách pro bezpilotní systémy, dále jsou tam informace o poskytování počasí nebo o leteckém provozu. [74]



Obrázek 11: Schéma fungování U-Space [19]

Tím že se do České republiky zavede U-space, tak bude možné bezpečně uskutečňovat lety, které za dnešních pravidel není možné provést. Jde především o tzv. BVLOS lety (Beyond Visual Line of Sight; Provoz mimo vizuální dohled), či autonomní lety bezpilotních systémů. Implementaci U-space má v ČR na starosti především ŘLP ČR, s.p. ve spolupráci s Ministerstvem dopravy, Úřadem pro civilní letectví a dalšími subjekty. [19]

4.7. Řízení pohybu UAS ve vzdušném prostoru LKPR

Cílem této práce není popsat a navrhnout přesné řešení pro pohyb dronů v letištním prostoru, ale pro účely této práce poslouží méně podrobný návrh.

Jako první podmínkou pro řízení pohybu UAS v prostorách letiště je bezpečnost. V tomto případě je zapotřebí dbát na to, aby bezpilotní systémy za žádných okolností nenarušily plynulý chod letiště a jeho veškerý provoz. V tomto případě bude zapotřebí začlenit UAS do provozu například v rámci předem definovaných krátkých časových úseků, kdy budou operovat v souladu s letištním provozem. Tedy plánovat jim určité flexibilní letové sloty

samozřejmě s možnou změnou času či dne v závislosti na provozu a počasí. Dále je potřeba uvažovat nad specifikací či definováním určitých omezených či zakázaných prostor na letišti nebo různých koridorech, kde provoz dopravních letadel nikterak neovlivní provoz bezpilotních systémů a naopak. Samozřejmě toto pravidlo půjde uplatnit jen u některých procesů v údržbě či technické obsluze na letišti. Veškeré procesy prováděné UAS by přitom měly být vždy koordinovány s ŘLP.

4.7.1. Správa zabezpečení vzdušného prostoru

Řízení bezpečnosti vzdušného prostoru kombinuje UTM (Unmanned traffic management; Řízení provozu bezpilotních letadel), schopnosti detekce dronů, identifikaci a rozlišení veškerého letového provozu na letištích.

Detekce provozu dronů

V současné době se detekce provozu dronů zajišťuje díky pozemním přehledovým radarovým systémům, které jsou schopny detekovat pohyb všech bezpilotních systémů a dalších objektů v řízené oblasti. [78]

Například v české společnosti Dronetag vyvíjí zařízení Dronetag Mini. Toto zařízení lze přichytit na jakýkoliv dron. Váží jen 30 gramů, není větší než krabička od sirek a vydrží nabitě až 8 hodin. [34] Podobné zařízení vyvinula také společnost Unifly, které se jmenuje BLIP. Je to taková elektronická poznávací značka pro UAS. [49]

Další možnou elektronickou identifikací je zařízení Flarm. Toto zařízení upozorňuje na provoz, tak i na hrozící kolize s jinými letadly. Princip elektronické identifikace spočívá v tom, že UAS pravidelně vysílá jedinečný identifikační kód a aktuální polohu prostřednictvím radiofrekvenční digitální zprávy. To umožňuje oprávněným stranám kdykoli a kdekoli detekovat, identifikovat, lokalizovat a sledovat UAS, a to i při absenci síťového připojení nebo jiné infrastruktury. [83]

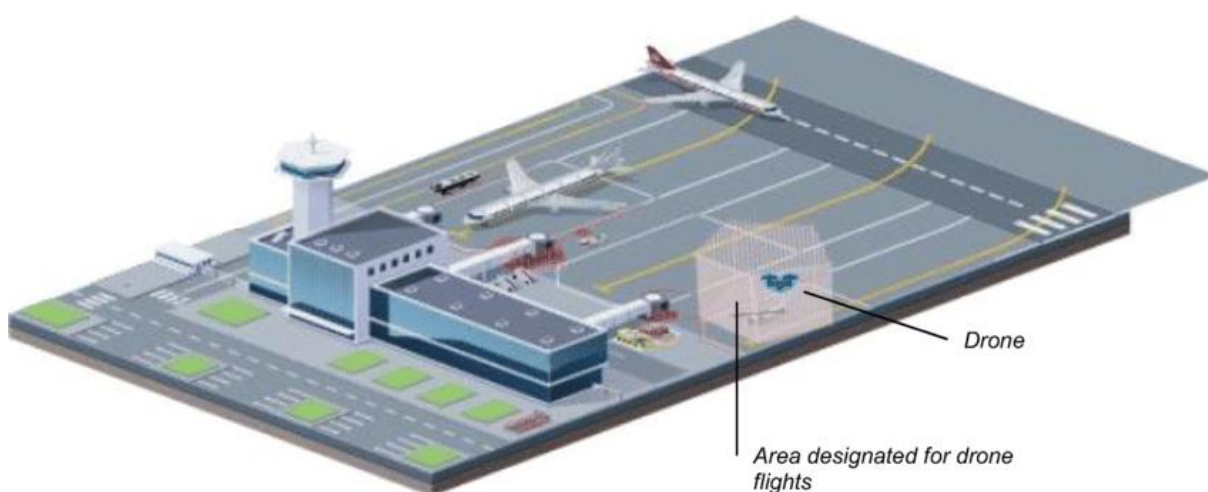
4.7.2. Řízení provozu UAS v letištním vzdušném prostoru

V případě řízení provozu bezpilotních systémů v letištním vzdušném prostoru je zapotřebí, aby ŘLP mohlo monitorovat, schvalovat a spravovat provoz bezpilotních systémů a omezené zóny na letišti v reálném čase. Piloti dronů, aby mohli plánovat, ověřovat, sledovat své operace a lety.

Letiště Václava Havla Praha již pracuje na řešeních, které pomohou implementovat UAS do letištního provozu a prostředí. LKPR má v plánu mít plně funkční detekční systém na drony, poté se zabývá rozdělením kompetencí a vytvořením CONOPS (provozní koncepce), dále pak sdílením informací o provozu dronů (s ŘLP, LKPR, ÚCL, MD – Ministerstvo dopravy) a nakonec vytvořením droní letky pro veškeré potřeby největšího pražského letiště [81].

Správa geo-zón

Pro bezpečný pohyb UAS v prostorách letiště by bylo nejjednodušší definovat dronům kam nesmějí létat neboli například rozparcelovat letištní plochu (viz obrázek 12). „Geo-fencing“ je vlastně geografické vymezení hranic pro drony neboli omezení, kam nesmějí létat. Díky těmto zónám si pilot nebo společnost může přesně a jednoduše zjistit, kde a kdy může létat s dronem. „Geo-fencing“ je softwarově ohraničené území pomocí GPS a radio-frekvenčního identifikátoru. Tato virtuální ohraničená území poté dokážou detekovat UAS, které se dostaly do bezletové zóny, a zamezit jim buď vniknutí nebo vylétnutí. [84]



Obrázek 12: Prostor na letišti určený pro lety dronů [73]

Všechny probíhající lety a operace by byly zobrazovány na mapě v reálném čase. Pracovníci ATC by mohli sledovat veškeré schválené operace dronů, identifikovat neautorizovaný provoz dronů a zkoumat zaznamenané letové údaje. V případě, že by pilot potřeboval upravit svůj letový plán, lze ho přímo během operace odeslat s požadovanou úpravou.

Komunikace za letu s ATC

Obousměrná komunikace by zajišťovala, že řídící letového provozu a piloti dronů jsou ve spojení a jsou schopni reagovat, kdykoli, když by nastala nepředvídaná situace. Řídící letového provozu také mohou zasílat výstrahy o všech možných okolnostech, které by mohly nastat. Tím by bylo zajištěno, že provozovatel UAS má vždy aktuální informace o provozu na letišti a tím poskytuje maximální bezpečnost. Piloti dronů by vždy informovali řídící letového provozu o začátku a ukončení operace. [49]

4.7.3. Správa provozu UAS

Pro správu provozu bezpilotních systémů by bylo zapotřebí mít platformu, ve které by bylo možné plánovat provoz dronů, monitorovat provoz a zároveň spravovat vlastní letový park. Díky tomuto řešení by se všechna komunikace a vyřizování povolení pro lety zefektivnily a provoz by tak mohl probíhat plynule a bezpečně. [49]

Plánování provozu bezpilotního systému

Operátorům by bylo umožněno plánovat a řídit více provozů současně. Operátoři UAS by si mohli v aplikaci vybrat vhodný typ stroje pro plánovanou misi, výbavu dronu, kolik zdrojů baterií na misi bude zapotřebí, případně jestli nezvolí napájení ze země. Dohlížející letecké orgány by měly pak přehled o všech plánovaných operacích. [49]

Ověření provozu bezpilotního systému

Tento úkol by mohla plnit platforma, která by uměla zpracovat mise bezpilotních systémů. Podle aktualizovaného harmonogramu letištního provozu od ATM by platforma dokázala automaticky před schvalovat mise. Samozřejmě by všem operacím UAS udělovalo plnou autorizaci vždy ATC a případně i společně s leteckým úřadem či provozovatelem letiště. [49]

4.8. Zázemí pro UAS na letišti

Pro časté operace s drony by na letišti měly být centrály, které si udržují řádnou správu letového parku dronů. V rámci správy dronů by se mohla kontrolovat funkčnost jejich vybavení, provozuschopnost, pojištění, vedení letových příruček a záznamů z operací, aby se zajistila jejich 100% funkčnost. Proto je dobré podle nalétaných hodin dělat v určitých intervalech pravidelné prohlídky stroje nebo aktualizace softwaru. V případě poruchy nebo poškození nějaké z komponent dronu by bylo důležité, aby bylo možné bezpilotní systém opravit přímo na letišti. Servis UAS by byl tedy na letišti nezbytnou součástí pro celý letový park bezpilotních systémů. Všechny tyto informace by byly spravovány přes aplikaci, kde by byly zaregistrovány všechny drony i piloti.

5. Zhodnocení návrhů

Podle navržených procesů či konceptů, které by byly prováděny drony na Letišti Václava Havla v Praze, byla pro tyto procesy vytvořena tři kritéria. Na základě těchto tří kritérií jsou zhodnoceny všechny zmíněné procesy v této práci v tabulkách 14. a 15. V těchto dvou tabulkách je také uvedeno finální hodnocení pro integraci každého z procesů zvlášť.

Tabulka 13: Popis stanovených kritérií posuzování návrhů

Kritérium	Popis kritéria	Slovní škála od největší po nejmenší slovní váhu				
Časová náročnost	Časový úsek, za který se daný proces vykoná. Efektivita použití daného procesu	Velmi rychlé – mnohem efektivnější oproti současnému procesu	Rychlé – skutečně efektivní v porovnání se současným procesem	Středně rychlé – podobně rychlé jako současný proces	Pomalé – pomalé vůči stávajícímu procesu	Velmi pomalé – časově neefektivní oproti současnému procesu
Smysluplnost	Zdali daný proces dává či nedává smysl zavést. Hledisko nahrazení stávajících procesů	Velmi smysluplné – dává obrovský smysl oproti současnému procesu	Smysluplné – dává větší smysl než stávající proces	Středně smysluplné – podobně smysluplné jako současný proces	Použitelné – nedává smysl, ale proces by se dal použít	Vůbec nedává smysl – nesmyslné řešení, koncept
Kvalita provedení	Přesnost při vykonávání procesů. Úroveň použité technologie	Vysoce kvalitní – velmi přesné provedení procesu oproti současné kvalitě provedení procesu	Kvalitní – mnohem přesnější než současné metody, technologie	Středně kvalitní – podobně kvalitní provedení procesu jako současnými technologiemi	Dostačující – uspokojivá, postačující kvalita provedení procesu	Nekvalitní – nepřijatelná kvalita a přesnost provedení procesu

Následující parametry v tabulkách 14. a 15. se vztahují na LKPR, na RWY 06/24 (viz tabulka 4) a na letadla běžných rozměrů jako je například Boeing 737 nebo Airbus 320. V tabulkách jsou také promítnuta průměrná data inspekcí a kontrol. Do letištních staveb jsou započítány terminály 1 a 2 (viz tabulka 6). Při inspekci letištních ploch, systémů či zařízení je časová náročnost počítána na jeden průlet inspekčního letadla nebo bezpilotního systému.

Tabulka 14: Využití UAS v procesech údržby – hodnocení dle stanovených kritérií

Proces	Kritérium			Finální hodnocení pro použití Ano x Ne
	Časová náročnost	Smysluplnost	Kvalita provedení	
Kontrola letištních ploch	Středně rychlé	Středně smysluplné/použitelné	Vysoce kvalitní	Ano
PAPI	Rychlé	Velmi smysluplné	Vysoce kvalitní	Ano
ALS	Středně rychlé	Velmi smysluplné	Vysoce kvalitní	Ano
ILS	Středně rychlé/pomalé	Středně smysluplné/použitelné	Středně kvalitní	Ano/Ne
LIGHTS	Středně rychlé	Velmi smysluplné	Vysoce kvalitní	Ano
VOR a D- VOR	Středně rychlé	Smysluplné	Středně kvalitní	Ano
DME	Středně rychlé	Smysluplné	Středně kvalitní	Ano
RDF	Středně rychlé	Smysluplné	Středně kvalitní	Ano
Letištní stavby	Velmi rychlé	Velmi smysluplné	Vysoce kvalitní	Ano
Inspekce letadel v hangáru	Velmi rychlé	Velmi smysluplné	Vysoce kvalitní	Ano

Pro devět procesů údržby na letišti pomocí dronů, vyšlo v rámci finálního hodnocení v tabulce 14. použití Ano – toto řešení by se dalo aplikovat. Jeden proces údržby na letišti pomocí dronů, vyšel v rámci finálního hodnocení v tabulce 14. jako Ano/Ne – toto řešení by se dalo aplikovat na letiště, ale zatím pouze částečně.

Tabulka 15: Využití UAS v procesech technické obsluhy – hodnocení dle stanovených kritérií

Proces	Kritérium			Finální hodnocení pro použití Ano x Ne
	Časová náročnost	Smysluplnost	Kvalita provedení	
Předletová kontrola	Středně rychlé/pomalé	Středně smysluplné	Vysoce kvalitní	Ano
Navádění letadel na parkovací stání	Středně rychlé	Středně smysluplné/použitelné	Středně kvalitní	Ne
Dohled nad handlingem	Středně rychlé	Středně smysluplné/použitelné	Kvalitní/středně kvalitní	Ano
De-icing, anti-icing	Pomalé	Použitelné	Středně kvalitní	Ne

Pro dva procesy technické obsluhy na letišti pomocí dronů, vyšlo v rámci finálního hodnocení v tabulce 15. použití Ano – toto řešení by se dalo aplikovat. Dva procesy technické obsluhy na letišti pomocí dronů, vyšly v rámci finálního hodnocení v tabulce 15. jako Ne – toto řešení by se nedalo a nemělo by smysl aplikovat na letišti.

6. Diskuse

Na základě analýzy současných procesů v rámci údržby a obsluhy na Letišti Václava Havla v Praze byly navrženy způsoby implementace bezpilotních systémů do letištního provozu. U každého z navržených procesů, které by prováděly UAS, byly představeny procesy integrace na letišti. Zmíněné návrhy pro procesy údržby a obsluhy UAS na letišti by mohly být do budoucna náhradou za současné vykonávání těchto procesů. Zmíněných procesů v této práci je celkem 14 z čehož je 10 z oblasti údržby a 4 jsou z oblasti handlingu.

Veškeré uvedené procesy v práci byly zhodnoceny na základě tří kritérií, které jsou blíže popsány v tabulce 13.

Většina návrhů byla otestována nebo se již na některých letištích využívají. Na základě rozhovoru s Ing. Sabinou Lajdovou již LKPR využilo drony pro 3D snímání budov, zeleně či kubatur, dále pak kontrolu střech budov termovizní kamerou, kontrolu zařízení PAPI, natáčení komerčních akcí nebo snímání RWY kvůli odgumování. Z toho vyplývá, že úvahy této práce zapadají do konkrétních vyzkoušených procesů.

V případě procesů týkajících se údržby na letišti bylo popsáno několik možných variant využití UAS. U procesů jako je detekce cizích předmětů na pohybových plochách letiště se zjistilo, že pokud by byla vyvinuta technologie pro detekci a pro sběr nežádoucích předmětů na dráze drony, lepší nebo srovnatelnou rychlostí, dalo by se uvažovat o možné implementaci UAS na letišti. Dokud ale takové řešení nebude existovat, bude stávající provádění kontrol FOD automobilem zachováno. Naopak u podrobných pravidelných i nepravidelných kontrol RWY by bezpilotní systémy byly velkým přínosem, jelikož by zefektivnily rychlost kontrol a zároveň by snížily náklady na inspekce. U kontrol PAPI, přibližovací světelné soustavy a pozemního světelného zabezpečení se zjistilo, že UAS jsou vhodnou volbou. V tomto ohledu přináší jednoduché řešení, protože inspekce se dají provést přesně, rychle, z více úhlů pohledu, ekonomicky a zároveň bezpečně oproti současným typům kontrol. ILS je další kontrolované zařízení. V porovnání se stávajícím způsobem kalibrace ILS je kontrola pomocí dronů jen z části implementovatelná. Tedy bezpilotní systém by bylo vhodné využít pouze v blízkosti RWY (maximálně do 500 metrů od prahu dráhy) ke kalibraci localiseru. UAS by v tomto případě musel doplnit kalibrační letadlo, ale zároveň by urychlil proces měření. Kontroly VOR, D-VOR, DME nebo RDF by mohly být nahrazeny drony na základě měřících zařízení, které by měly bezpilotní systémy ve výbavě. V tomto případě by tradiční metody mohly být nahrazeny UAS a zjednodušily by proces inspekce. Drony by umožnily snížit náklady na kontrolu a urychlit proces měření oproti inspekčnímu letadlu. Skutečným přínosem by bylo využití UAS při kontrolách letištních nemovitostí a dalších drobných objektů a infrastruktury. Zde by díky sensorům dronů mohly vzniknout velmi kvalitní a detailní 2D nebo 3D modely složené ze

snímků a na základě těchto modelů by bylo možné posuzovat stav nemovitostí nebo infrastruktury. Běžnými metodami by inspekce trvala mnohem déle s méně přesnými výsledky.

Největší přínos by využití UAS v procesech údržby mělo při inspekci letadel v hangáru. V rámci kontroly letadel v hangáru by bylo řešení prováděné drony nepřekonatelné ve srovnání s běžnými metodami inspekce.

Pro inspekce letištních ploch, letištních staveb a objektů, inspekce letadel v hangáru by jako dalším urychlením bylo nasadit více než jeden dron. Například u kontroly RWY bezpilotními systémy by inspekci prováděly dva drony. Každý by letěl například z jednoho konce dráhy směrem proti sobě. Výsledkem by bylo zkrácení délky inspekce na polovinu.

V rámci využití UAS v procesech handlingu na letišti bylo představeno několik možných variant procesů. Prvním uvedeným procesem byla předletová kontrola drony. Toto řešení bylo zajímavým návrhem, ale nakonec se ukázalo, že by mělo několik nevýhod. Předletové kontroly drony by nebylo možné uskutečňovat ve špatném počasí a je možné, že by mohly překážet personálu handlingu, který by dělal nakládku a vykládku zavazadel či jiného zboží. Avšak drony by tímto procesem mohly zajistit větší bezpečnost letecké dopravy. Pokud by letadla stála mimo terminály, venkovní kontrola před letem by se mohla uskutečnit s větší pravděpodobností než na odbavovací ploše. Dalším procesem pro UAS bylo navádění letadel na letištní odbavovací plochu, konkrétně na parkovací stání. Toto řešení by nebylo vyloženě nepoužitelné pro všechna letiště. Na LKPR by nejspíše díky systémům VDGS nebylo integrováno z důvodů jednoduššího nahrazení systému VDGS například signalistou. V některých případech, především parkování letadel mimo letištní odbavovací plochu by se drony mohly využít místo naváděcích automobilů „follow me“, ale to by bylo předmětem dalšího podrobnějšího zkoumání. Pozorování procesu handlingu bylo dalším navrženým způsobem možného využití bezpilotních systémů na letišti. Oproti současnému zajištění pozorování procesu technického odbavení video-analytikou by mohlo mít navržené řešení výhodu. V tomto případě by dron měl oproti statickým kamerám na terminálech a jiných místech odbavovací plochy výhodu v tom, že by celý proces odbavení mohl sledovat z perspektivy, což by umožnilo jiný úhel pohledu na pracovníky handlingu. Dále by byl obraz přenášený bezpečnostním složkám, které by měly zajištěnou ještě větší bezpečnost. Nicméně pro zjištění efektivity a potřeby mít zajištěný pohled shora na proces odbavení, by bylo podnětem pro další zkoumání a testování. Posledním z navrhovaných procesů byl de-icing a anti-icing pomocí UAS. Bylo zjištěno, že by technologicky toto řešení bylo uskutečnitelné, ale není jisté, jak by se řešení osvědčilo v praxi. U tohoto procesu je ale možné říci, že by ztratil své využití za nevyhovujících meteorologických podmínek. V případě sněžení by se na listech vrtulí mohla vytvořit námraza a bezpilotní systém by se mohl stát nebezpečným a neovladatelným.

Svět dronů se rychle mění a jak roste, vyvíjí se více příležitostí pro použití této technologie. Díky dronům, které mohou létat v malých výškách se letišti odemykají možnosti nejen k výtěžku, ale také k úsporám nákladů, které by jinak letiště vynaložilo za provádění zavedených procesů. Tento nový letecký sektor by mohl poskytnout letišťům příležitost rozvíjet nové toky příjmů tím, že nabídne oblasti pro výzkum a vývoj UAS a další podpůrná zařízení pro komerční průmysl i pro jednotlivé piloty. Rozšiřující se nabídka využití dronů je výzvou pro manažery letišť, jak marketingově zhodnotit jejich přínos.

Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout možné využití UAS v rámci provozu letiště a na letišti se zaměřením na oblast využití UAS v procesech údržby a handlingu. V tomto případě se jedná o poměrně novou oblast využití bezpilotních systémů a bylo třeba analyzovat možnosti využití UAS na letištích. V této práci byla provedena analýza stávajících procesů na Letišti Praha, a.s. a následně bylo navrženo možné využití dronů pro procesy údržby a technického handlingu. Některé z uvedených procesů údržby a obsluhy již byly implementovány na jiných letištích ve světě, nicméně práce uvedla i úplně nové návrhy pro využití dronů. Tyto nové návrhy byly integrovány do práce na základě stávajících procesů na letišti a dále na základě hypotéz souvisejících s využíváním dronů v jiných profesích.

V práci byly rozvedeny důležité pojmy a definice ohledně bezpilotních systémů. Dále pak obecné globální rozdělení UAS dle využití společně s rozdělením zastoupení dronů v jednotlivých službách. Potom už následovalo zaměření na bezpilotní systémy z pohledu využití na letišti obecně. Byly zmíněny různé typy využití od nejběžnějších možností až po specifické. Nechybělo ani doplnění nových využití dronů v rámci letiště navržených v rámci úvahy. Všechny tyto definice, pojmy či využití dronů v různých sférách byly podstatné pro další porozumění celé práci.

Vytváření předpisů pro práci s drony upravuje Evropská unie, podle které se dělí i provoz UAS na dané kategorie. Jelikož je používání UAS v prostorách letiště zatím poměrně novou oblastí, specifikace legislativy je stále živým procesem čekajícím na konkretizaci. Nicméně možnosti testování UAS v prostorách letiště závisí především na domluvě s příslušnými leteckými úřady, řídicími letového provozu a provozovatelem letiště.

V této práci proběhla analýza venkovního prostoru LKPR v rámci problematiky začleňování bezpilotních systémů do provozu letiště. Dále pak bylo zapotřebí popsat nejdůležitější problematiku práce, čímž bylo uvedení možných konceptů využití UAS při použití na letišti. Zde bylo podstatné si stanovit procesy v rámci údržby a handlingu, které by mohly nahradit stávající procesy v těchto oblastech na letišti. Na LKPR byly testovány některé již ve světě existující koncepty pro použití dronů na letišti v uváděných oblastech procesů. Avšak práce zmínila i další koncepty, které byly do ní vneseny na základě úvah a hypotéz. Tyto úvahy byly inspirovány stávajícími procesy a zkušenostmi z letiště. V druhé polovině této kapitoly bylo analyzováno začlenění UAS do vzdušného prostoru letiště. Jako hlavním aspektem pro řízení pohybu dronů byla bezpečnost. Potom bylo důležité rozebrat, jak by byl pohyb bezpilotních systémů v letištní zóně řízen a odkud a jak by probíhalo plánování a řízení operací dronů. Poslední větší částí této kapitoly bylo navržení zázemí pro UAS na letišti.

Zhodnocení návrhů všech uvedených konceptů bylo předmětem 5. kapitoly. Zde bylo provedeno posouzení zmiňovaných návrhů v kapitole 4. a stanovení nejvhodnějších způsobů využití UAS v rámci integrace pro největší pražské letiště. Diskuse poté více rozebrala zmíněné procesy více do detailu a uvedla také výhody a nevýhody implementace dronů do jednotlivých procesů.

Většina zmíněných návrhů pro procesy údržby a obsluhy na letišti bezpilotními systémy jsou velmi dobrou předlohou, a tedy náhradou za stávající procesy na LKPR. Ve světě již existuje poměrně dost praktických ukázek, že integrace UAS do letištních procesů je možná. Na základě posouzení výhod a nevýhod použití UAS pro letištní procesy bylo možné vybrat procesy, které by dávaly smysl zavést do letištního prostředí (viz tabulka 14 a 15). Jedním z největších přínosů integrace dronů pro procesy, které byly vybrány jako smysluplné by pro letiště znamenalo velkou ekonomickou úsporu. Samozřejmě náklady na koupi bezpilotních systémů by byly vysoké, avšak tyto investice by se především díky mnohem nižším provozním nákladům dronů letišti časem vrátily. Dalším přínosem v rámci většiny procesů by bylo ušetření času při jejich provádění. Díky UAS by se například snížila doba obsazenosti vzletové a přistávací dráhy během vykonávaných inspekcí, které by souvisely s RWY. Pro inspekce letadel v hangáru či kontrol letištních staveb by se ušetřilo velké množství času, peněz a pořízená data z dronu by byla zároveň velmi přesná a detailní. Všechna data by byla uložena v databázích pro důslednou analýzu a sloužila by do budoucna jako porovnávací materiál s novými daty. Po vyhodnocení všech aplikací se jeví jako nejvíce užitečné použití UAS v procesech údržby. Tím jsou zmíněné inspekce letištních ploch, systémů PAPI, ALS, LIGHTS, VOR, DME, RDF, letištních staveb a inspekcí letadel v hangáru. Nasazením všech těchto procesů na LKPR by znamenalo zvýšení úrovně bezpečnosti letiště a také úsporu času, která by vedla ke snížení ekonomických nákladů pro letiště.

Jelikož je využívání dronů obecně, a hlavně na letištích velmi čerstvou a stále se vyvíjející oblastí nebylo vždy možné konkretizovat podmínky pro použití bezpilotních systémů na letišti. To také velmi souviselo s menším objemem dostupných informací. Všeobecně se to týká legislativy pro používání UAS a jejich koordinace ve vzdušném prostoru. Dále jsou to technické možnosti, které se stále rozšiřují, zdokonalují, a tedy mnoho z nich je teprve ve fázi vyvíjení či testování pro dané procesy. V této práci nebylo vždy jednoduché rozhodnout, zda navržený proces má smysl anebo jestli se jedná pouze o hypotetický koncept, který nebude mít v reálném světě využití (viz procesy z kapitoly 4.5.). Toto rozhodování ovlivňoval fakt, že tyto koncepty jsou zatím neprověřené a neozkoušené v praxi. Týkalo se to hlavně navádění letadel na parkovací stání a odmrazování letadel pomocí UAS. Nicméně tato práce může být podnětem pro praktickou realizaci a následné ověření smysluplnosti těchto procesů.

Protože letiště Václava Havla Praha již zaintegrovalo drony v rámci některých procesů, je jen otázkou času, kdy se na největším pražském letišti a dalších letištích rozšíří využití bezpilotních systémů jako běžného pomocníka. Je stále třeba zdokonalovat legislativní podmínky, koordinaci a technické provedení bezpilotních systémů. Stále vylepšování těchto bodů by mělo odstranit překážky k plné integraci UAS do provozu letiště.

Cíl této práce je splněn, ale stále se otevírají nové možnosti rozvoje technologií a prozkoumávání jejich využití. V některých případech by se tato práce určitě dala řešit i jiným způsobem a je zde mnoho jednotlivých oblastí, které by mohly být rozvedeny více do hloubky v dalších odborných pracích. Je jisté, že každým rokem budou přibývat nové a další informace, které poslouží k posouzení užitečnosti využití dronů a také rozhodnutí o jejich implementaci do letištních procesů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Bezpilotní letecké systémy a jejich specifika [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/oborovy_seminar/2019/Karas.pdf
- [2] AIM | Air Navigation Services of the CR [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>
- [3] Safety Studies & Procedures - Canard Drones. Smart Solutions for Smart Airports - Canard Drones [online]. Dostupné z: <https://canarddrones.com/safety-studies-procedures/>
- [4] PAPI Calibration - Canard Drones. Smart Solutions for Smart Airports - Canard Drones [online]. Dostupné z: <https://canarddrones.com/portfolio/papi-calibration/>
- [5] EUR-Lex - 32019R0947 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947>
- [6] EUR-Lex - 32019R0945 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0945>
- [7] Benefits of using drones at airports?! Yes, indeed. - DroneDJ. DroneDJ - Drone news and views covering DJI, Skydio, Parrot and more [online]. Dostupné z: <https://dronedj.com/2019/03/06/benefits-using-drones-at-airports/>
- [8] EasyJet says drone chaos was 'wake-up call' for airports - BBC News. BBC - Homepage [online]. Copyright © 2021 BBC. The BBC is not responsible for the content of external sites. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: https://www.bbc.com/news/business-46957185?intlink_from_url=https://www.bbc.com/news/topics/cnx1xjxwp51t/gatwick-drone-shutdown&link_location=live-reporting-story
- [9] Drone sighting disrupts major US airport - BBC News. BBC - Homepage [online]. Copyright © 2021 BBC. The BBC is not responsible for the content of external sites. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/technology-46968419>
- [10] The mystery of the Gatwick drone | Gatwick airport | The Guardian. [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/uk-news/2020/dec/01/the-mystery-of-the-gatwick-drone>

- [11] Heathrow airport: Drone sighting halts departures - BBC News. BBC - Homepage [online]. Copyright © 2021 BBC. The BBC is not responsible for the content of external sites. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/uk-46803713>
- [12] Gatwick Airport drone attack: Police have 'no lines of inquiry' - BBC News. BBC - Homepage [online]. Copyright © 2021 BBC. The BBC is not responsible for the content of external sites. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/uk-england-sussex-49846450>
- [13] Positive uses of drones in aviation: UAVs changing airports for the better. Airport Technology | Airport News & Views Updated Daily [online]. Copyright © Copyright Verdict Media Limited 2021 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.airport-technology.com/features/positive-uses-of-drones-in-aviation/>
- [14] Co je dron? Droneweb [online]. Copyright ©Droneweb.cz 2015 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/co-je-dron>
- [15] StackPath. StackPath [online]. Dostupné z: <https://www.aviationpros.com/aircraft/unmanned/article/12436848/airport-benefits-of-drone-technology>
- [16] FOD Finder. Trex Enterprises [online]. Copyright ©2009 Trex Enterprises Corporation. All rights reserved. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <http://www.trexenterprises.com/fodfinderSite/pages/fodfinder.html>
- [17] Letejtezodpovedne [online]. Dostupné z: <https://letejtezodpovedne.cz/rady/letani>
- [18] Letejtezodpovedne [online]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/legislativa/jak_letame_nyni/prechodne_obdobi
- [19] Letejtezodpovedne [online]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/legislativa/co_nas_ceka?clid=268
- [20] Obstacle Control - Canard Drones. Smart Solutions for Smart Airports - Canard Drones [online]. Dostupné z: <https://canarddrones.com/portfolio/obstacle-control/>
- [21] VOR - Cursir. Home - Cursir [online]. Dostupné z: https://cursir.com/?page_id=160
- [22] Home - Donecle. Home - Donecle [online]. Copyright © Donecle 2019 All rights reserved [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.donecle.com/>
- [23] ALS Inspection - Canard Drones. Smart Solutions for Smart Airports - Canard Drones [online]. Dostupné z: <https://canarddrones.com/portfolio/als-inspection/>

- [24] ILS Inspection - Canard Drones. Smart Solutions for Smart Airports - Canard Drones [online]. Dostupné z: <https://canarddrones.com/portfolio/ils-inspection/>
- [25] Ehang presents fire-fighting drone - electrive.com. News - electrive.com [online]. Copyright © 2021 electrive.com [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.electrive.com/2020/08/11/ehang-presents-fire-fighting-drone/>
- [26] K čemu může být dron vyzbrojený plamenometem? | | Vybaven.cz. Pravda o kvalitě vybavení. Buď vybaven! [online]. Copyright © 2010 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.vybaven.cz/zbytecnosti-a-gadgets/k-cemu-muze-byt-dron-vyzbrojeny-plamenometem/>
- [27] Zeměpisné zóny - Úřad pro civilní letectví. Úřad pro civilní letectví - Bezpečně a s nadhledem [online]. Copyright © 2021 všechna práva vyhrazena [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/zemepisne-zony/>
- [28] Letejte zodpovědně [online]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/legislativa/jak_letame_nyni/kategorizace_provozu
- [29] Dronpro [online]. Copyright © 2016 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/co-je-opatreni-obecne-povahy-aneb-14-ceskych-specifik-novych-pravidel-pro-drony>
- [30] EUR-Lex - 32018R1139 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32018R1139>
- [31] Úřad pro civilní letectví - Bezpečně a s nadhledem [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2020/11/20201230162623731.pdf?cb=df1bf0a70f0d917a9de413d0f32845bd>
- [32] Ministerstvo dopravy ČR - Konsolidované znění zákona č. 49/1997 Sb.. Ministerstvo dopravy ČR - Domovská stránka [online]. Copyright © 2021 Ministerstvo dopravy ČR [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Letecka-doprava/Pravni-predpisy/Konsolidovane-zneni-zakona-c-49-1997-Sb>
- [33] AIM [online]. Copyright © ŘLP předpisy [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [34] Dronetag — Tvoříme bezpečný svět dronů. Dronetag — Tvoříme bezpečný svět dronů [online]. Copyright © 2020, [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://dronetag.cz/>

- [35] Sucuri WebSite Firewall - Access Denied. Sucuri WebSite Firewall - Access Denied [online]. Copyright © 2019 Sucuri Inc. All rights reserved. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://eleks.com/blog/drone-inspection-for-aircraft-maintenance-checks/>
- [36] Airbus launches advanced indoor inspection drone to reduce aircraft inspection times and enhance report quality - Commercial Aircraft - Airbus. Airbus - Home - Aerospace pioneer [online]. Dostupné z: <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2018/04/airbus-launches-advanced-indoor-inspection-drone-to-reduce-aircr.html>
- [37] Aircraft Check by Drones at Austrian Airlines | Austrian Blog. [online]. Dostupné z: <https://www.austrianblog.com/en/posts/aircraft-check-by-drones-at-austrian-airlines/>
- [38] VIDEO: Roboti v letectví. Drony ušetří aerolinkám miliony dolarů | Týden.cz. Týden.cz - Aktuální zpravodajství v souvislostech [online]. Copyright © 2006 EMPRESA MEDIA, a.s. Publikování či další šíření obsahu těchto webových stránek bez písemného souhlasu vedení internetové redakce časopisu Týden je zakázáno. Kompletní pravidla využívání obsahu najdete [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: https://www.tyden.cz/rubriky/byznys/svet/video-roboti-v-letectvi-drony-usetri-aerolinkam-miliony-dolaru_306451.html?showTab=nejtenejsi-7
- [39] Airport Services Manual. (Doc 9137)- Part 8 – Airport Operational Services[online]. Copyright ©9 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: http://files.repuloterek-civil-katonai-kozos.webnode.hu/200000027-070ce08fe3/Doc_9137_P8_AIRPORT%20OPERATIONAL%20SERVICES.pdf
- [40] Co jsou to ochranná pásma letiště? - Úřad pro civilní letectví. Úřad pro civilní letectví - Bezpečně a s nadhledem [online]. Copyright © 2021 všechna práva vyhrazena [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz-stare/letadla-bez-pilota-na-palube/provoz-ostatnich-letadel-bez-pilota-na-palube/co-jsou-to-ochranna-pasma-letiste/>
- [41] Rejstřík [online]. Copyright © infoSystem.cz [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://rejstrik.cz/encyklopedie/objekty1.phtml?id=110489&lng=&menu>
- [42] VFR příručka - Česká republika. AIM | Air Navigation Services of the CR [online]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/lkpr_text_cz.html
- [43] AIM | Air Navigation Services of the CR [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14_cely.pdf
- [44] Vstupní řád | Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně. Letiště Václava Havla Praha | Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/vstupni-rad>

[45] Dva dny s Calibrou | Letecká doprava | Zprávy | Flying Revue. Flying Revue - Vše pro příznivce létání [online]. Dostupné z: <https://www.flying-revue.cz/dva-dny-s-calibrou-reportaz>

[46] Drone Mapping Software | Drone Mapping App | UAV Mapping | Surveying Software | DroneDeploy. Drone Mapping Software | Drone Mapping App | UAV Mapping | Surveying Software | DroneDeploy [online]. Copyright © DroneDeploy [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.dronedeploy.com/>

[47] Technet [online]. Copyright © Idnes [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/technika/jak-se-kontroluji-letecka-navigacni-zarizeni.A120725_154936_tec_technika_sit

[48] EASA | European Union Aviation Safety Agency [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/agency-measures-docs-agency-decisions-2014-201X-XXX-R-AMC-GM-ADR-\(DRAFT\).pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/agency-measures-docs-agency-decisions-2014-201X-XXX-R-AMC-GM-ADR-(DRAFT).pdf)

[49] Home | Unifly. Home | Unifly [online]. Copyright © 2021 Unifly nv [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.unifly.aero/>

[50] RAPID. RAPID [online]. Copyright © RAPID 2017 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.mrodrone.net/>

[51] Aerospaceamerica [online]. Dostupné z: <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/drones-to-the-rescue/>

[52] Austrian Airlines trials autonomous drones for aircraft inspection | TechSpot. TechSpot | Tech Enthusiasts, Power Users, Gamers [online]. Copyright © 2021 TechSpot, Inc. All Rights Reserved. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.techspot.com/news/81928-austrian-airlines-trials-autonomous-drones-aircraft-inspection.html>

[53] ANA All Nippon Airways Is Testing Drones To Help With Aircraft Maintenance - LoyaltyLobby. LoyaltyLobby - Making sense of travel loyalty programs. [online]. Copyright © 2011 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://loyaltylobby.com/2017/02/15/ana-all-nippon-airways-is-testing-drones-to-help-with-aircraft-maintenance/>

[54] List of unmanned aerial vehicle applications - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unmanned_aerial_vehicle_applications

[55] The Innovative Use of Drones in Aircraft Maintenance and Repair. Airbus Helicopter and Fixed Wing Parts and Repair | Prime [online]. Dostupné z: <https://primeindustriesusa.com/drones-in-aircraft-maintenance/>

- [56] Lights Inspection - Canard Drones. Smart Solutions for Smart Airports - Canard Drones [online]. Dostupné z: <https://canarddrones.com/portfolio/lights-inspection/>
- [57] EasyJet makes drone inspection a reality in aviation MRO | Mainblades. Aircraft drone inspections | Any aircraft | Mainblades [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://mainblades.com/article/easyjet-makes-drone-inspection-a-reality-in-aviation-mro/>
- [58] DME Measurements - Canard Drones. Smart Solutions for Smart Airports - Canard Drones [online]. Dostupné z: <https://canarddrones.com/portfolio/dme-measurements/>
- [59] Ministerstvo dopravy ČR - Domovská stránka [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: [https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Letecka-doprava/Pravni-predpisy/Letiste/Narizeni-Komise-\(EU\)-c-139-2014.pdf.aspx](https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Letecka-doprava/Pravni-predpisy/Letiste/Narizeni-Komise-(EU)-c-139-2014.pdf.aspx)
- [60] Esipa [online]. Copyright © Evropská unie, [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32018R1139>
- [61] 32020R1234. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/pravo/celex=32020R1234>
- [62] FOD Finder. Trex Enterprises [online]. Copyright ©2009 Trex Enterprises Corporation. All rights reserved. [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <http://www.trexenterprises.com/fodfinderSite/pages/fodfinder.html>
- [63] Toulouse Airport, DSN and EUROCONTROL team up to test integration of drones into airport traffic | EUROCONTROL. EUROCONTROL | Supporting European Aviation | EUROCONTROL [online]. Copyright © EUROCONTROL [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/news/toulouse-airport-dsna-and-eurocontrol-team-test-integration-drones-airport-traffic>
- [64] Amsterdam Airport Begins Inspection Drones Trial – UAS VISION. UAS VISION – a global news service for the unmanned aircraft systems community [online]. Dostupné z: <https://www.uasvision.com/2020/06/22/amsterdam-airport-begins-inspection-drones-trial/>
- [65] Drone Industry Insights | Global Drone Market Research [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://droneii.com/wp-content/uploads/2018/06/The-European-Drone-Industry-v1.1.pdf>
- [66] Here is why drones are the future of aircraft inspection | Mainblades. Aircraft drone inspections | Any aircraft | Mainblades [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://mainblades.com/article/here-is-why-drones-are-the-future-of-aircraft-inspection/>

[67] Captcha. Captcha [online]. Dostupné z: <https://skysense.aero/skysense-wirelesskth-and-the-swedish-sea-rescue-society-partner-to-make-drones-visible-and-able-to-detect-manned-aircraft/>

[68] Mainblades. Aircraft drone inspections | Any aircraft | Mainblades [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://mainblades.com/drone-as-a-tool/#solution>

[69] Luftronix [online]. Dostupné z: <http://www.luftronix.com/>

[70] Rizse, Inc | We are an advanced robotics and A.I. firm. | Relentless in our pursuit of perfection, we're elevating the industry one inspection at a time.. Rizse, Inc | We are an advanced robotics and A.I. firm. | Relentless in our pursuit of perfection, we're elevating the industry one inspection at a time. [online]. Dostupné z: <https://rizse.io/>

[71] StackPath. StackPath [online]. Dostupné z: <https://www.aviationpros.com/aircraft/maintenance-providers/mro/press-release/21142321/singapore-technologies-engineering-ltd-st-engineering-st-engineering-receives-first-ever-authorization-from-caas-to-perform-aircraft-inspection-using-drones>

[72] Drony budou kontrolovat letadla před startem - Novinky.cz. Novinky.cz – nejčtenější zprávy na českém internetu [online]. Copyright © 2003 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/internet-a-pc/clanek/drony-budou-kontrolovat-letadla-pred-startem-40002605>

[73] Area at an airport designated for drones (UAS ATM 2018) | Download Scientific Diagram. ResearchGate | Find and share research [online]. Copyright © 2008 [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Area-at-an-airport-designated-for-drones-UAS-ATM-2018_fig2_345356881

[74] EUR-Lex - 32021R0664 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language [online]. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?toc=OJ:L:2021:139:TOC&uri=uriserv:OJ.L_.2021.139.01.0161.01.CES

[75] Sesarju [online]. Copyright ©B [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20Blueprint%20brochure%20final.PDF>

[76] Volarious [online]. Dostupné z: <https://www.volarious.com/store/vscout-tethered-vehicle>

[77] Dji Mavic 2 Pro zanedlouho přiletí na náš sklad! | FotoŠkoda. Centrum FotoŠkoda - digitální fotoaparáty, objektivy, stativy, paměťové karty, videokamery [online]. Copyright © 2021 Centrum FotoŠkoda [cit. 09.08.2021]. Dostupné z: <https://www.fotoskoda.cz/dji-mavic-2-pro>

2-pro/?gclid=CjwKCAjw9ailBhA1EiwAJ_GTSrdKEEX7EsQHG67KN2R9MornDAbp5Nu-NFM-nRFEPPEmolnagq1oBxoCsG8QAvD_BwE

[78] ČVUT DSpace [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné

z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/92610/F6-BP-2020-Zaloudek-Marek-Bakalarska%20prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

[79] RDF - Cursir. Home - Cursir [online]. Dostupné z: https://cursir.com/?page_id=164

[80] ScienceDirect. ScienceDirect [online]. Copyright © [cit. 09.08.2021]. Dostupné

z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520308711>

[81] Letiště Václava Havla Praha | Letiště Václava Havla Praha, Ruzyně [online]. Copyright ©

[cit. 09.08.2021]. Dostupné

z: <https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/harmonika/soubory/044-secprgsldronysabina-lajdova.pdf>

[82] Aeronos Drone Project is On Hold. Robotic Blade Care Systems | Aeronos -

Home [online]. Copyright © 2021. [cit. 09.08.2021]. Dostupné

z: <https://www.aeronos.com/other/drone/>

[83] Flarm [online]. Dostupné z: <https://flarm.com/technology/>

[84] Science Direct [online]. Dostupné z: <http://Unmanned Aircraft System traffic management: Concept of operation and system architecture - ScienceDirect>

[85] Stavbaweb.cz – Terminál Sever 2 letiště Praha Ruzyně. Stavbaweb.cz – odborný portál

o architektuře a stavebnictví [online]. Dostupné z: [https://www.stavbaweb.cz/terminal-sever-](https://www.stavbaweb.cz/terminal-sever-2-letist-praha-ruzyn-2918/clanek.html)

[2-letist-praha-ruzyn-2918/clanek.html](https://www.stavbaweb.cz/terminal-sever-2-letist-praha-ruzyn-2918/clanek.html)

[86] Letiště Václava Havla Praha – Wikipedie. [online]. Dostupné

z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Leti%C5%A1t%C4%9B_V%C3%A1clava_Havla_Praha

Seznam obrázků

Obrázek 1: Časová osa zavádění nových pravidel pro drony 2020 - 2023; [18]	21
Obrázek 2: Pravidla pro lety v CTR; [17]	22
Obrázek 3: Pravidla pro lety v ATZ; [17]	23
Obrázek 4: Vymodelovaná ochranná pásma na letišti Santander; [20]	35
Obrázek 5: Dron Rapid při inspekci dopravního letadla aerolinky EasyJet v hangárů; [51]..	37
Obrázek 6: Průměrná manuální inspekce po zasažení bleskem na letišti Schiphol; [66]	38
Obrázek 7: Přibližná doba inspekce UAS po zasažení bleskem na letišti Schiphol; [66].....	38
Obrázek 8: Dron společnosti Donecle při inspekci; [37]	39
Obrázek 9: Upoutaný bezpilotní systém společnosti DroScan; [71]	39
Obrázek 10: Upoutaný dron firmy Aeronos provádí de-icing větrné elektrárny; [82]	43
Obrázek 11: Schéma fungování U-Space; [19].....	44
Obrázek 12: Prostor na letišti určený pro lety dronů; [73].....	46

Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozdělení trhu s drony z pohledu služeb z roku 2018; [65]	13
Tabulka 2: Rozdělení využití bezpilotních systémů na letišti a nové způsoby využití; vlastní úprava.....	17
Tabulka 3: Dělení dronů podle velikosti v rámci letů s daným STS ve specifické kategorii; [28]	20
Tabulka 4: Parametry všech RWY na LKPR; [42]	24
Tabulka 5: Výměry letiště Praha, a.s.; [41]	25
Tabulka 6: Parametry LKPR; [42], [85], [86]	25
Tabulka 7: Nejdůležitější fáze technického odbavení (handlingu); [32].....	28
Tabulka 8: Kontroly prováděné na systému PAPI; [4].....	30
Tabulka 9: Kontroly prováděné na systému ALS; [23]	31
Tabulka 10: Přehled hlavních kontrol u localiseru a glideslope; [24].....	32
Tabulka 11: Přehled hlavních parametrů signálu pro nastavení ILS; [24].....	32
Tabulka 12: Přehled jednotlivých kontrol na určitých typech pozemních světél na letišti; [56]	33
Tabulka 13: Popis stanovených kritérií posuzování návrhů; vlastní úprava	48
Tabulka 14: Využití UAS v procesech údržby – hodnocení dle stanovených kritérií; vlastní úprava	49
Tabulka 15: Využití UAS v procesech technické obsluhy – hodnocení dle stanovených kritérií; vlastní úprava	50