



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

SOUČASNÉ UAS A MOŽNOSTI JEJICH APLIKACE DO KOMERČNÍHO PROSTORU V EVROPĚ

CONTEMPORARY UAS AND THE POSSIBILITIES OF THEIR APPLICATION TO EUROPEAN COMMERCIAL
AIRSPACE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Fridrich

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Letecký ústav
Student: **Jan Fridrich**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Současné UAS a možnosti jejich aplikace do komerčního prostoru v Evropě

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Charakterizující přehled moderních leteckých bezpilotních systémů (UAS).

Cíle a možnosti aplikace soudobých UAS do komerčních aktivit.

Požadavky na provoz UAS v řízeném vzdušném prostoru Evropy.

Technické možnosti a dosavadní limity realizace palubního vybavení CNS UAS, nutných pro lety v řízeném letovém provozu Evropy.

Cíle bakalářské práce:

Vytvořit kvalifikovanou studijní pomůcku pro studenty BS oboru Profesionální pilot v oblastech:

Provozní možnosti současných UAS.

Možnosti využití UAS v komerční sféře.

Požadavky na vybavení komerčních UAS pro provoz v řízeném prostoru.

Technologie CNS umožňující UAS vstup do řízeného prostoru.

Seznam doporučené literatury:

<http://www.caa.cz/navody/provoz-ostatnich-letadel-bez-pilota-na-palube>

<http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube/postupy-pro-vydani-povoleni-k-letani-letadla-bez-pilota>

lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/Klement.ppt

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá charakterizováním legislativy pro moderní letecké bezpilotní systémy (UAS), jejich komerční využití v Evropě a předpokládaný vývoj do budoucnosti v období 3–5 let.

V první části jsem se věnoval důvodu, proč vznikla kategorie bezpilotních systémů a popsal jsem, jak vzniká legislativa a jednotlivé nařízení pro státy Evropské unie a Evropské agentury pro bezpečnost v letectví.

Následně jsem vybral a shrnul nejdůležitější platnou legislativu pro kategorii bezpilotních systémů. Zároveň jsem vysvětlil podmínky pro registrace a létání s UAS a definoval vzdušný prostor pro UAS, který se nazývá U-Space. Informace jsem čerpal z elektronických verzí jednotlivých nařízení, které byly vydány v Úředním věstníku Evropské unie.

V další části jsem se zabýval technologiemi CNS, které budou muset mít UAS, aby mohly komunikovat s řídicím letového provozu (ATC). Následně jsem definoval cíle a možnosti komerčního využití UAS v Evropě.

Práce může být použita jako kvalifikovaná pomůcka při studování legislativní problematiky ohledně UAS nebo při teoretické výuce oboru Profesionální pilot.

Klíčová slova

UAS, letecké předpisy, bezpilotní systémy, drony, bezpilotní letadla.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the characterization of legislation for modern unmanned aircraft system (UAS), their commercial use in Europe and the expected development in the future over a period of 3-5 years.

In the first part, I focused on the reasons why the category of unmanned aircraft systems was created and described how legislation and individual regulations for the states of the European Union and the European Aviation Safety Agency are created.

I selected and summarised the most important legislation in force for the category of unmanned aircraft systems. At the same time, I explained the conditions for registration and flying with UAS and defined the airspace for UAS, which is called U-Space I drew information from the electronic versions of the various regulations published in the Official Journal of the European Union.

In the next part, I looked at the CNS technology, which will need to have a UAS in order to communicate with the air traffic controller (ATC). Subsequently, I defined the objectives and possibilities for commercial use of UAS in Europe.

The thesis can be used as a qualified aid in studying legislative issues regarding UAS or in theoretical instruction in the branch of Professional Pilot.

Key words

UAS, aviation regulations, unmanned aircraft systems, drones, unmanned aircraft.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FRIDRICH, Jan. *Současné UAS a možnosti jejich aplikace do komerčního prostoru v Evropě*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/133193>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav. Vedoucí práce Slavomír Vosecký.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Současné UAS a možnosti jejich aplikace do komerčního prostoru v Evropě** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 21. května 2021

Jan Fridrich

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce doc. Ing. Slavomíru Voseckému, CSc. za poskytnutích cenných rad při vypracování této závěrečné práce. Dále chci poděkovat za odborné konzultace doc. Ing. Jakobovi Krausovi, Ph.D. Zároveň děkuji za podporu své rodině a kamarádům, kteří mi byli oporou během celého bakalářského studia.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 Vznik UAS a její legislativa v rámci Evropské unie.....	12
1.1 Vznik UAS.....	12
1.1.1 Podstata vytvoření UAS.....	12
1.2 Legislativa v rámci Evropské unie.....	13
1.2.1 Tvorba Evropského předpisu.....	13
1.2.2 Nařízení pro UAS.....	14
2 Kategorie UAS.....	15
2.1 Registrace pilota UAS.....	16
2.2 Podmínky pro registraci UAS.....	18
2.3 Bezpilotní systémy třídy C0 – C4.....	19
2.3.1 Bezpilotní systémy třídy C0.....	20
2.3.2 Bezpilotní systémy třídy C1.....	20
2.3.3 Bezpilotní systémy třídy C2.....	20
2.3.4 Bezpilotní systémy třídy C3.....	20
2.3.5 Bezpilotní systémy třídy C4.....	21
2.4 „Otevřená“ (Open) kategorie.....	21
2.4.1 Podkategorie A1 – A3.....	22
2.4.2 Podkategorie A1.....	23
2.4.3 Podkategorie A2.....	23
2.4.4 Podkategorie A3.....	23
2.5 „Specifická“ (Specific) kategorie.....	23
2.5.1 Bezpilotní systémy třídy C5.....	24
2.5.2 Bezpilotní systémy třídy C6.....	25
2.5.3 Standardní scénáře (STS).....	26
2.5.4 Standardní scénář 1 (STS-01).....	26
2.5.5 Standardní scénář 2 (STS-02).....	27
2.6 „Certifikovaná“ (Certified) kategorie.....	28
2.7 Vzdušný prostor pro UAS (U-Space).....	29
2.8 Třídy vzdušného prostoru.....	30
2.8.1 Vzdušný prostor třídy C.....	30
2.8.2 Vzdušný prostor třídy D.....	31
2.8.3 Vzdušný prostor třídy E.....	31
2.8.4 Vzdušný prostor třídy G.....	31
2.8.5 U-Space služby.....	31
3 Technologie CNS.....	32
3.1 Požadavky pro UAS.....	32
3.2 ADS.....	32
3.2.1 ADS-A a ADS-C.....	33
3.2.2 ADS-B.....	33
3.2.3 ADS-B s módem S.....	34
3.2.4 TCAS a ADS-B in.....	34

3.3	Odpovídač sekundárního přehledového radaru SSR.....	34
3.3.1	Módy SSR odpovídače	34
4	Cíle a možnosti komerčních aktivit UAS	36
4.1	Kontroly.....	36
4.1.1	Kontrola v energetice.....	36
4.1.2	Inspekce vysokého napětí	37
4.1.3	Kontrola fotovoltaických elektráren	37
4.1.4	Zemědělství.....	38
4.1.5	Stavebnictví	39
4.2	Využití v těžebním a zpracovatelském průmyslu.....	39
4.3	Fotografování a natáčení videa.....	40
4.4	Záchrané a pátrací operace	40
4.5	Monitoring.....	40
4.6	Přeprava materiálů a osob	41
4.6.1	Zipline.....	41
4.7	Primoco UAV ONE 150.....	41
4.7.1	Vojenské účely využití	42
4.7.2	Civilní využití	42
4.8	DJI MAVIC 2 Enterprise advanced	43
4.9	DJI P4 Multispectral.....	43
4.10	DJI M300 RTK.....	44
5	Odhadovaný vývoj UAS v období 3–5 let.....	45
5.1	Legislativa	45
5.2	Komunikace.....	45
5.3	Vývoj potřebné technologie	45
5.4	Zabezpečení	46
5.5	Přístroje	46
5.6	Využití UAS	46
6	Zhodnocení výsledků práce	47
	ZÁVĚR	48
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	49
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	53

ÚVOD

Člověk od nepaměti vzhlížel k nebi a chtěl vyzkoušet, jaký je to pocit létat. Když se bratři Wrightové poprvé vznesli do vzduchu, netušili, jak jejich vynález změní celý svět. Vývoj letectví pokročil milovými kroky. V poslední době jsou nejrychleji se rozvíjejícím leteckým odvětvím bezpilotní letadla a drony, které nejnověji označujeme souhrnnou zkratkou UAS.

Bezpilotní systémy se mohou stát v budoucnosti dominantním odvětvím leteckého průmyslu. K tomu je ale zapotřebí schválit odpovídající legislativu a předpisy. V dnešní době existuje 5 modelů vývoje UAS – evropský, který popisují, dále americký, australský, kanadský a asijský. Čína aktuálně patří ve vývoji tohoto odvětví letectví ke světové špičce.

Z tohoto důvodu jsem se snažil vysvětlit aktuální legislativu v Evropě a její postupný vývoj do budoucna. Zároveň porovnávám aktuální možnosti bezpilotních systémů a jejich komerční využití jak v České republice, tak v Evropě.

Evropská komise proto schválila nařízení, které postupně definuje jednotlivé kategorie UAS a jednotlivé podmínky jejich provozu pro všechny členské státy EU. Jejich implementaci pověřila Evropskou agenturu pro bezpečnost letectví (EASA).

V první části práce jsem proto popsal jednotlivé kategorie UAS a jejich třídy, které EASA vytvořila. Zároveň jsem vysvětlil podmínky a podobu testů, které musí dálkově řídicí pilot splnit, aby mohl s drony létat podle nově platné legislativy od 31. 12. 2020.

Následně jsem popsal a vysvětlil nový pojem používaný v bezpilotním prostředí, konkrétně U-Space, který má za cíl integrovat UAS do řízeného vzdušného prostoru.

Dalším tématem, kterým jsem se zabýval, byly technologie CNS, které jsou důležité pro zajištění bezpečného a efektivního leteckého provozu a popsal jsem, jaké přístroje bude muset UAS mít, aby dálkově řídicí pilot mohl bezpečně vletět do řízeného vzdušného prostoru a neohrozil tak leteckou dopravu.

V závěrečné části práce jsem rozdělil komerční využití UAS na dvě hlavní odvětví, konkrétně využití v armádě a v civilním sektoru, na který jsem se hlavně zaměřil. Potom jsem uvedl jednotlivé příklady včetně možných typů UAS, které lze v dnešní době koupit.

Toto téma jsem si vybral, protože od dětství létám s modely letadel a drony a zajímala mě aktuální problematika ohledně vývoje leteckých předpisů v tomto odvětví. Zároveň vidím velký potenciál do budoucnosti ohledně možné revoluce v letectví spočívající v možném rozšíření použití UAS do oblastí, které jsou v dnešní době doménou „klasického“ letectví. Vysvětlení těchto leteckých předpisů považuji za nejtěžší část práce, protože nastudování a pochopení jednotlivých nařízení mi trvalo nejdéle.

Cílem bakalářské práce je vytvoření uceleného přehledu aktuální legislativy a jednotlivých předpisů pro členské státy EU a EASA. Dále se tato práce zabývá možnostmi využití UAS v komerční sféře a kvalifikovaný odhad vývoje UAS v období 3-5 let.

1 Vznik UAS a její legislativa v rámci Evropské unie

Bezpilotní systém (UAS – unmanned aircraft system) se obecně definuje jako letadlo a s ním spojené prvky, které fungují bez pilota na palubě. Přestože bezpilotní letadla jsou s letectvím spojena od jeho počátku, přesně určená kategorie UAS je jedno z nejmladších odvětví leteckého sektoru, kterou Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO – International Civil Aviation Organization) definuje a integruje. Tyto systémy jsou založeny na vývoji leteckých technologií a nabízejí zlepšení, která mohou vytvořit nové nebo vylepšit stávající civilní nebo obchodní využití, zároveň zvýšit bezpečnost a efektivitu celého civilního sektoru letectví. Nejdůležitějším parametrem pro další rozvoj je bezpečná integrace UAS do vzdušného prostoru. Tato integrace je dlouhodobou činností, při níž zúčastněné orgány vydávají odborné posudky na případné neshody jako jsou např. udělování licencí pro piloty UAS, technologie pro detekci a případnému vyhnutí se srážce, normy pro oddělení od ostatních letadel a pevné regulační rámce [1].

1.1 Vznik UAS

12. dubna 2005 během první schůzky 169. zasedání ICAO požádala letecká navigační komise generálního tajemníka, aby konzultoval s vybranými státy a mezinárodními organizacemi téma současné a předpokládané mezinárodní činnosti v oblasti bezpilotních systémů (v té době známé pod zkratkou UAV – unmanned aerial vehicle), procedury pro odstranění nebezpečí pro civilní letadla, které způsobují UAV a postupy, které by mohly být zavedeny pro vydávání speciálních povolení pro činnosti s mezinárodními civilními UAV [1].

Protože se jednalo o novou technologii, která se rychle vyvíjela, naskytla se jedinečná možnost pro zajištění jednotnosti již v rané fázi, a proto bylo veškeré úsilí ICAO založeno na strategickém přístupu a podpoře regulačních orgánů. Na schůzce bylo rovněž navrženo, aby se od tohoto okamžiku tato kategorie nazývala bezpilotní systémy (UAS) v souladu s dohodami s Radiotechnickou komisí pro letectví (RTCA – Radio Technical Commission for Aeronautic) a Evropskou organizací pro vybavení civilního letectví (EAROCAE – European Organisation for Civil Aviation Equipment) [1].

1.1.1 Podstata vytvoření UAS

V nejširším smyslu zavedení UAS nemění žádné stávající rozdíly mezi modely letadel a letadly. Hlavním cílem předpisů pro letectví je dosáhnout a udržet co nejvyšší jednotnou úroveň bezpečnosti. V případě UAS to znamená zajistit bezpečnost všech ostatních uživatelů vzdušného prostoru a zároveň bezpečnost osob a majetku na zemi [1].

Určení společných rysů a rozdílů mezi pilotovanými a bezpilotními letadly byl první krok k vytvoření regulačního rámce, který poskytl minimálně rovnocennou úroveň bezpečnosti pro integraci UAS do vzdušného prostoru. Klíčovým faktorem pro bezpečnou integraci UAS do vzdušného prostoru bude schopnost UAS reagovat stejně jako letadlo s posádkou. Velká část této schopnosti bude záležet na technologii a schopnosti letadla, které je řízeno dálkově řídicím pilotem UAS stejně jako na komunikace mezi dálkově řídicím pilotem UAS a řízením letového provozu (ATC – Air Traffic Control), výkonnosti jako např. doba spojení a reakce dálkově řídicího pilota UAS na instrukce vydané ATC [1].

Dálkově řídicí pilot, který řídí UAS, a pilot letadla s posádkou mají stejnou výslednou odpovědnost za bezpečný provoz svých letadel ve vzdušném prostoru. UAS jsou provozovány v souladu s normami ICAO, které existují pro letadla s posádkou a v souladu se zvláštními a speciálními normami, které řeší provozní, právní a bezpečnostní rozdíly mezi letadly s posádkou a bezpilotními letouny [1].

1.2 Legislativa v rámci Evropské unie

Evropská unie (EU – European Union) je svazek 27 demokratických evropských zemí, které se zavázaly ke společnému úsilí o mír a prosperitu. Členské státy vytvořily společné orgány, na které přenesly část své suverenity, takže rozhodnutí o určitých záležitostech společného zájmu lze přijímat demokraticky na evropské úrovni [2].

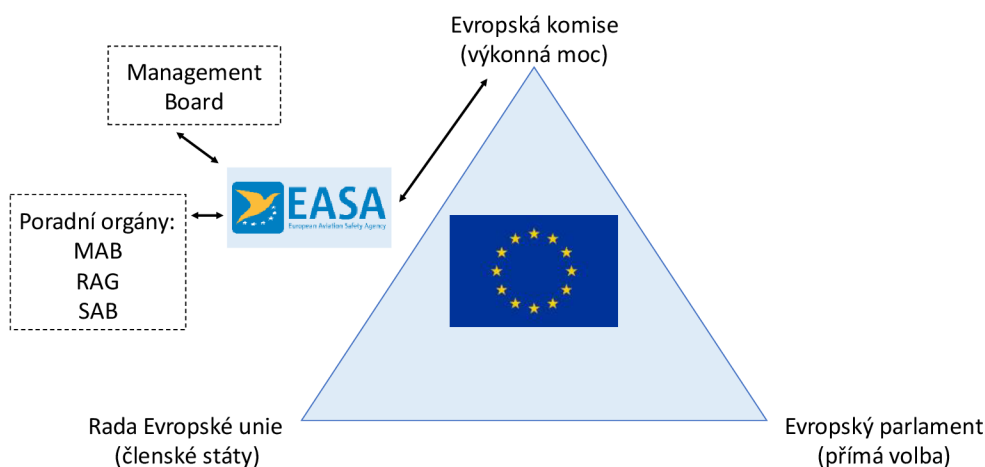
EU vytváří Evropské předpisy, na kterých se podílejí hlavně tyto orgány – Evropský parlament, Rada Evropské unie a Evropská komise, které se označují jako trojúhelník moci. Pod Evropskou komisí spadá Evropská agentura pro bezpečnost letectví (EASA – European Union Aviation Safety Agency). Členských států EASA je celkově 31 (kromě států EU ještě Norsko, Island, Lichtenštejnsko a Švýcarsko) [2, 3].



Obr. 1 Schéma trojúhelníku moci [4].

1.2.1 Tvorba Evropského předpisu

Proces tvorby nového předpisu začíná v Evropské komisi. Komise hájí evropské zájmy. Následně Rada Evropské unie uspořádá hlasování, které je hlasem členských států na všech úrovních. Může zohlednit různorodost národních přístupů. Rada hájí národní zájmy. Poslední je Evropský parlament, který je politickým orgánem. Evropský parlament hájí spíše evropské než národní zájmy. Politici nicméně nerozhodují o technických záležitostech, zůstávají na úrovni Základních požadavků, které jsou známy pod anglickým označením Essential Requirements. Z tohoto důvodu byla vytvořena EASA, která navrhuje předpisy a implementační pravidla pro Evropskou komisi [2, 5].



Obr. 2 Schéma tvorby Evropského předpisu [4, 6].

Nařízení EU má obecnou platnost. Po vyhlášení v Úředním listu EU je závazné ve všech svých částech a bezprostředně použitelné (tj. přímo aplikovatelné) v každém členském státě. Nařízení má aplikační přednost před národními právními předpisy [7].

Cílem EASA je zajistit vysokou a stejnou úroveň ochrany evropských občanů a podporovat volný pohyb zboží, osob a služeb. Základním dokumentem EASA je Nařízení Rady a Parlamentu 2018/1139, který lze považovat za letecký zákon EU [2, 5].

Existují tři druhy předpisů:

1. Nařízení Rady a Parlamentu, které se nepřevádí do národních zákonů dané země, ale uplatňuje se přímo.
2. Prováděcí předpisy (IR – Implementing rules) přijaté Evropskou komisí.
3. Certifikační specifikace (CS – Certification Specifications) [2].

1.2.2 Nařízení pro UAS

Pro zajištění volného letu UAS a rovných podmínek v rámci Evropské unie, EASA vytvořila evropská pravidla. Zvolený postup počítá v uplatňování nejvyšších bezpečnostních standardů, jak u letadel s posádkou, tak u UAS. Předpisy jsou založeny na posouzení rizika provozu a vytvářejí rovnováhu mezi povinnostmi výrobců UAS a dálkově řídicích pilotů UAS v otázkách týkajících se bezpečnosti, respektování soukromí, životního prostředí a ochrany proti hluku. Nové předpisy mají za cíl, aby dálkově řídicí piloti UAS – ať jsou rekreační nebo profesionální, budou mít jasnou představu o tom, co je či není povoleno. Předpisy pokryjí každý typ UAS od těch, které nevyžadují žádné předchozí povolení až po určité kategorie, které zahrnují jak certifikaci UAS, tak i dálkově řídicího pilota včetně minimálních požadavků na jeho výcvik. Společné předpisy pomohou podpořit investice a inovace v tomto rychle se vyvíjejícím odvětví letectví [8].

Nařízení (EU) 2019/945 definuje bezpilotní systémy a provozovatele bezpilotních systémů ze třetích zemí. Nařízení (EU) 2019/947 definuje pravidla a postupy pro provoz bezpilotních letadel. Tato nařízení stanovují rámec pro bezpečný provoz dronů na evropském nebi (pro členské státy EU a EASA). Přijímají přístup založený na riziku a nerozlišují mezi volnočasovými a obchodními činnostmi. Především se zohledňuje hmotnost a specifikace dronu (včetně leteckých modelů) a zároveň k jakému účelu slouží [9].

Nařízení (EU) 2019/947 vešlo v platnost 30. 12. 2020 a definuje tři základní kategorie:

1. Otevřená kategorie (open category).
2. Specifická kategorie (specific category).
3. Certifikovaná kategorie (certified category) [9].



Obr. 3 Rozdělení kategorií UAS [10].

Zároveň se od 31. 12. 2020 musel provozovatel UAS registrovat v zemi, ve které žije nebo má jako hlavní místo podnikání. Provozovatel UAS je jakákoliv osoba, ať už fyzická nebo právnická, která vlastní dron nebo si ho pronajímá. Zároveň je zaregistrována u příslušného úřadu a je zodpovědná za provoz UAS. Příslušným úřadem v České republice (ČR) pro registraci je Úřad pro civilní letectví (ÚCL) - www.caa.cz. Provozovatel UAS si musí být vědom pravidel a rizik spojených s provozem [9, 11].

2 Kategorie UAS

Otevřená kategorie se týká provozu, kde se předpokládá nízké riziko a je zajištěna bezpečnost za předpokladu, že provozovatel bezpilotního letounu splňuje příslušné požadavky pro zamýšlený provoz. Tato kategorie je dále rozdělena do dalších tří podkategorií označovaných jako A1, A2 a A3. Provozní rizika v této kategorii se považují za nízká, a proto není nutné žádat o povolení před začátkem letu [9].

Specifická kategorie zahrnuje rizikovější provoz, kdy bezpečnost zajišťuje provozovatel UAS, který před začátkem letu získá od příslušného vnitrostátního orgánu provozní oprávnění. Pro získání povolení je provozovatel UAS povinen provést posouzení bezpečnostního rizika (při použití metodiky tzv. SORA – Specific Operations Risk Assessment), které určí požadavky nezbytné pro bezpečný provoz UAS [9].

U certifikované kategorie je bezpečnostní riziko natolik vysoké, že k zajištění bezpečnosti je vyžadována jak certifikace provozovatele UAS, tak i dálkově řídicího pilota UAS [9].

Řízení provozu pro UAS bude zajištěno prostřednictvím vyhrazeného vzdušného prostoru označovaný jako U-Space (podrobně definované v kapitole 2.7), který je další složkou regulačního rámce pravidel ve vzdušném prostoru. Tento regulační rámec vytváří a uvádí v soulad potřebné podmínky pro bezpečný provoz mezi letadly s posádkou a UAS ve vzdušném prostoru [9].

Hlavní myšlenkou U-Space je, aby se předešlo srážkám mezi letadly a zmírnila se rizika, jak ve vzduchu, tak i na zemi. Regulační rámec pro U-Space, definovaný jasnými a jednoduchými pravidly, by měl umožňovat bezpečný provoz letadel ve všech oblastech a pro všechny typy bezpilotního provozu. Tato struktura vzdušného provozu a služeb má zajistit bezpečný let UAS [9].



Obr. 4 Různé typy menších UAS pro běžné uživatele.

2.1 Registrace pilota UAS

Od 31. 12. 2020 se pilot bezpilotního systému musí zaregistrovat na webu <https://dron.caa.cz>, aby mohl absolvovat online test z teoretických znalostí, jehož úspěšné splnění je podmínkou pro provoz UAS v podkategoriích A1, A2, A3. Tento online test se skládá ze 40 otázek s výběrem jedné správné odpovědi z celkem čtyř nabízených [12].

Otázky pokrývají témata:

- 1) Letecká bezpečnost.
- 2) Omezení vzdušného prostoru.
- 3) Předpisy týkající se letectví.
- 4) Omezení lidské výkonnosti.
- 5) Provozní postupy.
- 6) Obecné znalosti o bezpilotních systémech.
- 7) Ochrana soukromí a ochrana údajů.
- 8) Pojištění.
- 9) Ochrana před protiprávními činy [12].

Pro úspěšné absolvování testu je potřeba 75 % správných odpovědí (30 otázek). Online test je třeba dokončit do 60 minut od jeho zahájení. Pokud není test ukončen do 60 minut od zahájení, je po vypršení času odeslán k automatickému hodnocení. Během testu má žadatel přehled o zbývajícím čase [12].

K přípravě jsou připraveny materiály, které se nacházejí na webové adrese: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/online-skoleni-a-informace-k-vyuziti/>. Zde jsou uvedeny všechny důležité informace pro úspěšné absolvování online testu, od prezentací, dokumentu EASA eRules až po informační video, kde jsou vysvětleny jednotlivé změny pravidel, které jsou platné od 31. 12. 2020.

V případě úspěšného absolvování testu obdrží pilot na e-mail, který zadal při žádosti, doklad o absolvování online výcviku od příslušného národního úřadu. V případě neúspěšného absolvování testu je možné test znovu opakovat. V případě druhého neúspěšného pokusu je potřeba provést registraci pilota znovu a možnost absolvování testu se tak obnoví. Je-li pilot zároveň provozovatelem, registruje se rovněž jako provozovatel bezpilotního letounu [12].

Autor práce úspěšně absolvoval tento online test ještě před jedinou změnou, která od 31. 12. 2020 nastala (informace platná k datumu odevzdání bakalářské práce 21. 5. 2021) – při registraci je nyní potřeba prokázat svoji totožnost podle zákona č. 365/200 Sb. výhradně prostřednictvím nástroje eIdentita, která představuje:

- 1) Mobilní klíč eGovernmentu.
- 2) eObčanka.
- 3) NIA ID.
- 4) International ID Gateway.
- 5) První certifikační autorita, a.s..
- 6) mojeID.
- 7) Bankovní identita [13].

Kromě této změny je vše identické jako pro piloty, kteří se registrovali před uvedenou změnou.



Obr. 5 Obecná podoba online dokladu [14]. Obr. 6 Podoba online dokladu ÚCL pro ČR [14].

Pokud ovšem chce pilot létat v podkategorii A2, musí kromě výše uvedených podmínek splnit:

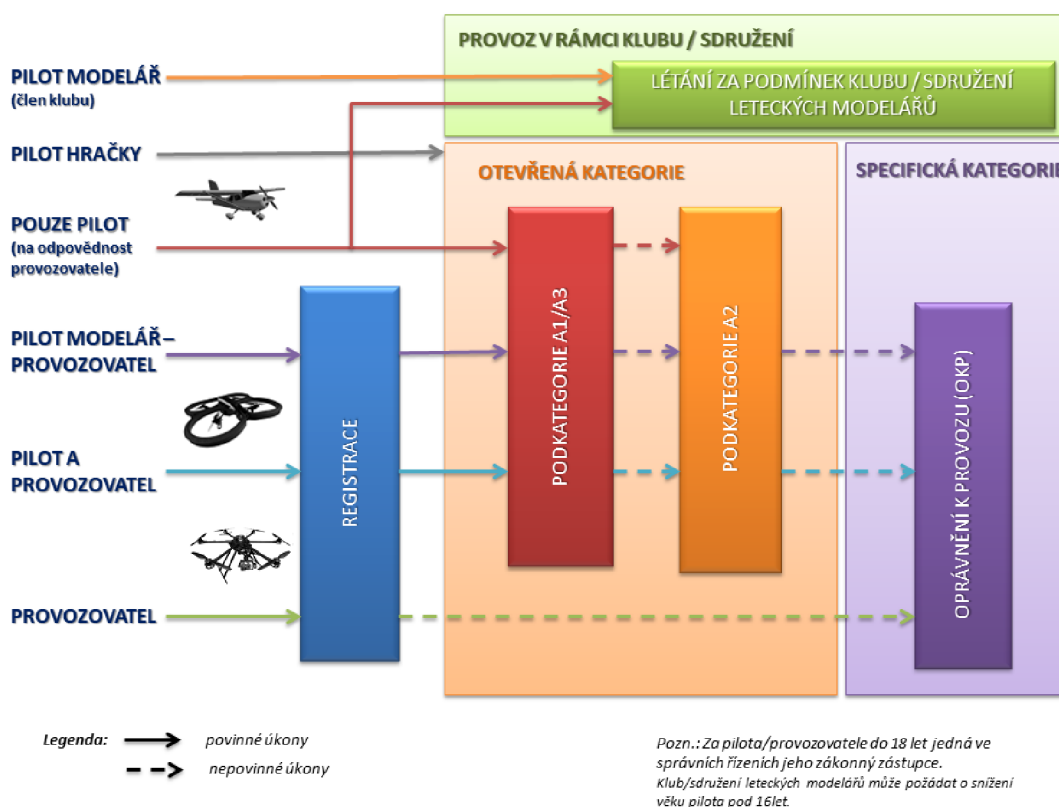
- 1) Praktický výcvik formou samostudia, aby se seznámil s dronem a zajistil, že dosahuje dobré úrovně řízení. To musí být provedeno v oblasti, kde pro ostatní lidi nepředstavuje riziko.
- 2) Další zkoušku teoretických znalostí, která bude zajišťována v zařízení určené příslušným národním úřadem (v ČR zajišťuje zkoušky teoretických znalostí ÚCL) [11].

Zkouška se skládá z testu, který má 30 otázek s výběrem odpovědí, které testují znalosti pilota v oblasti meteorologie, prováděných letů a technických a provozních opatření ke zmírnění rizik na zemi. Po úspěšném absolvování testu vydá příslušný národní letecký úřad osvědčení o způsobilosti dálkově řídicího pilota – s tímto osvědčením může pilot létat v podkategorii A2 [11].

Minimální věk pro dálkově řídicí piloty dronů v České republice v „otevřené“ a „specifické“ kategorii provozu je 16 let. Jistou výjimkou může být provoz v rámci klubů/sdružení leteckých modelářů dle zavedených postupů, v budoucnu pak podle příslušného oprávnění vydaného ÚCL [11].

Pod UAS spadají také letecké modely. Letečtí modeláři mají následující možnosti, jak provozovat svá letadla:

- 1) Mohou létat jako členové klubu nebo sdružení modelářů, které od příslušného úřadu obdrželo oprávnění k provozu. V takovém případě by měli dodržovat postupy klubu nebo sdružení modelářů.
- 2) Pokud si osoba nepřeje stát se členem klubu nebo sdružení, může použít zvláštní zeměpisné zóny definované členskými státy EASA, v nichž drony a modely letadel nemusí splňovat určité technické požadavky a kde jsou rozšířena provozní omezení, včetně hmotnostních nebo výškových omezení.
- 3) Modely mohou být provozovány v podkategorii A3 [11].



Obr. 7 Schéma povinných úkonů nezbytných pro provoz dronů od 31. 12. 2020 [15].

2.2 Podmínky pro registraci UAS

Dron se nemusí registrovat pokud:

1. Váží méně než 250 g a současně nemá fotoaparát (kameru) nebo jiný senzor schopný detekovat osobní údaje.
2. I když má fotoaparát (kameru), váží méně než 250 g, ale jedná se o hračku (splňuje směrnici 2009/48/ES o bezpečnosti hraček) [11].



Obr. 8 Dron, který splňuje parametry hračky.

Pokud dron není certifikován, není nutné ho registrovat. Musí se ale zaregistrovat provozovatel/vlastník dronu u příslušného národního leteckého úřadu státu EU. V ČR je příslušným úřadem ÚCL a registrace probíhá přes webovou stránku <https://dron.caa.cz> [11].

Provozovatel/vlastník se zaregistruje pouze jednou, nezávisle na tom, kolik dronů provozuje v „otevřené“ nebo „specifické“ kategorii provozu. Registrace je platná po dobu stanovenou příslušným národním leteckým úřadem (v ČR je to 5 let), po které se musí obnovit.

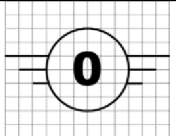
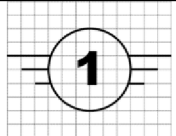
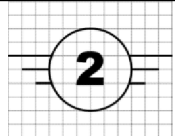
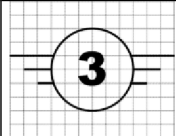
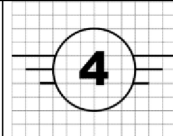
Dron je certifikován, pokud má osvědčení letové způsobilosti (nebo osvědčení letové způsobilosti pro zvláštní účely) vydané příslušným národním leteckým úřadem. V tomto případě je nicméně požadována registrace. Certifikovat dron je nutné, zda to vyžaduje riziko provozu. Certifikace tedy nikdy není nutná pro drony provozované v „otevřené“ kategorii [11].

Po registraci obdrží provozovatel (vlastník) registrační číslo provozovatele, které musí být uvedeno pomocí nálepky na všech dronech, které provozuje, včetně těch, které soukromě postavil. Úplný řetězec registrovaného provozovatele (registrační číslo doplněné o tři přidělené doplňkové znaky) musí provozovat nahrát do systému identifikace na dálku – identifikační e-systém bezpilotního letadla (jinak nazýváno e-identifikace), pokud je jím UAS vybaveno. Díky registraci provozovatel dronu obdrží jedinečné registrační číslo, které je platné ve všech ostatních členských státech EU a EASA – nelze se zaregistrovat dvakrát [11].

2.3 Bezpilotní systémy třídy C0 – C4

Identifikační štítek třídy bezpilotního letadla se umístí viditelně, čitelně a nesmazatelně na bezpilotní letadlo a jeho obal a musí mít výšku nejméně 5 mm. Je zakázáno umísťovat na výrobek označení, značky nebo nápisy, které by mohly uvádět třetí strany v omyl, pokud jde o význam nebo tvar identifikačního štítku třídy [16]. Doslovné znění legislativy ohledně bezpilotních systémů tříd C0 – C4 je popsáno v nařízení (EU) 2019/945. Nejdůležitější požadavky na bezpilotní systémy jsou uvedeny v níže přiložené tab. 1, podrobnější charakteristika je uvedena v textu níže.

Tab. 1 Nejdůležitější parametry bezpilotních systémů třídy C0 – C4 [16].

	Třída bezpilotního systému				
	C0	C1	C2	C3	C4
Identifikační štítek třídy					
MTOM včetně užitečného zatížení	< 250 g	< 900 g	< 4 kg	< 25 kg	
Maximální rychlost při vodorovném letu	19 m/s		Není definováno		
Maximální dosažitelná výška nad bodem vzletu	120 m (394 ft)				Není definováno

Maximální vzletová hmotnost (MTOM – maximum take-off mass).

Obrázky uvedené v tabulce, řazeny zleva doprava.

Obr. 9 Identifikační štítek třídy C0 [17]. Obr. 10 Identifikační štítek třídy C1 [18].

Obr. 11 Identifikační štítek třídy C2 [19]. Obr. 12 Identifikační štítek třídy C3 [20].

Obr. 13 Identifikační štítek třídy C4 [21].

Pro bezpilotní systémy třídy C1, C2, C3 platí upřesnění ohledně maximální výšky:

1. Má maximální dosažitelnou výšku nad bodem vzletu omezenou na 120 m nebo je vybaven systémem, který omezuje výšku nad povrchem nebo nad bodem v letu na 120 m nebo na hodnotu, kterou může zvolit dálkově řídicí pilot. Je-li hodnota volitelná, musí být během letu dálkově řídicímu pilotovi poskytnuty jasné informace o výšce bezpilotního letadla nad povrchem nebo bodem vzletu [16].

Pro bezpilotní systémy třídy C2 a C3 platí upřesnění ohledně upoutaného bezpilotního letadla:

1. V případě upoutaného bezpilotního letadla má tažnou délku lanka menší než 50 m a mechanickou pevnost, která není menší než:
 - a) Desetinásobek váhy letadla při MTOM, pokud jde o letadlo těžší než vzduch.
 - b) Čtyřnásobek síly vyvinuté kombinací maximálního statického tahu a aerodynamické síly maximální povolené rychlosti větru za letu, pokud jde o letadlo lehčí než vzduch.
2. Není-li upoután, má v případě ztráty datového spoje spolehlivou a předvídatelnou metodu pro účely obnovení datového spoje nebo ukončení letu způsobem, který snižuje účinek na třetí strany ve vzduchu nebo na zemi [16].

2.3.1 Bepilotní systémy třídy C0

UAS třídy C0 je na letadle opatřen identifikačním štítkem a musí splňovat požadavky uvedené v tab. 1.

2.3.2 Bepilotní systémy třídy C1

UAS třídy C1 je na letadle opatřen identifikačním štítkem třídy a musí splňovat upřesňující požadavky:

1. Je vyroben z materiálů a má provozní a fyzikální vlastnosti, které zajistí, že při nárazu s konečnou rychlostí na lidskou hlavu je energie přenesená na tuto lidskou hlavu nižší než 80 J.
2. V případě ztráty datového spoje má spolehlivou a předvídatelnou metodu pro účely obnovení datového spoje nebo ukončení letu způsobem, který snižuje účinek třetí strany ve vzduchu nebo na zemi [16].

2.3.3 Bepilotní systémy třídy C2

UAS třídy C2 je na letadle opatřen identifikačním štítkem třídy a musí splňovat upřesňující požadavky:

1. Nejde-li o bezpilotní letadlo s pevnými křídly, je vybaven režimem nízké rychlosti, který může zvolit dálkově řídicí pilot a který omezuje maximální cestovní rychlost na nanejvýš 3 m/s [16].

2.3.4 Bepilotní systémy třídy C3

UAS třídy C3 je na letadle opatřen identifikačním štítkem třídy a musí splňovat upřesňující požadavky:

1. Má maximální charakteristický rozměr menší než 3 m [16].

2.3.5 Bezpilotní systémy třídy C4

UAS třídy C4 je na letadle opatřen identifikačním štítkem třídy musí a musí splňovat upřesňující požadavky:

1. Není schopen režimů automatického řízení s výjimkou podpory stabilizace bez přímého vlivu na dráhu letu a podpory při ztrátě spoje, pokud je v případě spoje k dispozici předem stanovená pevná poloha letových ovládacích prvků [16].

2.4 „Otevřená“ (Open) kategorie

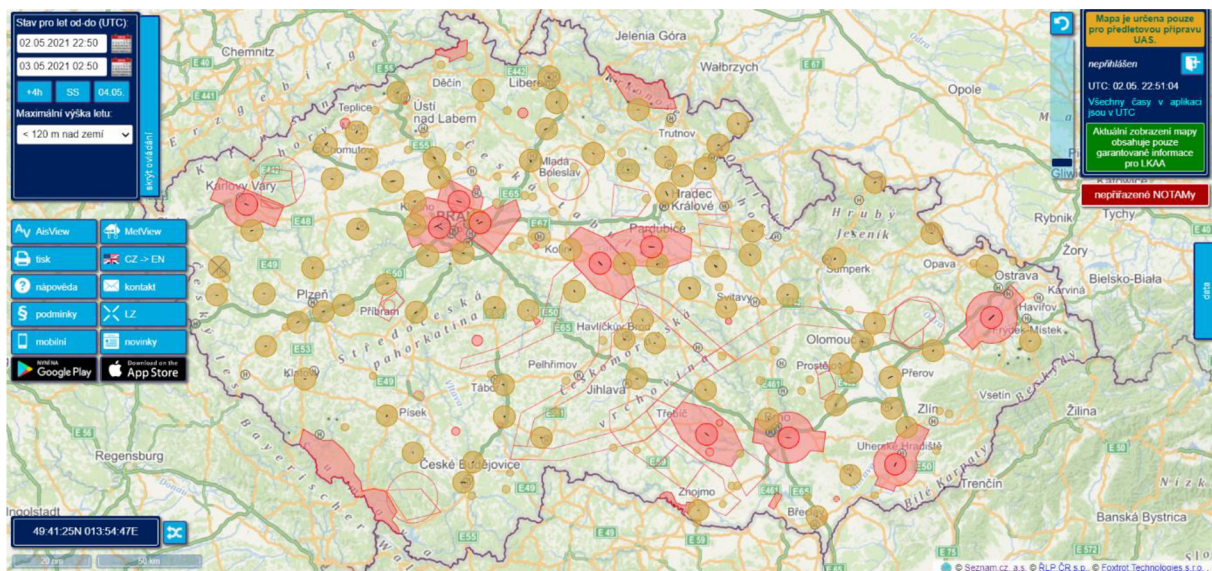
Kategorie provozu UAS, u kterých s ohledem na související rizika není vyžadováno předchozí povolení příslušného úřadu ani prohlášení provozovatele UAS před uskutečněním provozu. Tato kategorie je dále rozdělena na podkategorie A1, A2 a A3, které se liší na základě provozních omezení, požadavků na dálkově řídicího pilota a technických požadavků na UAS [22, 23]. Doslovné znění předpisů ohledně otevřené kategorie je uvedeno v nařízení (EU) 2019/947.

1. Pokud provoz bezpilotních systémů zahrnuje let bezpilotního letadla, který začíná z přírodní vyvýšeniny v terénu nebo nad terénem s přírodními vyvýšeninami, musí být bezpilotní letadlo udržováno ve vzdálenosti do 120 m od nejbližšího bodu povrchu země. Měření vzdáleností se odpovídajícím způsobem upraví podle zeměpisných znaků terénu, jako jsou roviny, kopce, hory.
2. Při provozování bezpilotních letadel ve vodorovné vzdálenosti do 50 m od umělé překážky vyšší než 105 m (345 ft) může být na žádost subjektu odpovědného za tuto překážku maximální výška provozu bezpilotních systémů zvýšena až na 15 metrů (49 ft) nad výškou překážky.
3. Bepilotní kluzáky lze provozovat s maximální vzletovou hmotností, včetně užitečného zatížení, nižší než 10 kg ve vzdálenosti přesahující 120 m od nejbližšího bodu povrchu země, a to za předpokladu, že bezpilotní kluzák není v žádném okamžiku provozován ve výšce větší než 120 m nad dálkově řídicím pilotem [23].



Obr. 14 Schéma modelu maximální výšky [14].

V ČR se k předletové přípravě provozu dronu, seznámení s upořádáním vzdušného prostoru v daném místě a k identifikaci případných konfliktů s uvedením příslušných postupů využívá speciální webová aplikace Řízení letového provozu, která je dostupná na adrese <https://dronview.rlp.cz> [11].



Obr. 15 Webová aplikace Dronview [24].

2.4.1 Podkategorie A1 – A3

Přehled rozdílů podkategorií A1, A2, A3 jsou uvedeny v níže přiložené tab. 2, podrobnější charakteristika jednotlivých podkategorií je uvedena v textu níže.

Tab. 2 Nejdůležitější parametry podkategorií A1-A3 [22].

		Podkategorie		
		A1	A2	A3
MTOM	Přechodné období do 1.1. 2023	< 500 g	> 0,5 kg < 2 kg	> 0,5 kg < 25 kg
	UAS zhotoveny před 1.1. 2023	< 250 g	Není definováno	> 250 g < 25 kg
Provoz letadel třídy		C0, C1	C2	C2, C3, C4
Provozovatel letadla je registrován		Ano		
Letadlo je označeno registračním číslem provozovatele		Ano		
Pilot je registrován a absolvoval online výcvik pro danou podkategorii, popřípadě třídy		Ano		

Dále mají podkategorie A1, A2, A3 společné podmínky:

1. Provozovatel letadla je registrován a letadlo je označeno registračním číslem provozovatele.
2. Pilot je registrován a je držitelem dokladu o absolvování online výcviku (pro podkategorii provozu A1, A2, A3) (pro letadla bez uvedení třídy, případně pro třídu C1) [22].

Pro podkategorii A2 a A3 platí stejná podmínka:

1. Provozovatel je povinen zajistit informování všech osob zapojených do provozu bezpilotního letadla přítomných v oblasti provozu a o rizicích a jejich výslovného souhlasu se svou přítomností [22].

2.4.2 Podkategorie A1

Bezpilotní systémy, které nejsou v souladu s nařízením v přenesené pravomoci (EU) 2019/945 a nespádají do uvedených tříd (C0, C1, C2, C3, C4), nejsou opatřena uvedenými štítky v okamžiku uvedení na trh EU, je povoleno nadále provozovat za následujících podmínek:

1. Přelétávání shromáždění osob je zakázáno.
2. Přelétávání osob nezapojených do provozu je v zásadě možné. Kdykoliv je to však možné, měl by se pilot vyhnout přelétávání osob nezapojených do provozu, a kde je to nevyhnutelné (neočekávaná situace), by měl postupovat s mimořádnou opatrností [22].

Podkategorie A1 je létání nad lidmi (jednotlivci), ale ne nad shromážděním lidí (davem) [25].

2.4.3 Podkategorie A2

Podkategorie A2 je zaměřena na provoz, při kterém se předpokládá, že významná část letu bude prováděna v blízkosti lidí. Minimální vzdálenost od osob nezapojených do provozu se pohybuje od 5 m do 50 m. Vzdálenost 5 m je přípustná pouze v případě, že bezpilotní letadlo má zapnutou funkci nízkorychlostního režimu a dálkově řídicí pilot provedl vyhodnocení situace, pokud je o počasí, výkonnost bezpilotního letadla a vyhrazení přelétávané oblasti [22].

Provoz bezpilotních letadel je povoleno provozovat za následujících podmínek:

2. Přelétávání shromáždění osob a osob nezapojených do provozu je zakázáno.
3. Provoz v bezpečné horizontální vzdálenosti od osob minimálně 50 m (v případě letadel třídy C2 se tato vzdálenost snižuje na 30 m, případně až na 5 m s využitím aktivní funkce nízkorychlostního režimu „low speed mode“). Doporučená horizontální vzdálenost bezpilotního letadla od osob by neměla být menší, než je výška letadla nad zemí (tzv. pravidlo 1:1), v žádném případě však nesmí jít pod uvedenou minimální vzdálenost [22].

2.4.4 Podkategorie A3

Podkategorie A3 se zabývá provozem, který je prováděn v takové oblasti, kde dálkově řídicí pilot důvodně očekává, že v dosahu bezpilotního letadla, v němž létá, nebudou ohroženy žádné osoby nezapojené do provozu. Kromě toho musí být provoz prováděn v bezpečné horizontální vzdálenosti minimálně 150 m od obytných, obchodních, průmyslových nebo rekreačních oblastí [22].

Provoz bezpilotních letadel je povoleno provozovat za následujících podmínek:

1. Přelétávání shromáždění osob je zakázáno.
2. Provoz v prostoru, kde dálkově řídicí pilot důvodně očekává, že nebudou ohroženy žádné nezapojené osoby v okruhu, kde je provozováno bezpilotní letadlo po celou dobu provozu bezpilotního systému (oblast provozu by měla být prostá osob nezapojených do provozu) [22].

2.5 „Specifická“ (Specific) kategorie

Specifická kategorie se zabývá rizikovějšími činnostmi, které nespádají do otevřené kategorie. Pro provoz v této kategorii musí mít provozovatel UAS provozní oprávnění národního leteckého úřadu, kde je registrován (pro ČR je to ÚCL - www.caa.cz), pokud se na provoz nevztahuje standardní scénář (STS – Standard Scenario) [26].

STS je předem definovaná činnost, která je popsána v dodatku nařízení (EU) 2019/947. Prozatím byly vydány dva STS, konkrétně STS-01 a STS-02, které zavádějí nové bezpečnostní třídy označené jako C5 a C6. Přesná definice STS-01 a STS-02 je v nařízení

(EU) 2020/639. Pokud operace spadá pod STS a dron spadá do zmíněných tříd C5 nebo C6, může provozovatel UAS zaslat prohlášení národnímu leteckému úřadu, kde je registrován a následně čekat na potvrzení [26]. Doslovné znění požadavků na bezpilotní systémy třídy C5 a C6 je uvedeno v nařízení (EU) 2020/1058.

Pokud činnost provozovatele UAS nesplňuje STS a nespadá do otevřené kategorie, musí mít provozovatel UAS provozní oprávnění před zahájením činností. Toto umožňuje flexibilitu a zajišťuje celou řadu typů činností. Jsou stanoveny dva alternativní přístupy:

1. Posouzení rizik zamýšleného provozu: Provozovatel UAS má povinnost provést posouzení rizik zamýšlené činnosti podle článku 11 nařízení (EU) 2019/947 nebo ekvivalentní posouzení přijaté národním leteckým úřadem. Zároveň musí provozovatel UAS předložit posouzení rizik a všechny prostředky, které povedou ke zmírnění rizika a splnění cílů provozní bezpečnosti leteckého národního úřadu. Pokud letecký národní úřad uzná, že jsou dodané informace postačující, vydá povolení k provozu.
2. Předem definované posouzení rizik (PDRA – predefined risk assessment): Jde o formu zjednodušení pro provozovatele UAS. EASA zveřejňuje PDRA jako nařízení pro UAS. EASA má do budoucna v plánu zveřejnit více PDRA, která budou zajišťovat nejběžnější činnosti v Evropě. Pokud je činnost zahrnuta již v některém ze zveřejněných PDRA, místo úplného posouzení rizik, se stačí řídit pokyny daného PDRA a připravit dokumentaci na podpoření žádosti, která musí být odpovídajícím způsobem předložena národnímu leteckému úřadu [26].

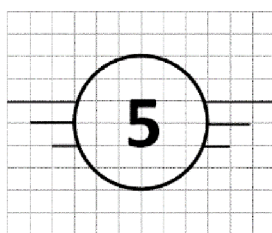
Nařízení ovšem nabízejí ještě jednu alternativu – certifikát provozovatele lehkých UAS (LUC – light UAS operator certificate). Provozovatel UAS se může rozhodnout požádat národní letecký úřad, aby posoudil jeho činnost a prokázal požadavky s nařízením (EU) 2019/947. Národní letecký úřad může v různé míře udělit privilegium, aby si provozovatel UAS sám posoudil riziko provozu, a i jeho schválení [26].

UAS provozované v této kategorii musí být osvědčovány, jestliže splňují kteroukoli z těchto podmínek:

1. Má charakteristický rozměr 3 m nebo více a je projektován tak, aby byl provozován nad shromážděními lidí.
2. Je projektován pro přepravu lidí.
3. Je projektován za účelem přepravy nebezpečného zboží a vyžaduje vysokou úroveň odolnosti ke zmírnění rizik pro třetí strany v případě nehody.
4. Používá se ve specifické kategorii provozu definované nařízením (EU) 2019/947 a v oprávnění k provozu vydaném příslušným orgánem po posouzení rizik, která jsou uvedena v nařízení (EU) 2019/947, kde je řečeno, že riziko provozu nelze náležitě zmírnit bez osvědčování UAS [16].

2.5.1 Bepilotní systémy třídy C5

UAS třídy C5 je na letadle opatřen tímto identifikačním štítkem třídy a musí splňovat požadavky:



Obr. 16 Identifikační štítek třídy C5 [27].

1. Je jiným letadlem, než je letadlo s pevnými křídly, není-li upoután.
2. Během letu poskytuje dálkově řídicímu pilotovi jasné a stručné informace o výšce bezpilotního letadla nad povrchem nebo bodem vzletu.
3. Není-li upoután, je vybaven režimem nízké rychlosti, který může zvolit dálkově řídicí pilot a který omezuje maximální rychlost vzhledem k zemi na nanejvýš 5 m/s.
4. Není-li upoután, poskytuje dálkově řídicímu pilotovi prostředek k ukončení letu bezpilotního letadla, který musí být:
 - a) Spolehlivý, předvídatelný a nezávislý na systému automatického řízení letu a navádění; to platí i pro aktivaci tohoto prostředku.
 - b) Vynutí si sestup bezpilotního letadla a zabrání jeho vodorovnému pohybu s motorem.
 - c) Zahrnuje prostředky ke snížení následků dynamiky nárazu bezpilotního letadla.
5. Není-li upoután, poskytuje dálkově řídicímu pilotovi prostředky k nepřetržitému sledování kvality řídicího a kontrolního spoje a příjmu varování, když bude spojení pravděpodobně ztraceno nebo zhoršeno do té míry, že ohrozí bezpečný provoz, a dalšího varování, když bude spojení ztraceno.
6. Bepilotní systém třídy C5 může být tvořen bezpilotním systémem třídy C3 vybavený soupravou příslušenství, která zajišťují přestavbu bezpilotního systému třídy C3 na bezpilotní systém třídy C5. V tomto případě musí být štítek třídy C5 umístěn na každou součást příslušenství [28].

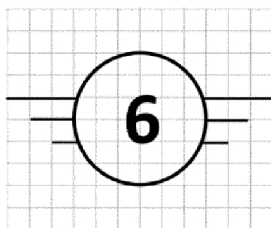
Souprava příslušenství může zajistit pouze přestavbu bezpilotního systému třídy C3, který je v souladu s bodem 1 a poskytuje nezbytná rozhraní pro příslušenství. Souprava příslušenství nesmí zahrnovat změny softwaru bezpilotního systému třídy C3. Souprava příslušenství musí být projektována a každá součást příslušenství musí být identifikována tak, aby se zajistila úplná a správná instalace provozovatelem bezpilotního systému na bezpilotní systém třídy C3 podle pokynů poskytnutých výrobcem soupravy příslušenství. Soupravu příslušenství lze uvádět na trh nezávisle na bezpilotním systému třídy C3, pro který zajišťuje přestavbu [28].

V tomto případě uvede výrobce soupravy příslušenství na trh jednotnou soupravu pro přestavbu, která:

1. Nemění soulad bezpilotního systému třídy C3.
2. Zajišťuje soulad bezpilotního systému vybaveného soupravou příslušenství se všemi dalšími požadavky stanovenými v této části.
3. Obsahuje pokyny výrobce uvádějící:
 - a) Seznam všech bezpilotních systémů třídy C3, na které lze soupravu použít.
 - b) Pokyny, jak instalovat a provozovat soupravu příslušenství [28].

2.5.2 Bepilotní systémy třídy C6

UAS třídy C6 je na letadle opatřen tímto identifikačním štítkem třídy a musí splňovat požadavky:



Obr. 17 Identifikační štítek třídy C6 [29].

1. Má při vodorovném letu maximální rychlost vzhledem k zemi 50 m/s.

2. Během letu poskytuje dálkově řídicímu pilotovi jasné a stručné informace o zeměpisné poloze bezpilotního letadla, jeho rychlosti a jeho výšce nad povrchem nebo bodem vzletu.
3. Poskytuje prostředky, které zabraňují tomu, aby bezpilotní letadlo narušilo horizontální a vertikální hranice programovatelného provozního prostoru.
4. Poskytuje dálkově řídicímu pilotovi prostředek k ukončení letu bezpilotního letadla, kterým musí:
 - a) Být spolehlivý, předvídatelný, nezávislý na systému automatického řízení a navádění a nezávislý na prostředcích, které zabraňují tomu, aby bezpilotní letadlo narušilo horizontální a vertikální hranice, jak je vyžadováno v bodě 3, to platí i pro aktivaci tohoto prostředku.
 - b) Vynutit si sestup bezpilotního letadla a zabránit jeho vodorovnému pohybu s motorem.
5. Poskytuje prostředky k programování dráhy letu bezpilotního letadla.
6. Poskytuje dálkově řídicímu pilotovi prostředky k nepřetržitému sledování kvality řídicího a kontrolního spoje a příjmu varování, když bude spojení pravděpodobně ztraceno nebo zhoršeno do té míry, že ohrozí bezpečný provoz, a dalšího varování, když bude spojení ztraceno [28].

2.5.3 Standardní scénáře (STS)

Vydané standardní scénáře STS-01 a STS-02 obecně ustanovují:

1. Během letu je bezpilotní letadlo udržováno ve vzdálenosti do 120 m od nejbližšího bodu povrchu země. Měření vzdáleností se odpovídajícím způsobem upraví podle zeměpisných znaků terénu, jako jsou roviny, kopce, hory.
2. Při pozorování bezpilotních letadel ve vodorovné vzdálenosti do 50 m od umělé překážky vyšší než 105 m může být na žádost subjektu zodpovědného za tuto překážku maximální výška provozu bezpilotních systémů zvýšena až na 15 m nad výškou překážky.
3. Maximální výška provozního prostoru nepřekročí 30 m (98 ft) nad maximální výškou povolenou v odstavcích 1 a 2.
4. Během letu nesmí bezpilotní letadlo přepravovat nebezpečné zboží [30].

2.5.4 Standardní scénář 1 (STS-01)

Nařízením (EU) 2020/639 je definován standardní scénář 1 (STS-01), který se vztahuje na provoz ve vizuálním dohledu v maximální výšce provozu 120 m nad kontrolovanou pozemní plochou v obydleném prostředí s použitím bezpilotních systémů kategorie C5 třídy CE. Z tohoto důvodu bylo nařízení (EU) 2019/947 změněno tak, aby obsahovalo tento standardní scénář. Pokud není pravděpodobnost setkání s letadlem s posádkou nízká, mohou členské státy v takových oblastech stanovit zeměpisné oblasti, které mají zabránit provozovatelům bezpilotního systému provozovat lety podle standardních scénářů [30].

Provoz bezpilotních systémů v STS-01 musí splňovat všechny tyto podmínky:

1. Je prováděn bezpilotními letadly soustavně udržovanými ve vizuálním dohledu po celou dobu provozu.
2. Je prováděn nad kontrolovanou pozemní plochou, kterou tvoří:
 - a) Letová zeměpisná oblast.
 - b) Ochranný prostor pro nenadálé situace, jehož vnější meze jsou nejméně 10 m za mezí zeměpisné oblasti.
 - c) Rezerva pro pokrytí rizika na zemi, která pokrývá vzdálenost za vnějšími mezemi ochranného prostoru pro nenadálé situace, který splňuje alespoň následující parametry uvedené v příložené tabulce.

Tab. 3 Minimální vzdálenost pro pokrytí rizika [30].

	Minimální vzdálenost, kterou musí pokrýt rezerva pro pokrytí rizika na zemi pro neupoutaná bezpilotní letadla	
Maximální výška nad zemí	MTOM do 10 kg	MTOM vyšší než 10 kg
30 m (98 ft)	10 m	20 m
60 m (197 ft)	15 m	30 m
90 m (295 ft)	20 m	45 m
120 m (394 ft)	25 m	60 m

- Je prováděn bezpilotním letadlem označeným jako letadlo třídy C5, které splňuje požadavky této třídy stanovené v přenesené pravomoci (EU) 209/945 a je provozováno s aktivním a aktualizovaným systémem přímé dálkové identifikace [30].

2.5.5 Standardní scénář 2 (STS-02)

Nařízením (EU) 2020/639 je definován standardní scénář 2 (STS-02), který se vztahuje na provoz, který může probíhat mimo vizuální dohled, uskutečněný bezpilotním letounem ve vzdálenosti do 2 km od dálkově řídicího pilota s přítomností pozorovatelů vzdušného prostoru v maximální výšce provozu 120 m nad kontrolovanou pozemní plochou v řídicí obydleném prostředí s použitím bezpilotních systémů kategorie C6 třídy CE. Z tohoto důvodu bylo nařízení (EU) 2019/947 změněno tak, aby obsahovalo tento standardní scénář. Pokud není pravděpodobnost setkání s letadlem s posádkou nízká, mohou členské státy v takových oblastech stanovit zeměpisné oblasti, které mají zabránit provozovatelům bezpilotního systému provozovat lety podle standardních scénářů [30].

Provoz bezpilotních systémů v STS-02 je prováděn:

- Nad kontrolovanou pozemní plochou, která se v celém rozsahu nachází v řídicí obydleném prostředí a jež zahrnuje:
 - Letovou zeměpisnou oblast.
 - Ochranný prostor pro nenadálé situace, jehož vnější meze se nacházejí nejméně 10 m za mezi letové zeměpisné oblasti.
 - Rezervu pro pokrytí rizika na zemi do vzdálenosti, která je přinejmenším stejná jako vzdálenost, kterou by s největší pravděpodobností bezpilotní letadlo urazilo po aktivaci prostředků k ukončení letu a kterou výrobce bezpilotního systému uvádí v pokynech výrobce, s přihlédnutím k provozním podmínkám v rámci omezení stanovených výrobcem bezpilotního systému.
- V oblasti, kde je minimální letová dohlednost větší než 5 km.
- Tak, aby bezpilotní letadlo během vypouštění a návratu bezpilotního letadla letělo v dohledu dálkově řídicího pilota, pokud není návrat výsledkem nouzového ukončení letu.
- Není-li během provozu použit žádný pozorovatel vzdušného prostoru, tak, aby bezpilotní letadlo neletělo dále než 1 km od dálkově řídicího pilota, tak aby bezpilotní letadlo sledovalo předem naprogramovanou dráhu letu, pokud není bezpilotní letadlo v provozu ve vizuálním dohledu dálkově řídicího pilota.

5. Je-li během provozu použit jeden nebo více pozorovatelů vzdušného prostoru, splňuje všechny následující podmínky:
 - a) Pozorovatelé vzdušného prostoru jsou rozmístěni tak, aby umožňovali adekvátní pokrytí provozního prostoru a okolního vzdušného prostoru s minimální letovou dohledností uvedenou v odstavci 2.
 - b) Bezpilotní letadlo je provozováno ve vzdálenosti nejvýše 2 km od dálkově řídicího pilota.
 - c) Bezpilotní letadlo je provozováno ve vzdálenosti nejvýše 1 km od provozovatele vzdušného prostoru, který je nejbližší bezpilotnímu letadlu.
 - d) Vzdálenost mezi kterýmkoli pozorovatelem vzdušného prostoru a dálkově řídicím pilotem nepřesahuje 1 km.
 - e) Jsou k dispozici spolehlivé a účinné komunikační prostředky pro komunikaci mezi dálkově řídicím pilotem a pozorovatelem (pozorovateli) vzdušného prostoru.
6. Je prováděn bezpilotním letadlem označeným jako letadlo třídy C6, které splňuje požadavky této třídy stanovené v přenesené pravomoci (EU) 209/945 a je provozováno s aktivním a aktualizovaným systémem přímé dálkové identifikace [30].

2.6 „Certifikovaná“ (Certified) kategorie

Certifikovaná kategorie pokrývá činnosti s nejvyšší mírou rizika. Do této kategorie budou v budoucnosti spadat lety bezpilotních letadel s cestujícími na palubě, jako je například air-taxi. Přístup používaný k zajištění bezpečnosti těchto letů bude velmi podobný přístupu používanému pro letadla s posádkou na palubě [31].

Z tohoto důvodu budou muset být bezpilotní letadla vždy certifikována – držitelem typového osvědčení (typový certifikát) a osvědčení letové způsobilosti, provozovatel UAS bude potřebovat schválení provozovatele letecké dopravy vydané příslušným úřadem a dálkově řídicí pilot musí být držitelem pilotní licence. V dlouhodobějším horizontu se očekává, že úroveň automatizace dronů se bude postupně zvyšovat a dojde k tomu, že budou vyvinuty plně autonomní drony bez nutnosti zásahu dálkově řídicího pilota [31].

Aby mohl být provoz v certifikované kategorii umožněn, bude třeba změnit téměř všechny letecké předpisy. Změna leteckých předpisů bude hlavní úkol pro EASA. EASA se rozhodla provést změnu leteckých předpisů ve více fázích a zabývat se nejprve těmito třemi druhy činností:

1. Typ činností 1: Mezinárodní lety certifikovaných nákladních dronů prováděné podle pravidel letu podle přístrojů (IFR) ve třídách vzdušného prostoru A–C, vzlety a přistání na letištích spadajících do působnosti EASA. Příkladem může být bezpilotní letoun A320 přepravující náklad z Paříže do New Yorku.
2. Typ činností 2: Provoz dronů v městském nebo venkovském prostředí s využitím předem definovaných tras ve vzdušných prostorech, kde je zaveden U-Space. To zahrnuje provoz bezpilotních dronů přepravující cestující nebo náklad. Příkladem mohou být služby air-taxi nebo doručování balíčků, které přicházejí přímo na balkon zákazníka nebo na střechu budovy či před dům.
3. Typ činností 3: Činnosti definované v typu 2, ale je prováděn letadlem s pilotem na palubě. Ve skutečnosti se očekává, že se to bude týkat prvního typu provozu air-taxi, kde bude pilot na palubě. Ve druhé fázi bude letadlo dálkově pilotováno (typ činností 2) [31].

UAS provozované v této kategorii musí být osvědčovány, jestliže splňují kteroukoli z těchto podmínek:

1. Má charakteristický rozměr 3 m nebo více a je projektován tak, aby byl provozován nad shromážděními lidí.
2. Je projektován pro přepravu lidí.
3. Je projektován za účelem přepravy nebezpečného zboží a vyžaduje vysokou úroveň odolnosti ke zmírnění rizik pro třetí strany v případě nehody [16].

2.7 Vzdušný prostor pro UAS (U-Space)

U-Space je zcela nový pojem používaný v bezpilotním prostředí, který v české terminologii postrádá doslovný překlad. Pojem lze definovat jako soubor nových služeb a specifických postupů určených k podpoře bezpečného a efektivního přístupu do vzdušného prostoru nejen pro drony, ale pro všechny uživatele vzdušného prostoru. Někdy se pro U-Space objevuje výraz „prostor s kontrolovaným provozem bezpilotních systémů“ [32].

Systém U-Space, zahrnující infrastrukturu, služby a postupy, jež mají zajistit bezpečný provoz bezpilotních systémů, a podporující jejich začlenění do systému letectví, je sice stále ve stadiu vývoje, nicméně nařízení (EU) 2019/947 obsahuje požadavky týkající se tří hlavních pilířů systému U-Space, a to sice registrace, funkce „geo-awareness“ a identifikace na dálku, kterou bude třeba ještě dopracovat [23].

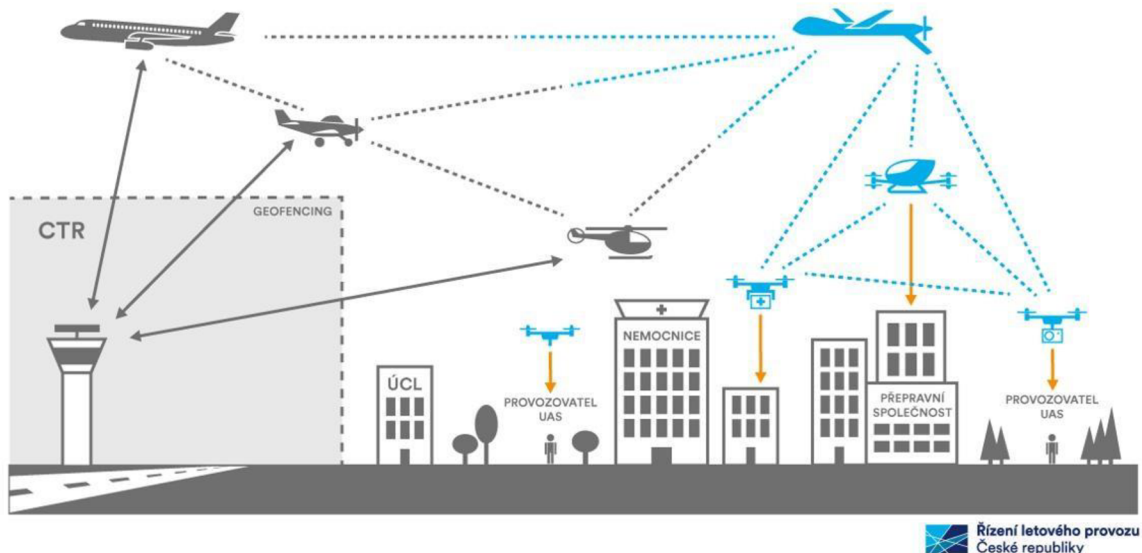
U-Space lze chápat jako jeden společný ekosystém, který představuje rámec pro rutinní provoz dronů a definuje rozhraní mezi provozem (bepilotním i pilotovaným), poskytovateli ATM služeb, poskytovateli aplikací pro samotné piloty dronů. U-Space by tedy neměl být chápán pouze jako definovaný objem vzdušného prostoru, který by byl oddělen a určen pro výhradní použití dronů, ale naopak – bude se jednat o pravidla ve sdíleném prostoru pro všechny uživatele vzdušného prostoru [32].

U-Space bude schopen zajistit plynulý provoz dronů všech typů (v dohledu i mimo dohled pilota) napříč všemi kategoriemi, ve všech provozních prostředích (lety ve městě, předměstí nebo mimo zástavbu, bez ohledu na hustotu obyvatelstva) a ve všech typech vzdušného prostoru (řízených i neřízených) aniž by bylo nutno uplatňovat omezení pouze na provoz ve velmi nízkých výškách [32].

Nové služby, které U-Space nabízí, spoléhají na vysokou úroveň digitalizace a automatizace funkcí, ať už jsou na palubě samotného dronu, nebo jsou součástí pozemní infrastruktury. Zavedením U-Space v ČR tak bude možné bezpečně realizovat lety, které za dnešních pravidel není možné provést. Jedná se např. o lety mimo dohled pilota (BVLOS lety), či autonomní lety UAS. V tomto se bude jednat o zásadní zlom hlavně pro profesionální provozovatele dronů [32].

Pro tento nový druh provozu, ale i v oblastech s větším objemem běžného bezpilotního provozu nebo v místech, kde bezpilotní letadla budou provozována v blízkosti letadel s pilotem na palubě, budou vyžadována nová pravidla a postupy, zejména pak autorizační služba pro drony (elektronická on-line verze podávání letového plánu) a identifikace za letu všech uživatelů takového prostoru [32].

Každý v daném vzdušném prostoru musí být „elektronicky“ vidět. V řízeném vzdušném prostoru to bude nejspíše zajištěno dynamickou rekonfigurací. V neřízeném vzdušném prostoru by mohl mít pilot aktivovanou aplikaci poskytovatele služeb U-Space, kam by se posílala poloha [33].

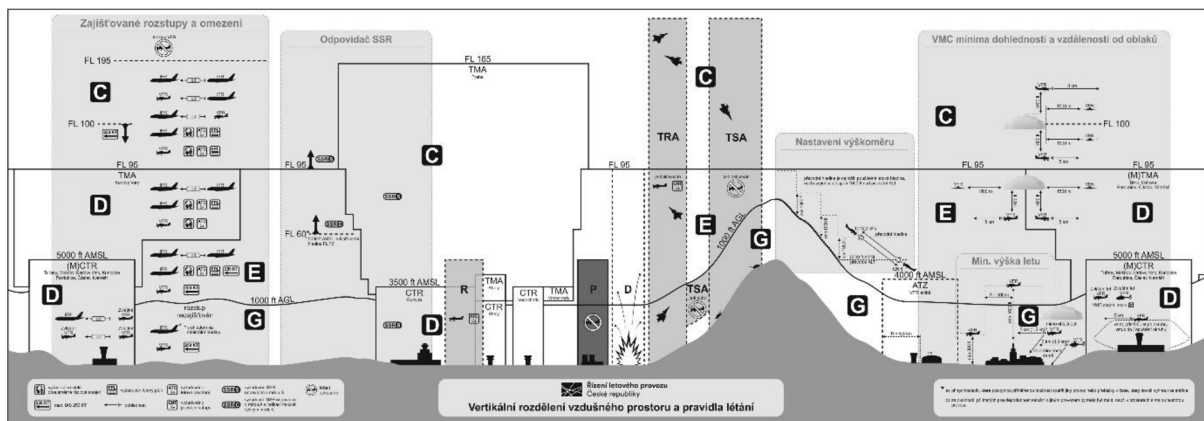


Obr. 18 Koncepte U-Space [34].

2.8 Třídy vzdušného prostoru

Vzdušný prostor je podle ICAO rozdělen na jednotlivé vzdušné třídy a U-Space se do těchto tříd bude muset implementovat.

ICAO definovala celkem 7 tříd vzdušného prostoru označených písmeny A–G. Vzdušný prostor A je nejvíce restriktivní, zatímco G je nejméně. Třídy A–D jsou řízeným prostorem pro všechny lety, třída E pouze pro IFR lety. Třídy F a G jsou neřízené prostory. Český vzdušný prostor používá pouze třídy C, D, E a G. Vzdušný prostor je definovaný v letové informační příručce (AIP – Aeronautical Information Publication) [35].



Obr. 19 Vertikální rozdělení vzdušného prostoru a pravidla létání [36].

2.8.1 Vzdušný prostor třídy C

Třída C umožňuje provádět lety podle IFR a let za viditelnosti (VFR – Visual Flight Rules). Všem letům se poskytuje služba řízení letové provozu. Letům IFR se zajišťují rozstupy od jiných letů IFR a od letů VFR. Mezi lety VFR navzájem se rozstupy nezajišťují, ale jsou poskytovány informace o provozu a na vyžádání i rady k vyhnutí [35].

Všechny lety musí získat před vstupem do třídy C letové povolení a udržovat stále oboustranné rádiové spojení se zemí. Všechny lety letící v třídě C musí mít podaný letový plán. V českém vzdušném prostoru se třída C nachází všude nad letovou hladinou (FL – flight level) FL 95 (2 895 m) a také v celé koncové řízené oblasti (TMA – Terminal control area) TMA Praha [35].

2.8.2 Vzdušný prostor třídy D

Třída D umožňuje provádět lety podle IFR i VFR. Všem letům se poskytuje služba řízení letového provozu. Letům IFR se zajišťují rozstupy od jiných IFR letů a předávají se informace o provozu VFR letů. Letům VFR rozstupy od ostatního VFR a IFR provozu zajišťovány nejsou. Předávají se pouze informace o provozu. Všem letům se na žádost předává rada k vyhnutí. Všechny lety musí získat před vstupem do třídy D letové povolení a udržovat stálé oboustranné rádiové spojení se zemí. V českém vzdušném prostoru je třída D ve všech řízených okresech (CTR – Control zone) CTR a TMA, s výjimkou TMA Praha [35].

2.8.3 Vzdušný prostor třídy E

Třída E umožňuje provádět lety podle IFR i VFR. Letům IFR je poskytována služba řízení letového provozu. Od ostatních IFR letů jsou jim zajišťovány rozstupy. Pokud je to proveditelné, poskytují se informace o VFR letech. Letům VFR se poskytují informace o provozu, je-li to možné (to znamená, že třída E je pro let VFR neřízeným prostorem). Proveditelnost poskytnutí informace o provozu závisí především na tom, zda stanoviště letecké práce a služby má informace o VFR letu, který v třídě E nemá za povinnost se nikomu hlásit. V ČR je třída E veškerý vzdušný prostor nad 1000 ft AGL (305 m) do FL 95, s výjimkou CTR a TMA [35].

2.8.4 Vzdušný prostor třídy G

Třída G umožňuje lety podle IFR i VFR. Všem letům je poskytována letová informační služba na vyžádání. Žádný druh letu nepodléhá letovému povolení a nejsou zajišťovány žádné rozstupy. V ČR je třída G veškerý vzdušný prostor do 1000 ft AGL (305 m), s výjimkou CTR [35].

2.8.5 U-Space služby

Služby poskytované v U-Space jsou prozatím definovány ve čtyřech úrovních, U1–U4, a budou zaváděny postupně v závislosti na jejich časovém nasazení do provozu:

1. U1: Počáteční služby U-Space (2019–2021): E-registrace, E-identifikace, vytvoření a publikace zeměpisných zón pro UAS.
2. U2: Základní služby U-Space (2021–2025): Služby podporující uspořádání bezpilotních letů jako je plánování letů, schválení letů, jeho sledování, poskytnutí dynamických informací o vzdušném prostoru, nastavení rozhraní s řízením letového provozu.
3. U3: Pokročilé služby U-Space (2025–2030+): Tyto služby již podporují složitější provoz v oblastech s větším počtem letů, mohou zahrnovat funkce jako „řízení kapacity“ a služby „detekce konfliktního provozu“. Dostupnost právě této funkce povede k významnému nárůstu provozu v celém prostředí U-Space.
4. U4: Kompletní služby U-Space/Plná integrace UAS: Nabízejí integrovaná rozhraní s pilotovaným provozem, podporují plnou kapacitu U-Space služeb, spoléhají na velmi vysokou úroveň automatizace, konektivity a digitalizace jak pro bezpilotní letadlo, tak i pro celý U-Space systém [32].

Aktuálně je U-Space v České republice na úrovni U1 [32].

3 Technologie CNS

Letecká komunikace, navigace a sledovací systémy (obecně uváděné pod zkratkou CNS – Communications, Navigation, Surveillance systems) jsou klíčové pro zajištění bezpečného a efektivního leteckého provozu [37].

Přesná a včasná rádiová komunikace, jak hlasová, tak datová, je pro leteckou bezpečnost nezbytná. Komunikace obvykle probíhá prostřednictvím pozemních systémů velmi krátkých vln (VHF – Very High Frequency). Pozemní a družicové radionavigační vybavení umožňuje pilotům používat přístroje k přesnému letu po naplánované trase a k přesnému přiblížení k letišti a k přistání. Pro navigaci mají stále větší význam satelitní systémy [37].

Sledovací systémy využívá ATC k určení letadla a zajištění bezpečného průběhu letu. Rozdělují se na dva typy systémů:

1. Závislý systém – jsou systémy na zemi jako je například sekundární přehledový radar (SSR Secondary surveillance radar), které musí komunikovat se zařízením na palubě letadla za účelem určení polohy, jako je odpovídač SSR nebo ADS – B (Automatic Dependent System). SSR se sám řadí mezi nezávislé systémy, ale jeho schopnost přenášet krátké zprávy umožňuje, aby byly jeho komunikační kanály využívány k závislému přehledu [37, 38].
2. Nezávislý systém – je například primární přehledový radar, která je schopen lokalizovat letadlo pomocí rádiových vln, které se odrážejí od letadla. Odraz je detekován radarem, která následně určí přesnou polohu letadla [37].

3.1 Požadavky pro UAS

V řízeném prostoru, který je ve vyšší výšce (třída C) nejsou aktuálně pro UAS stanoveny žádné specifické požadavky – to pro UAS znamená, že by musely splňovat požadavky pro třídu C pro řízený prostor, konkrétně mít odpovídač sekundárního radaru a systém pro přehled o vzdušné situaci ADS-B [39].

Létání v malých výškách (při zemi) – primární přehledový radar pro malou výšku nelze spolehlivě použít. Místo toho dron vysílá svoji polohu, pokud letí podle GPS (Global Positioning System) a posílá by přes internet údaje, šlo by to přehledový systém. Pro malé drony není doposud nic takového stanoveno [39].

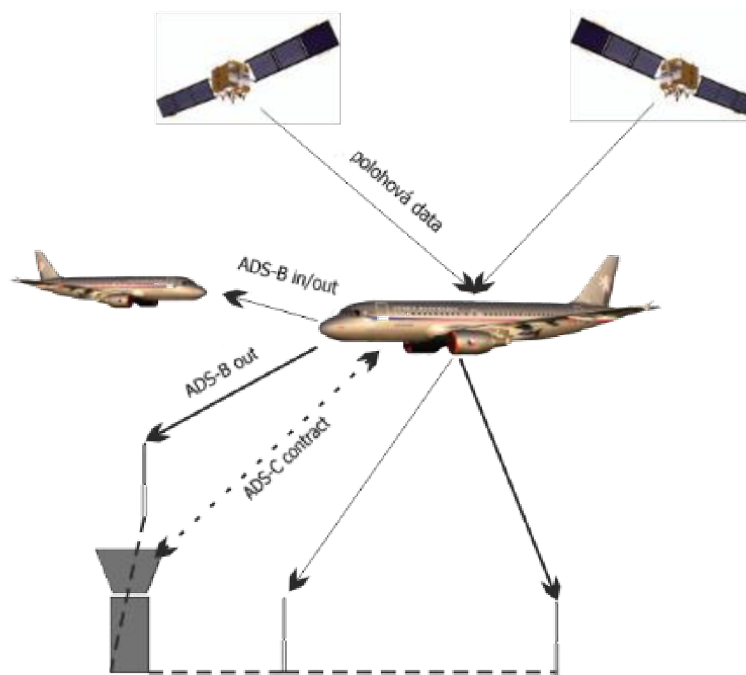
Dalším požadavkem při vstupu do řízeného prostoru by bylo, že dálkově řídicí pilot by musel být spojen rádiem s ATC [39].

3.2 ADS

ADS je systém pro přehled o vzdušné situaci založený na principu předávání dat a polohy z letadla na pozemní přijímače pomocí standardních komunikačních linek (1090 MHz, VDL), a dále také ostatním letadlům ve vzdušném prostoru [40].

ADS rozdělujeme na:

1. ADS-A a ADS-C.
2. ADS-B.
 - a) ADS-B OUT.
 - b) ADS-B IN [40].



Obr. 20 Princip ADS [41].

3.2.1 ADS-A a ADS-C

Jde prakticky o stejné označení jedné věci – ADS založené na principu adresace, kdy je navázán komunikační spoj mezi letadlem a pozemním stanovištěm řízení letového provozu přes data link. ADS-C má posílat automaticky polohová data z globální družicového polohového systému (GNSS – Global Navigation Satellite System) přes digitální datový okruh pro přenos krátkých zpráv mezi letadly a pozemními stanicemi (ACARS – Aircraft Communications Addressing and Reporting System) a ADS-A pak nespécifikovaná polohová data přes domluvený data link. Využití bude například při oceánských letech, kdy takto propojené letadlo bude automaticky po určitém čase odesílat pozemnímu pracovišti informace o poloze [40]. Informace o poloze se můžou posílat:

1. Periodicky.
2. Na vyžádání ŘLP
3. Při určité události – přelet navigačního bod, změna výšky, odchýlení od trati [40].

Jinak využívá stejných zařízení a principů jako ADS-B [40].

3.2.2 ADS-B

V současné době je většinou přehled o vzdušné situaci založen na principu SSR, kdy pozemní radar vysílá dotazovací impulzy na kmitočtu 1030 MHz a letadlo na tento dotaz odpovídá na frekvenci 1090 MHz. V odpovědi je zakódována informace o výšce a identifikační kód označovaný jako alfa, a v závislosti na odpovídači i doplňující informace k letadlu. SSR je stále dobrou metodou pro získávání přehledu o vzdušné situaci ve vzdušném prostoru, ale s nárůstem letového provozu se tato metoda stává zastaralou, zejména pro koncepce budoucího řízení letového provozu. Budoucnost by měla být v programech SESAR (Evropská unie) a NextGen (Spojené státy americké), která klade důraz na vyšší efektivitu, minimalizaci ceny infrastruktury, vyšší bezpečnost, přesnost přehledové situace, ale zároveň má i vyšší nároky na palubní vybavenost letadel a pozemního zařízení. Jedním z takových systémů, který výše uvedené požadavky splňuje je ADS-B [40].

ADS-B out – polohová data získaná z GNSS, identifikační data, rychlost a výška jsou periodicky odesílána data linkem z paluby letounu na pozemní síť přijímačů ADS-B a

zpracovávána do podoby vhodné pro ŘLP. Díky použití GNSS jsou data o poloze přesnější než u SSR [40].

ADS-B in – data nejsou odesílána na pozemní síť, ale jsou distribuována k dalším letounům v okolí. Přes tento data link mohou být odesílána data uvedená u ADS-B out, data o vzdušné situaci v okolí letounu (ATSAW – Airborne Traffic Situation Awareness), data o vertikální a horizontální separaci, počasí, notamech. Nejznámějším využitím je v palubním protisrážkovém systému (TCAS – Traffic Collision Avoidance System) [40].

3.2.3 ADS-B s módem S

SSR, které přes SSR kódy identifikují letadla a výšku letu, se postupně nahrazují radary, které podporují mód S. Mód S využívá k identifikaci jedinečné adresy palubního odpovídače a umožňuje ve svém datovém bloku mimo identifikační data vysílat i doplňková data. Právě tu část pro doplňková data, využívá ADS-B pro polohová data z GNSS [40].

V odpovědi módu S jsou zakódována tato data:

1. Poloha.
2. Barometrická výška.
3. Identifikace letadla:
 - a) Unikátní 24 bitová adresa letadla.
 - b) Identifikace letadla.
 - c) Kód módu A.
4. Stav nouze [40].

3.2.4 TCAS a ADS-B in

TCAS je protisrážkový systém, který může využít i informace vysílané přes ADS-B, aby zvýšil svou efektivitu. Tato metoda se nazývá hybridní informace o přehledové situaci (hybrid surveillance) a snižuje četnost dotazů systému TCAS, což má za následek snížení zatížení frekvence 1030/1090 MHz. ADS-B jako takové neplní přímo funkci TCAS, není schopné předávat posádce příkazy, ale slouží pouze pro zvýšení efektivitu TCAS, případně dokáže zobrazit jiná letadla na vlastním mapovém podkladu. ADS-B pak vysílá každou sekundu informace o poloze [40].

3.3 Odpovídač sekundárního přehledového radaru SSR

Je zařízení umístěné na palubě letadla, které slouží ATC zejména ke zjištění polohy a letové hladiny letadla a zobrazení těchto dat v přehledovém systému. SSR vysílá na kmitočtu 1030 MHz signál – dotaz. Jakmile je dotaz zachycen odpovídačem, vyšle všesměrově odpověď, a to na kmitočtu 1090 MHz. Radarový systém signál zachytí a na základě změřené doby zpoždění odpovědi a natočení antény vypočítá šikmou vzdálenost a azimut (směr) letadla vůči radaru. Jelikož odpovídač je radiový přijímač i vysílač, je možné pomocí několika jeho módů vysílat množství informací. Díky tomu se právě otevírá možnost vysílat identifikační kódy, údaje o výšce a další informace – z toho řídicí vidí mnoho informací o leteckém provozu, a to takřka v reálném čase [42].

3.3.1 Módy SSR odpovídače

U odpovídačů se rozlišuje hned několik typů vysílaných informací. Některé odpovídače jsou vybaveny jen základními dvěma módy A a C, jiné zvládají navíc i mód S, který sám o sobě existuje v několika variacích podle toho, jaké informace umí vysílat a přijímat [42].

Mód A – vysílání 12bitového nastavitelného identifikačního kódu, v praxi zadávaného jako čtyři číslice od 0 do 7 (celkem 4096 kódů) [42].

Mód C – vysílání barometrické výšky letadla s rozlišením 100 ft [42].

Mód S – vysílání neměnné 24bitové identifikační adresy letadla (16 777 216 kódů), barometrické výšky letadla s rozlišením až 25 ft, letová data z paluby letadla a příznak stavu letu (ve vzduchu/na zemi) [42].

Módy A a C jsou povinné do FL95 pro následující druhy letadel:

1. Všechny motorové letouny, vrtulníky a balóny provádějící lety VFR v a nad FL60, nebo v a nad nadmořskou výškou 5000 ft, pokud je převodní hladina FL70.
2. Všechna letadla provádějící traťový let VFR v noci [42].

Mód S na úrovni 2 s funkcí ELS (Elementary Surveillance) včetně podpory SI kódu je povinný pro:

1. IFR lety všech vrtulníků.
2. IFR lety letounů s MTOW 5700 kg a méně nebo s maximální cestovní rychlostí 463 km/h a méně.
3. VFR lety nad FL95.
4. VFR lety v TMA Praha a CTR Ruzyně [42].

Mód S s funkcí EHS (Enhanced Surveillance) je povinný pro:

1. IFR lety letadel s pevnými křídly s MTOW nad 5700 kg nebo s maximální cestovní rychlostí nad 463 km/h [42].

Letadlo vybavené odpovídačem SSR musí mít za letu odpovídač stále v činnosti. Odpovídač SSR musí odpovídat na dotazy v módu A a C [42].

4 Cíle a možnosti komerčních aktivit UAS

V nedávné minulosti spadalo využití dronů především do oblasti modelářského a rekreačního použití. Přibližně od roku 2013 se začíná intenzivněji objevovat i komerční nasazení dronů v nejrůznějších aplikacích od bezpečnostního dohledu po termovizní diagnostiku či aplikace v zemědělství. S technickým vývojem a zkušenostmi firem, které se do tohoto segmentu zapojují lze očekávat, že v následujících letech se UAS budou velmi rychle vyvíjet [43].

Největší potenciál komerčních aktivit UAS bude záležet na zaváděné legislativě a U-Space služeb. Dalším důležitým bodem bude vývoj nových technologií a popřípadě míra automatizace systémů UAS a jejich společenského přijetí veřejností (míněno tak, že lidem nebude vadit, že jim něco bzučí nad hlavou a občas i na hlavu spadne). Kromě civilního využití se samozřejmě nesmí zapomínat na vojenské možnosti, které UAS nabízí a mnohé armády UAS už dávno využívají.

Z českého pohledu může být zajímavá společnost Primoco, která má za svůj sen rozvíjet a budovat bezpilotní letecký sektor v České republice [44].

4.1 Kontroly

Jedno z největších využití UAS lze vidět v inspekcích a kontrolách, které by ohrožovaly člověka na životě nebo jsou těžko přístupné pro člověka a dostat se na dané místo by stálo nemalé finanční prostředky, popřípadě je potřeba zkontrolovat během krátkého časového úseku velkou oblast.

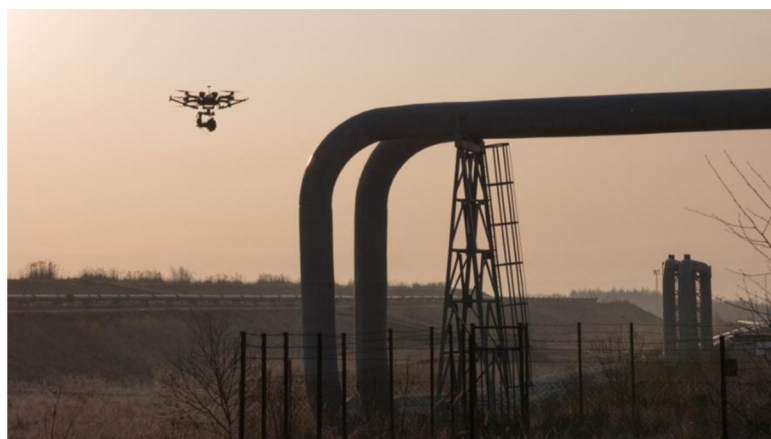
4.1.1 Kontrola v energetice

UAS lze využít v energetice, především při nejrůznějších kontrolách. Často je vzhledem k charakteru energetických zařízení a elektrického vedení třeba kontrolovat rozsáhlé oblasti nebo nedostupné výšky, což řešení s využitím dronů umožňuje. S použitím termokamery navíc lze kontrolovat také teplotu a úniky tepla [45].

Termografická inspekce potrubí se týká především dálkových potrubních systémů dodávajících variabilní média s teplotou odlišnou od teploty okolí. S pomocí termokamery je možné určit a lokalizovat závady izolace potrubí s následkem úniku tepla nebo přímé poškození potrubí s následkem úniku přenášeného média. V některých případech lze dokonce stanovit a lokalizovat netěsnosti v podzemních potrubích [45].

Kvůli rizikům zmíněným výše musí být potrubí pravidelně a pečlivě kontrolováno. Často dochází k tomu, že čím vyšší je pravděpodobnost poškození potrubí, tím těžší je jej kontrolovat z důvodu jeho nedostupnosti. Instalace vestavěných měřicích systémů (jako jsou např. měřiče tlaku, průtokoměry) je finančně náročná, a navíc nepříliš spolehlivá, protože nezahrnuje všechna riziková místa. Využití bezpilotních prostředků s kamerou je v tomto případě ideální. Jedná se o systém, který může létat po celé délce potrubí, zaznamenávat a zobrazovat sledovanou scénu v reálném čase, a tak ji kontrolovat [45].

Termografická inspekce potrubí se týká především dálkových potrubních systémů dodávajících variabilní média s teplotou odlišnou od teploty okolí. Tradiční kamera pro viditelné spektrum objevuje jen zlomek závad nebo zaznamenává pouze oblasti s viditelným poškozením nebo netěsnostmi. Nejistí vady na vnitřní tepelné izolaci a úniky přenášených médií pod povrch země. Termokamera dokáže i tyto vady detekovat a zaznamenat. S její pomocí je snadné zjistit, kde je poškozena izolace a dochází k tepelným ztrátám (při přepravě topných médií). V případě podzemních potrubí proniknutí horké vody způsobí ohřátí okolní zeminy, které termokamera rovněž zaznamená. Tak je možné zjistit, kde je potrubí rozbité pod zemí a není nutné vykopávat kilometry potrubí z důvodu objevení místa úniku [45].



Obr. 21 Kontrola potrubí pomocí UAS [46].

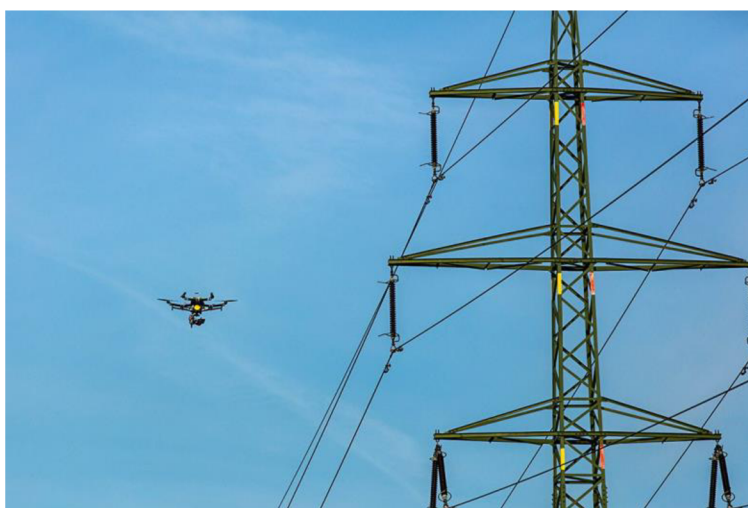
4.1.2 Inspekce vysokého napětí

Přenosová a distribuční síť je velmi složitý systém vedení propojených elektrických zdrojů, transformátorů a spotřebičů. I v těchto systémech se mohou vyskytovat poruchy, a tak je třeba je kontrolovat. UAS s termokamerou může být velmi užitečným nástrojem k takovým kontrolám [45].

Termokamera je schopna stanovit teplotu měřených objektů na vzdálenost několika metrů (při dostatečně vysoké hodnotě emisivity). Pomocí termokamery tak může inspekce odhalit problémy, které klasická kamera ve viditelném spektru nezobrazí a v blízké budoucnosti by mohly vést k vážným problémům [45].

Při kontrolách s pomocí UAS s termokamerou není k provedení prohlídky potřeba odstavení zařízení. Zařízení v plném provozu je pro kontrolu vždy lepší, protože je tak dosaženo autentičtějších výsledků. Kontrola se provádí v pravidelných časových intervalech, protože problém se může vyskytnout kdykoli a kdekoli [45].

Kontrola zařízení umístěného ve velkých výškách, které je pod vysokým napětím a nachází se v rozsáhlých oblastech se složitým přístupem je velmi obtížná. V podstatě existují dvě možnosti takovýchto kontrol – letecká, která byla používána řadu let, nebo modernější s využitím UAS, která je mnohem levnější [45].



Obr. 22 Kontrola vysokého napětí pomocí UAS [47].

4.1.3 Kontrola fotovoltaických elektráren

Za pomoci kvalitní a přesné termovizní techniky určené pro UAS lze provádět rovněž kontrolu se záznamem pro fotovoltaické elektrárny. Pro bezproblémový provoz solární elektrárny je třeba vysoce kvalitní montáž, stejně jako pravidelná údržba a kontrola všech

panelů. Rychlou, levnou a spolehlivou metodou, při níž lze ověřit kvalitu velké plochy solárních panelů, je termodiagnostika s použitím termokamery připojené ke dronu [45].

Aby se předešlo mnohým problémům s fotovoltaickými panely, je třeba je pravidelně kontrolovat. Kontrola termokamerou je v tomto případě nejlepší, protože teplotní extrémy na fotovoltaických panelech se v termogramu (obraz získaný s pomocí termokamery) velmi dobře zobrazí. Ve většině případů není možné nebo bezpečné přiblížit se s ruční kamerou dostatečně blízko, protože panely jsou umístěny na šikmých střechách nebo v nepřístupných místech. Z těchto důvodů je efektivním řešením fixace termokamery na dron [45].

UAS s připevněnou termokamerou se používá pro jakoukoli kontrolu systémů po montáži a také při pravidelných kontrolách. Ty se provádí, aby byla zajištěna maximální účinnost při shromažďování energie a bylo docíleno minimálních nákladů na opravy. Rychlost inspekce dronem s termokamerou ve srovnání s běžnou prohlídkou je několikrát vyšší, stejně jako spolehlivost tohoto způsobu. Tato metoda měření je také nejlevnějším způsobem identifikace závad na solárních panelech [45].

4.1.4 Zemědělství

Dalším novým využitím UAS je zemědělství, kde s pomocí kamery na něm připevněné, se může kontrolovat kvalita hnojení, osevu, vlastnosti půdy. Primární využití dronů v zemědělství je tedy multispektrální snímání a mapování pozemků. Alternativou k řešením s využitím dronů jsou v současné době satelitní snímky nebo snímky z pilotovaných letounů. Tyto alternativy jsou však buď drahé, nebo neposkytují dostatečně aktuální data [48].

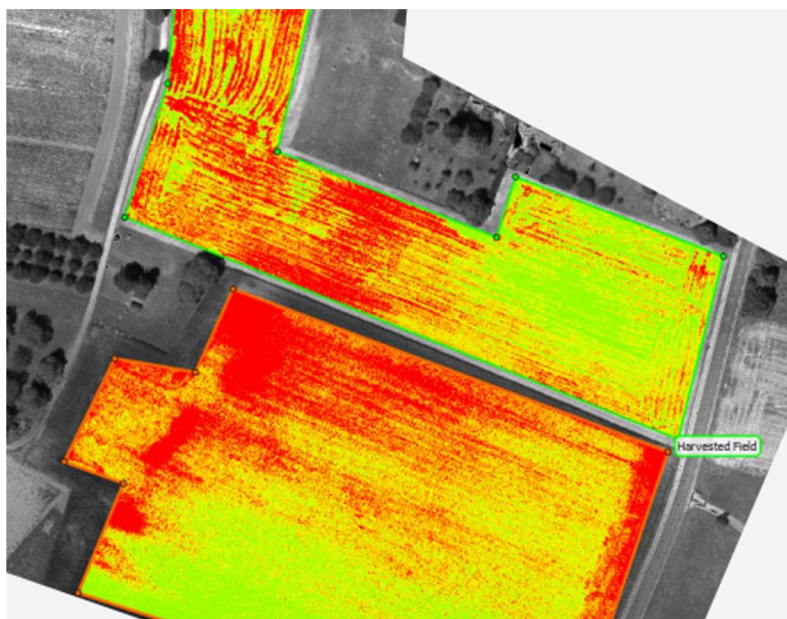
Monitorování vývoje plodin poskytuje možnost kvantitativní předpovědi výnosů. Pro mapování vegetace se používají vegetační indexy. Nejčastěji používaným indexem je NDVI poměrový index (Normalized Difference Vegetation Index), který dává do vztahu normalizovaným poměrem odrazivost povrchů v červené viditelné a blízké infračervené části spektra. Při snímání rostlin je brána v potaz jejich rozdílná odrazivost a absorpce různých částí elektromagnetického spektra. Zásadní však je vysoká odrazivost blízkého infračerveného pásma, která je pro lidské oko neviditelná [48].

Pokud rostlina trpí nedostatkem vody, dojde ke snížení odrazivosti, a to typicky dříve, než se stres projeví ve viditelné části spektra. S využitím termokamery, která zachycuje infračervenou část spektra tak lze takové rostliny zaregistrovat mnohem dříve a tento problém včas vyřešit [48].

Dostupnost vody pro plodiny a jejich odolnost vůči nedostatku během růstu ovlivňují celkový výnos, kvalitu a ziskovost zemědělské produkce v měnícím se klimatu. Rostliny postižené vodním stresem zavírají stomata a povrchová teplota listů stoupá [48].

Rychlá detekce a kvantifikace prvků odrůdové odolnosti vůči stresu a rychlá detekce a kvantifikace prvků povrchové variability slabé vlhkosti jsou nezbytné pro řízení produkce plodin [48].

Analýza dat a jejich validace v poloprovozních podmínkách naznačuje nové možnosti kvantitativního a kvalitativního vyhodnocení abiotického stresu vyvolaného v obilí kvůli nedostatku vlhkosti. Na základě stanovených vegetačních indexů lze predikovat výnosy plodin, předcházet různým anomáliím v jejich růstu nebo napomáhat při přípravě práce agrárních strojů a vytváření map [48].



Obr. 23 NDVI snímkování pomocí UAS [49].

4.1.5 Stavebnictví

UAS nacházejí v posledních letech využití i ve stavebnictví. Disponují velkým potenciálem pro zlepšení výkonosti stavebního týmu a pozitivně ovlivňují celkovou efektivitu a ziskovost projektu. S pomocí dronů lze pořídit snímek nebo video kompletního areálu staveniště a přetvořit jej pomocí specializovaného softwaru v 3D obraz, což následně stavebním firmám umožňuje efektivně plánovat a také včas odhadnout problémovou oblast. Drony pomáhají také při diagnostice nejrůznějších problémů staveb a preventivní kontrole staveniště [50].

Kontrola s pomocí UAS s připevněnou kamerou umožňuje získání stovek vysoce kvalitních obrazů, zachycených v jediném letu. UAS, které jsou určeny pro stavebnictví, mohou létat po dobu až 30 minut, což mu umožňuje kontrolu velkých konstrukcí nebo komplexů. Data získaná s pomocí dronů poskytují předpovědi pro budoucí stavební nedostatky, analýzu základních příčin, a dokonce i identifikaci vhodných nápravných řešení [50].

4.2 Využití v těžebním a zpracovatelském průmyslu

Jedním z důležitých uplatnění UAS je také těžební a zpracovatelský průmysl. Oproti stavitelství a energetice, kde je nutno provádět zejména inspekce stávajících nebo budovaných zařízení, staveb a ploch, je zde využití zejména zaměřeno na vytváření modelů, map, dokumentaci stavu a výpočty [51].

Při těžební činnosti je využití UAS vhodné pro výpočty objemu předpokládaného těžení materiálu, stejně jako pro výpočty již vytěženého nebo zpracovaného materiálu. Pomocí UAS lze v krátkém čase provést sběr dat nutných pro modelování a jejich následným zpracováním získat přesný model. Díky tomuto modelu lze jednoduše a přesně vypočítat úbytek nebo naopak nárůst materiálu. Možnosti pro získání dat jsou především snímkování a LIDAR (metoda dálkového měření vzdálenosti) [51].

Obě jsou specifické a umožňují pořizování dat specifických oblastí. Jako základní možnost pro modelování a mapování pomocí fotogrammetrie je v praxi používáno snímkování. Princip LIDAR spočívá v měření vzdáleností pomocí laserového paprsku. V postprodukci je pak možné modelovat reálné tvary, bohužel však pouze bez textury. Modelování reálných tvarů s texturou je možné pouze u snímkování [51].

Výhodou LIDAR je možnost získání dat i v prostorech, které jsou pro snímkování a následné fotogrammetrické zpracování nepřístupné. Jedná se zejména o lesní porosty a velmi

členitý terén. Při snímkování lesního porostu není možné obsáhnout více než koruny stromů, kdežto pomocí laserových paprsků lze dosáhnout až na zem. Ve vytvořeném modelu se dá poté zjistit výška porostu, množství a různé další informace [51].

4.3 Fotografování a natáčení videa

Letecké záběry z bezpilotních prostředků se staly nedílnou součástí filmové tvorby, reklam, dokumentů, sportovních přenosů a mnoha dalších záležitostí tvorby fotografií či videa. Vývoj urazil za poslední léta dlouhou cestu od nestabilizovaných záběrů z malých outdoorových kamer s dobou letu několik málo minut, až po nesené filmové kamery s možností letu 15 minut a více. Nejen letová doba a nosnost, ale také spolehlivost zejména řídicích systémů a kritických součástí konstrukce bezpilotních prostředků napomáhají jejich neustálé popularizaci [52].

4.4 Záchrané a pátrací operace

Existuje řada případů, kdy není možné vzhledem k nedostatku času nebo kapacity nasadit klasická letadla či vrtulníky. V těchto případech je možné a zároveň výhodné využít UAS k průzkumu těžce dostupných nebo životu nebezpečných míst, které souvisí se záchranou života. UAS nesoucí kameru nebo termokameru dokáže díky nadhledu, ze kterého snímá, detekovat předměty a osoby, které jsou zájmem vyhledávání. Takové vyhledávání je mnohem jednodušší než pozorování ze země (porost, zástavba, terénní nerovnosti) [53].

Díky možnostem nastavení přesných rozsahů teplot je možné zobrazovat například pouze teploty blízké teplotám lidského těla a nezobrazovat okolní nežádoucí teplotní rozsahy. Díky této možnosti je vyhledávání skutečně rychlé a oproti normálním kamerám není nutné detailně prohledávat celou oblast zájmu. Doplnkově lze na UAS umístit další náklad, který lze donést a případně upustit v místě potřeby. Je to způsob, jak zefektivnit práci záchranářů a zkrátit dobu nutnou pro záchranu. Jako příklad nákladu lze uvést telefon, svítilnu, lékárničku.

Nezbytný je přenos obrazu v HD kvalitě pro živý náhled s možností přenosu na více zobrazovacích zařízení (například z místa zásahu do koordinačních center, k veliteli zásahu, k osobám provádějícím fyzickou prohlídku prostor) [53].

Perspektiva z nadhledu umožňuje prohlédnutí rozsáhlejšího prostoru, než je možno obsáhnout při pozemním pátrání, čímž se zvyšuje efektivita pátrání. Neopomenutelným benefitem je samozřejmě rychlost, s jakou lze dosáhnout místa určeného pro pátrání. Se současnými technologiemi je možno dosahovat i zcela uspokojivých letových časů, které se pohybují okolo 25–30 minut. Násobné využití těchto letových časů je možné i díky jednoduché a rychlé výměně akumulátorů. Opětovné nasazení UAS je po přistání možné do několika málo minut [53].

4.5 Monitoring

Oblast ochrany a ostrahy rozlehlých ploch a areálů je zajímavou možností využití UAS. Při stále se stupňujícím požadavku na snižování nákladů na lidské zdroje a zároveň na zvyšování efektivity ostrahy je využití UAS pravděpodobnou cestou [53].

Možnost naprogramování letů, při kterých UAS dokáže po předem určených bodech prolétnout a prohlédnout požadovaný prostor, je velmi efektivním způsobem využití. Navíc s programy pro rozpoznání předmětu, osob a pohybu je efektivita ostrahy násobně vyšší [53].

Možnost využití UAS nespočívá pouze v létání na předem stanovených trasách, ale i jako dlouhodobě monitorující prostředek na jednom místě, jehož místo ukotvení je možno operativně měnit. Napájení pomocí inteligentních navijecích systémů napájí UAS ze země a umožňují jeho téměř nekonečný provoz [53].

4.6 Přeprava materiálů a osob

Patrně první věc, která napadne laickou veřejnost, jako možné využití UAS je přeprava materiálů, popřípadě lidí. Zde bude do budoucna hodně záležet na vývoji technologií, které dokážou nahradit lidskou posádku při přepravě. Zároveň s tím se vyvíjejí dodatečné služby, které souvisejí s přepravou.

4.6.1 Zipline

Jednou ze zajímavých využití UAS je doručování služba Zipline, která se zaměřuje na oblasti jako je zdravotnictví, maloobchody, reakce na katastrofy s využitím UAS. Kromě toho, že Zipline nabízí poskytování služeb, je i implementačním partnerem při vytváření optimalizovaného systému doručování [54].

4.7 Primoco UAV ONE 150

Toto bezpilotní letadlo je určené pro civilní, vládní a vojenský sektor. Cílem bylo vyvinout UAS, schopný automatického vzletu, provedení letu a přistání, popřípadě bude spolehlivě zaznamenávat videa a informace v reálném čase. Evropské i mezinárodní letecké úřady schválily společnosti Primoco provoz v omezeném i v neomezeném vzdušném prostoru [55].

Přímé náklady na provoz bezpilotního letadla UAV ONE činí 10–50 % ekvivalentního řešení s lidskou posádkou. Bylo vyvinuto tak, aby bylo spolehlivé. Může vzlétnout a přistát jak za denního světla, tak i v noci, popřípadě i za špatných povětrnostních podmínek. Má maximální výdrž 15 hodin letu, dosah pozemní kontrolní stanice je 200 kilometrů a může uletět až 2 000 kilometrů během jedné mise při provozní rychlosti 100–150 km/h. Může mít užitečné zatížení až 30 kg a provoz ve vysoké nadmořské výšce (až 3 300 metrů nad mořem) a umožňují rozšířené mise při využití kombinace užitečného zatížení a provozu ve výšce 2 000 m nebo vyšší. Zároveň je spolehlivou platformou pro získávání videa a snímání informací v reálném čase. Bepilotní letadlo lze ovládat dálkovým řízením během každé fáze letu, jeho integrovaný systém automatického pilotního režimu znamená, že je letadlo schopno plně automatického vzletu a přistání a plně autonomního provádění letového plánu. Jeho krátká délka vzletové dráhy 300 metrů poskytuje možnost provádět vzdušné mise ze vzdálených míst a při omezeném letištním vybavení [55].



Obr. 24 Primoco UAV ONE 150 [56].

Letadlo je jedinečné tím, že je přizpůsobeno na přesné požadavky a zamýšlené použití letadla - může se jednat o práci v zemědělství, průmyslu, energetice, telekomunikacích, natáčení videí terénu nebo hledání pohřešovaných osob. Letoun může mít jednu funkci nebo jich může kombinovat několik - záznam a monitorování terénu pomocí kamery, která pořizuje statické fotografie nebo videozáznamy, možnost provádět pátrací a záchranné mise pomocí

infračervených kamer či použití vysoce sofistikovaných senzorů. S bezpilotním letadlem Primoco UAV může zákazník specifikovat a přepravit jakékoli vybavení nebo technologii, kterou potřebuje [55].

Tab. 4 Technické údaje a specifikace [55].

Technické údaje a specifikace PRIMOCO UAV ONE 150	
Rozpětí křídel	4,85 m
Délka letounu	3,65 m
Výška letounu	1,25 m
MTOM	150 kg
Užitečný náklad	1–30 kg
Maximální dostup	3 300 m (10 827 ft)
Motor	Čtyřválec, čtyřtakt, chlazený vzduchem
Zdvihový objem	340 cm ³
Výkon	25 HP
Navigační systém	GPS/Glonass/Galileo/Beidou
Komunikace	Radio Datalink 5–6 GHz/ satelitní komunikace Inmarsat

4.7.1 Vojenské účely využití

Bezpilotní letadlo Primoco One 150 může sloužit jako platforma pro každodenní výcvikové mise včetně počátečního výcviku nových pilotů a operátorů nebo opakovaného výcviku k udržení dovedností posádky. Pro tyto úkoly musí být bezpilotní letadlo vybaveno senzory, které umožňují výcvik koordinace posádky [57].

Další možným využitím je jako platforma pro nenápadné sledování a průzkum. Cestovní výška umožňuje pozorování bez povšimnutí, neboť zvuková i optická detekce systému je prakticky vyloučena, a palubní senzory zajišťují perfektní podmínky pro shromažďování zpravodajských informací [57].

V dnešní době může být UAS využit i pro elektronický boj. Letadlo může být vybaveno sofistikovanou sadou elektronických a vysokofrekvenčních rušiček a přijímačů, které mu umožňují provádět elektronické útoky, rušení zařízení, zajištění vlastní ochrany, simulace emitoru hrozeb, simulace emitoru během rušení, školení elektronické ochrany a další mise [57].

Nebo může být využit při výcviku pro vojenskou jednotku od protiletadlových praporů až po mechanizované sbory pěchoty, popřípadě vzdušné síly. Cílová bezpilotní letadla Primoco jsou vybavena palubními indikátory chybějícího cíle umožňujícího stanovení přesnosti střelby i radarových odražečů. Velikost letadla umožňuje cvičnou střelbu na krátkou až střední vzdálenost a pokud nejsou zasaženy ostrou municí, mohou být po přistání znovu použity se značnými nákladovými výhodami pro provozovatele [57].

4.7.2 Civilní využití

Pro ropný a energetický průmysl se nabízí jako efektivní platforma pro každodenní použití se sofistikovanou technologií a automatizací sledování potrubí a přenosových vedení. Letoun je ovládán a řízen z pozemní řídicí stanice s velmi pokročilou úrovní automatizace pro snadné plánování a přípravu mise. Díky dosahu 200 km a provozní rychlosti až 150 km/h může poskytovat vyšší monitorovací kapacitu než jakákoli jiná platforma, ať už s posádkou nebo bez posádky [57].

Pro zmírnění následků katastrof na velké ploše a lze jej použít při různých událostech, jako jsou záplavy, zemětřesení, sopečné erupce nebo lesní požáry. Letadlo se obvykle používá v nebezpečném prostředí k monitorování rozsahu katastrofy, monitorování preventivních a záchranných činností, a dokonce k lokalizaci osob v tísni a poskytování pokynů pro pomoc. Na rozdíl od většiny letadel s posádkou může bezpilotní letadlo bezpečně fungovat i v noci, což je klíčový faktor pro eliminaci rychle se šířících hrozeb, jako jsou záplavy nebo požáry. Bepilotní

letadlo může poskytovat provozovateli data v reálném čase pro okamžitou reakci a zachování života lidí i ochranu majetku [57].

Další možné využití je při monitorování životního prostředí. Letadlo může například nenápadně sledovat zájmovou oblast pro počítání zvířat bez narušení divoké přírody. Letadlo má minimální hlukovou stopu, která umožňuje, aby palubní senzory získaly skutečný přehled počtu zvířecích populací. Pro tyto mise je letadlo vybaveno kamerou s vysokým rozlišením [57].

Ve velkých zemích je železniční síť součástí kritické infrastruktury. Měla by podléhat pravidelné kontrole a údržbě. Primoco umožňuje vzdálenou detekci jakýchkoli nesrovnalostí zajišťujících včasné varování před možnými hrozbami a nebezpečím. Široký výběr senzorů umožňuje například detekovat praskliny na železniční trati nebo uvolněné šrouby. Pokročilé systémy plánování a řízení/provádění misí umožňují operátorovi snadno předem naprogramovat trasu a jediným kliknutím kroužit nad zjištěnou závadou [57].

Použití při hlídání a sledování hranic. Propracovaný navigační systém bezpilotního letadla skládající se z GPS a inerciální navigace umožňuje bezpečný provoz na požadované straně hranice bez rizika překročení linie [57].

4.8 DJI MAVIC 2 Enterprise advanced

Tento dron je na trhu jeden z nejpokročilejších dronů s termokamerou, která nabízí radiometrické fotografie. Je vhodný pro vykonávání průmyslových inspekcí a vyhledávání zvířat nebo osob. Navíc nese i klasickou kameru a různé příslušenství jako je RTK přijímač. RTK modul mnohonásobně zlepšuje přesnost a je také možné, aby dron prováděl pokročilé inspekce autonomně tak, že si zapamatuje pozici a úkony a může je periodicky opakovat. Doba letu je 31 minut. A díky kvalitní kameře je vhodný pro fotogrammetrické práce jako je 2D mapování a 3D modelování [58].



Obr. 25 DJI MAVIC 2 Enterprise advanced [59].

4.9 DJI P4 Multispectral

Tento dron nabízí jednoduché a intuitivní ovládání společně s integrovanou multispektrální kamerou. Dron dokáže zobrazovat živý NDVI index nebo složí mapu v NDVI vybraného pole. Zároveň je možné vše zobrazovat z klasické kamery. Dron má maximální letovou dobu 27 minut a dosah 7 kilometrů – plochu, kterou pokryje závisí na letové výšce. Dron může nést až 6 kamer v různých spektrech [60].



Obr. 26 DJI P4 Multispectral [61].

4.10 DJI M300 RTK

Jeden z možných dronů pro využití při inspekci a vyhledávání je dron DJI M300 RTK, který má dobu letu 55 minut, skládací konstrukci, moduly pro přesné mapování a možnost nést tři kamery zároveň – dvě kamery v podvěsu a jedna kamera na horní palubě. Lze namontovat i termokamera, takže dron může sloužit pro průmyslové inspekce nebo vyhledávání osob. Tento dron má dosah až 15 kilometrů a může letět maximální rychlostí 82,8 km/h. Má tři možnosti pro provádění automatizované inspekce nebo kontroly [62].



Obr. 27 DJI M300 RTK [63].

5 Odhadovaný vývoj UAS v období 3–5 let

Důvod, proč se tato práce zabývá odhadovaným vývojem UAS pouze na následující období 3–5 let, je velmi jednoduchý. Vývoj UAS a spojených technologií probíhá velmi rychlým tempem a myšlenky, které ještě před několika lety dávaly ohledně UAS smysl, se v dnešní době ukazují jako slepá ulička. Může se stát, že během tak krátkého období v budoucnosti dojde k výraznému vývoji jak technologií pro UAS nebo legislativy, která je pro úspěšnou integraci UAS do leteckého prostoru zásadní. Z výše uvedených důvodů a aby byl zachován co nejkvalitější odhad, jsem se zaměřil na kratší časové období v rozmezí 3-5 let (2021–2026).

5.1 Legislativa

Jedním z nejdůležitějších parametrů pro další rozvoj UAS bude právní legislativa, kterou EASA aktuálně implementuje.

Od 1.7. 2021 se musejí všechna národní povolení a certifikáty začít převádět do nové EU podoby, které definují nařízení 2019/945 a 2019/947. Členské státy musí dokončit definici zeměpisných zón, kde jsou UAS zakázány nebo potřebují speciální povolení. Tyto změny budou pak platné od 1. 1. 2022 [8].

Od 1. 7. 2022 se připravují činnosti v otevřené kategorii tak, aby odpovídaly nařízením EU. Všechny modelové kluby by měly dostat povolení od národního leteckého úřadu dané země. Jednotlivé státy mohou dovolit klubům leteckých modelářů, že se mohou odchýlit od některých požadavků, které vyžadují nařízení EU. Tato nařízení vstoupí v platnost k 1. 1. 2023 [8].

Z možných budoucích omezení, které mohou nově vyplynout, budou úpravy kritérií hluku, popřípadě zákaz létání nad obydlenými oblastmi nebo definování minimální výšky, která by byla nutná pro přelet, aby byly hlukové dopady co nejmenší na obyvatele.

Dále bude důležitá právní implementace U-Space, která by se měla v budoucích letech dále rozšiřovat. Z toho důvodu odhaduji, že vzniknou další podmínky na běžné uživatele UAS, které budou muset splnit.

5.2 Komunikace

Pro další vývoj UAS je nezbytné definovat a aplikovat komunikaci s ATC a s ostatními účastníky letového provozu v řízení prostoru. Pokud bude komunikace probíhat standardně přes rádio, tak by musel dálkově řízený pilot absolvovat školení, které by odpovídalo kurzům, které absolvují piloti. Důležitým parametrem bude reakce dálkově řízeného pilota na požadavky ATC. Popřípadě pokud by se uvažovalo a částečně nebo plně automatizovaném UAS, tak jak by se řešili nouzové situace, kdy by byl UAS nucen nouzově přistát. Očekávám, že se budou postupně definovat parametry komunikace UAS. Je možné, že se nebudou zásadně lišit od podmínek, které platí teď pro pilotované lety s lidskou posádkou. Nebo se může stát, že určité parametry budou upraveny tak, aby vyhovovaly přímo UAS – to se týká hlavně reakce na pokyny, které by dálkově řízený pilot dostal od ATC. Pokud nastane nějaká velká změna v odhadovaném období, bude to pravděpodobně reakce na případné nehody kvůli komunikaci mezi dálkově řízeným pilotem a ostatními účastníky letového provozu.

5.3 Vývoj potřené technologie

Velmi důležitým parametrem bude vývoj autonomních systémů pro UAS. V odhadovaném období očekávám, že se budou konat testy funkčnosti těchto autonomních systémů a případné reakce na nečekané události jako může být například srážka s letícím ptákem nebo selhání lidského faktoru. Pokud by se začalo experimentovat s přepravou lidí pomocí UAS, usuzuji, že i na palubě bude stále k dispozici pilot, který v případě nutnosti

zasáhne do řízení. Takže bude sloužit jako pojistka, kdyby se stalo něco neočekávaného, popřípadě bude záležet na funkcích autonomního systému.

Další otázka, která v budoucnosti nastane, je pohon UAS. Menší drony pro běžné uživatele jsou zpravidla poháněny elektrickými motory, kdy kapacita baterie umožňuje délku v rádech maximálně hodiny. Předpokládám, že přeprava těžších nákladů proto bude zajištěna UAS se spalovacím motorem nebo hybridním motorem. Nicméně pokud se zlepší v budoucnosti kapacita baterií, je možné, že i pro přepravu nadrozměrných nákladů nebo osob bude využit UAS s elektrickým pohonem. Pro další odhad je už nutné individuální posouzení každého případu.

5.4 Zabezpečení

Jak už bylo naznačeno v přiloženém textu výše, důležité bude, aby se zamezilo možnosti srážek mezi UAS a letadly s lidskou posádkou. To by měl zabezpečit U-Space, který se posune do stavu U2 (viz. kapitola 2.7.1). U služby U-Space očekávám výrazné zlepšení informací, které bude poskytovat a případné upřesnění výšky a prostorů, kde by se mohly UAS pohybovat. Popřípadě testování U-Space poblíž měst nebo dokonce ve městech. Odhaduji, že se v nejbližších letech bude řešit i větší zabezpečení systémů UAS, aby nikdo nemohl násilně převzít kontrolu nad UAS během letu a nestalo se, že nad ním dálkově řídící pilot ztratí kontrolu. Dá se očekávat, že se tímto v brzké budoucnosti bude zabývat i EASA a vytvoří dodatečné podmínky.

5.5 Přístroje

Očekávám, že UAS budou mít do budoucnosti povinné odpovídače sekundárního radaru a ADS-B. Tady záleží na velikosti a váze daných přístrojů a je velmi pravděpodobné, že se do budoucna budou vyrábět speciální verze pro UAS, které budou menší a lehčí, než které se v současnosti používají. Je velice pravděpodobné, že EASA bude pro profesionální využití dronů nadále upravovat podmínky včetně přístrojů, které daný UAS bude muset mít.

5.6 Využití UAS

Největší využití v blízké době odhaduji na monitorování oblastí, pro které UAS nachází velké využití i v dnešní době.

Některé přepravní služby jako DHL, UPS, Amazon začaly experimentovat s doručováním menších balíčků pomocí dronů, takže předpokladem je i zlepšení v této oblasti a zjištění, jestli se to vyplatí jak z pohledu času, tak i z ekonomického hlediska. Nicméně tohle se spíše než v Evropě bude testovat v Asii nebo Americe.

Očekávám, že se více budou drony používat pro natáčení jak už filmů, tak hlavně snímkování oblastí, protože ve výsledku UAS může být levnější než klasické focení z letadel.

Z vojenského hlediska jsou UAS vynikající pro průzkum, případně i vojenské nasazení ve velmi nebezpečných oblastech, kde by hrozilo sestřelení například letadla s pilotem. V takovém případě by armáda přišla pouze o UAS a neohrozila by zdraví a zkušenosti pilota, do kterého investovala nemalé finanční prostředky.

6 Zhodnocení výsledků práce

Nejtěžší částí této práce pro mě byl nastudovat a pochopit, jak funguje vytváření nových legislativních nařízení EU včetně těch, které vznikají pro letectví. Následně jsem ještě musel správně pochopit jaké postavení má EASA. Jelikož k tomuto tématu není moc informací, které by byly srozumitelně popsány, musel jsem se obrátit na odborníky, kteří se mi tuto problematiku pokusili vysvětlit. Myslím si, že po daných konzultacích jsem dokázal přehledně a jednoduše vysvětlit pro laickou veřejnost tvorbu Evropských předpisů a jednotlivé orgány, které se na tvoření nových nařízení podílejí. Popsal jsem hlavní dva předpisy, které se zabývají definováním UAS a povinností pro provozovatele, které začaly nově platit od 31. 12. 2020.

Druhá kapitola se zabývá kategorií UAS, kde jsem se pokusil vybrat a shrnout nejdůležitější nařízení, která vešla v platnost. Je možné, že tato část by pro odborníky šla zkrátit, nicméně pro mě jako člověka, který létá rekreačně s UAS, se mi zdálo, že to už více zjednodušit nešlo. Pokusil jsem se vše zkrátit na co nejmenší délku textu, kdy jsem všechny opakující se údaje pro jednotlivé kategorie a třídy dal do tabulek, popřípadě text napsal pouze jednou a uvedl jsem, ke kterým kategoriím, popřípadě třídám, se vztahuje. Tabulky jsem se snažil vytvořit tak, aby byly co nejpřehlednější a šla zjistit všechna potřebná data. Další věcí je, že cituji přesné znění zákonů, které mohou být někdy hůře srozumitelné pro laickou veřejnost. Takže kdyby chtěl někdo navázat na moji práci, doporučil bych mu se zaměřit na dovysvětlení některých pasáží, které jsou napsány velmi právníckou formou. Já jsem se vyvaroval možnému pochybení z mé strany, kdybych nějaký předpis špatně vysvětlil svými slovy, protože toho jsem se obával nejvíce.

Druhý nejtěžší úkol byl pro mne pochopit technologie CNS, jelikož v době psaní této bakalářské práce nevlastním žádný pilotní průkaz a tyto technologie pro mě byly dosud neznámé. Po konzultacích jsem si udělal přehled technologií CNS a snažil jsem se je popsat co nejlépe a odhadnout, která zařízení budou důležitá pro UAS. Snažil jsem se eliminovat nepřesnosti, nicméně pokud jsem se jich dopustil, pramení to z nedostatku mých zkušeností v letectví.

Z mého pohledu nejzajímavější kapitolou jsou cíle a možnosti komerčního využití UAS, kde jsem popsal přehled využití UAS v Evropě. Snažil jsem se vybrat nejzajímavější využití včetně podrobného popisu, jak se používají. Překvapilo mě, že UAS se nejvíce využívají s termokamerami. Zároveň jsem se dozvěděl o české firmě Primoco, která vytvořila podle mého názoru zajímavý koncept UAS. V tomto tématu lze najít mnoho dalších využití, kdy já jsem se převážně zaměřil na civilní využití, které je mi bližší než to vojenské. Toto téma je nicméně tak obsáhlé, že by šlo ještě více popsat, popřípadě porovnat využití ve světě jako je USA nebo Čína, která je světovou špičkou ve vývoji UAS. Doporučuji se při budoucím porovnání hlavně zaměřit na zmiňovanou Čínu, která je v některých postupech ohledně UAS napřed oproti Evropě (je to dáno tím, že není omezena tolika přísnými předpisy jako my v Evropě).

V poslední části jsem se pokusil předpovědět, kam se bude UAS v následujících letech ubírat. Tuto část jsem se rozdělil z mého pohledu na 6 nejdůležitějších parametrů, které budou důležité v budoucnosti. Opět bude záležet na vývoji legislativy a dostupné technologie, která se vyvíjí překotným tempem. Já jsem se pokusil obecně naznačit odhadovaný vývoj, nicméně jak jsem zmínil výše, ohledně provozovatelů UAS se řadím k těm rekreačním, a proto je možné, že odborníci na dané téma by s některými věcmi, které já považuji a pokládám za důležité, nesouhlasili. Bohužel tato část nelze více popsat obecně a na případný kvalifikovanější odhad je zapotřebí mít konkrétní UAS, popřípadě vytvořit nějaké modelové situace a popsat, jak by se řešily v dnešní době a jak by se mohly řešit v budoucnosti, popřípadě s jakou technologií, která se předpokládá, že bude v té době dostupná. Kvalifikovaný odhad na delší období než 5 let je z mého pohledu velmi nepřesný, protože UAS se tak překotně vyvíjí, že některé věci se prostě nedají na delší časový úsek správně odhadnout a já jsem měl za cíl, aby můj odhad byl relevantní pro případné čtenáře mojí závěrečné práce.

ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo vytvořit ucelený přehled moderních leteckých bezpilotních systémů, možnosti jejich cílů a aplikací do komerčního prostoru v Evropě. Zároveň jsem zpracoval požadavky na provoz bezpilotních systémů ve vzdušném prostoru.

V první části práce jsem popsal a charakterizoval, co je bezpilotní systém, důvod jeho vzniku a historické souvislosti. Dále jsem popsal, jak vzniká legislativa v rámci Evropské unie a jak se vytváří Evropský předpis a popsal dvě nejdůležitější nařízení (EU) 2019/945 a (EU) 2019/947, která určují právní rámec pro bezpilotní systémy a jejich provoz.

Ve druhé části práce jsem vytvořil přehledný souhrn aktuálně platné legislativy pro bezpilotní systémy a jejich rozdělení do jednotlivých kategorií podle stupně rizika a třídy bezpilotního systému. Dále jsem se zabýval, kdo se musí zaregistrovat a jak vypadají jednotlivé podmínky splnění online testů jak pro provozovatele bezpilotního systému, tak pro dálkově řídicího pilota. Na závěr této kapitoly jsem charakterizoval U-Space, který se postupně zavádí v platnost.

Třetí část se zabývá technologií CNS a rozebírá jakou strukturu palubního vybavení bude muset mít UAS, aby mohl bezpečně vstoupit do řízeného vzdušného prostoru a neohrozit ostatní účastníky vzdušného provozu

Čtvrtá část bakalářské práce pokrývá aktuální cíle a možnosti bezpilotních systémů včetně jejich komerčního využití v Evropě. Uvedl jsem nejlepší využití bezpilotních systémů včetně příkladů typů dronů, které se pro danou činnost hodí.

V páté části jsem provedl kvalifikovaný odhad na vývoj bezpilotních systémů v rozmezí 3-5 let a pokusil se vyvodit možné problémy, které mohou vzniknout během následujícího vývoje jak z pohledu legislativy, tak i z ostatních překážek, které bezpilotní systémy budou muset v budoucnosti překonat, aby mohly být úspěšně implementovány do leteckého provozu.

V závěrečné kapitole jsem zhodnotil výsledky své práce.

Tato práce může být dále využita pro nastudování legislativy a případně prohloubení znalostí ohledně jejího vytvoření.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Unmanned Aircraft Systems (UAS)* [online]. Cir 328 AN/190. Montréal: ICAO, 2011 [cit. 2021-3-1]. ISBN 978-92-9231-751-5. Dostupné z: https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf
- [2] FRIDRICH, Jan. *Nové Evropské letecké předpisy pro sportovní a rekreační létání a jejich vliv na činnost LAA ČR*. [ppt]. Praha, 2009. Ppt dokument byl poskytnut konzultantem Janem Fridrichem.
- [3] EASA Member States. *EASA* [online]. Kolín nad Rýnem, 2021 [cit. 2021-3-28]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/country-category/easa-member-states?page=2>
- [4] Vlajka EU. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Evropsk%C3%A1_unie#/media/Soubor:Flag_of_Europe.svg
- [5] FRIDRICH, Jan. *Legislativa zahraniční činnost pojištění atd. LAA ČR v r.2017*. [ppt]. Praha, 2017. Ppt dokument byl poskytnut konzultantem Janem Fridrichem.
- [6] The official logo of the European Aviation Safety Agency. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Agentura_Evropsk%C3%A9_unie_pro_bezpe%C4%8Dnost_letectv%C3%AD#/media/Soubor:EASA_Logo.png
- [7] EASA. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-3-7]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/dokumenty/easa>
- [8] Drones - regulatory framework timeline. *EASA* [online]. Kolín nad Rýnem, 2021 [cit. 2021-3-8]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/drones-regulatory-framework-timeline>
- [9] Civil drones (Unmanned aircraft). *EASA* [online]. Kolín nad Rýnem, 2021 [cit. 2021-3-10]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas>
- [10] Kategorie UAS. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/>
- [11] FAQ – často kladené dotazy. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-4-22]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/faq-casto-kladene-dotazy/>
- [12] Pilot bezpilotního systému. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/pilot-bezpilotniho-systemu/>
- [13] Registrace bezpilotních systémů. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://dron.caa.cz/>
- [14] *ERules pro bezpilotní systémy (UAS) (nařízení (EU) 2019/947 a (EU) 2019/945)*. In: . Brusel: EASA, 2021, ročník 2021, číslo 2.1. Dostupné také z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2021/04/eRules_UAS_CS_08-04-2021_v2-1.pdf
- [15]] Schéma povinných úkonů nezbytných pro provoz dronů od 31. 12. 2020. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/zakladni-informace-k-regulacnimu-ramci-eu-pro-bezpilotni-systemy/>
- [16] *NAŘÍZENÍ KOMISE V PŘENESENÉ PRAVOMOCI (EU) 2019/ 945*. In: . Brusel: Úřední věstník Evropské unie, 2019, ročník 2019, 2019/945. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=CS>

- [17] Identifikační štítek třídy C0. *EUR-Lex* [online]. Brusel, 2019 [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=CS>
- [18] Identifikační štítek třídy C1. *EUR-Lex* [online]. Brusel, 2019 [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=CS>
- [19] Identifikační štítek třídy C2. *EUR-Lex* [online]. Brusel, 2019 [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=CS>
- [20] Identifikační štítek třídy C3. *EUR-Lex* [online]. Brusel, 2019 [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=CS>
- [21] Identifikační štítek třídy C4. *EUR-Lex* [online]. Brusel, 2019 [cit. 2021-3-29]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=CS>
- [22] Kategorie provozu UAS. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-3-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz-stare/bezpilotni-letadla-stara/kategorie-provozu-uas/>
- [23] *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2019/947*. In: . Brusel: Úřední věstník Evropské unie, 2019, ročník 2019, 2019/947. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=CS>
- [24] Dronview. *Dronview* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://dronview.rlp.cz/>
- [25] Open Category - Civil Drones. *EASA* [online]. Kolín nad Rýnem, 2021 [cit. 2021-3-13]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones>
- [26] Specific Category - Civil Drones. *EASA* [online]. Kolín nad Rýnem, 2021 [cit. 2021-3-15]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones>
- [27] Identifikační štítek třídy C5. *EUR-Lex* [online]. Brusel, 2020 [cit. 2021-3-30]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1058&from=EN>
- [28] *NAŘÍZENÍ KOMISE V PŘENESENÉ PRAVOMOCI (EU) 2020/1058*. In: . Brusel: Úřední věstník Evropské unie, 2020, ročník 2020, 2020/1058. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1058&from=EN>
- [29] Identifikační štítek třídy C6. *EUR-Lex* [online]. Brusel, 2020 [cit. 2021-3-30]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1058&from=EN>
- [30] *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2020/639*. In: . Brusel: Úřední věstník Evropské unie, 2020, ročník 2020, 2020/639. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0639&from=CS>
- [31] Certified Category - Civil Drones. *EASA* [online]. Kolín nad Rýnem, 2021 [cit. 2021-3-20]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/certified-category-civil-drones>
- [32] Co nás čeká. *Řízení letového provozu České republiky* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/legislativa/co_nas_ceká?clid=268
- [33] KRAUS, Jakub. *U-Space základní myšlenky*. [ppt]. Praha, 2020. Ppt dokument byl poskytnut konzultantem Jakubem Krausem.

- [34] U-Space. *Řízení letového provozu České republiky* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: https://letejtezodpovedne.cz/images/U_Space_1.jpg
- [35] Rozdělení vzdušného prostoru I. *AirGuru* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/tridy>
- [36] Vertikální rozdělení vzdušného prostoru a pravidla létání. *AirGuru* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: https://static1.squarespace.com/static/5beae0c97c932781852acf33/t/5c6be9f0104c7b6738e4681b/1550576115884/AIRSPACE_cs.jpg
- [37] Communication, Navigation and Surveillance. *Turks and Caicos Islands Civil Aviation Authority* [online]. Turks and Caicos Islands, 2021 [cit. 2021-4-3]. Dostupné z: <https://www.tcicaa.org/operations-and-safety/airspace/communication-navigation-and-surveillance>
- [38] VOSECKÝ, Slavomír. *Poznámky k BP* [e-mail]. 5. května 2021 [cit. 2020-5-5].
- [39] KRAUS, Jakub [ústní sdělení]. MS Teams, 26. března 2021.
- [40] ADS-B. *Moderní letecká navigace* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-3]. Dostupné z: <http://www.airnav.eu/index.php?stranka=adsb>
- [41] Princip ASD. *Moderní letecká navigace* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.airnav.eu/ads.png>
- [42] Zpověď odpovídače. *AirGuru* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/odpovidace>
- [43] Aplikace. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/aplikace/>
- [44] O NÁS. <https://uav-stol.com/cs/> [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://uav-stol.com/cs/about-us/>
- [45] Inspekce v energetice. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/aplikace/inspekce-v-energetice/>
- [46] Kontrola potrubí pomocí UAS. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: http://www.pro-drony.cz/wp-content/uploads/2017/09/pipes_drone-1024x576.png
- [47] Kontrola vysokého napětí pomocí UAS. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: http://www.pro-drony.cz/wp-content/uploads/2017/09/energetika_v2-1024x683.jpg
- [48] Inspekce v zemědělství. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/aplikace/inspekce-v-zemedelstvi/>
- [49] NDVI snímkování. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/wp-content/uploads/2017/09/ndvi.jpg>
- [50] Inspekce ve stavebnictví. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/aplikace/inspekce-ve-stavebnictvi/>
- [51] Těžební a zpracovatelský průmysl. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/aplikace/tezebni-zpracovatelsky-prumysl/>
- [52] Foto a video. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/aplikace/foto-video/>
- [53] Bezpečnost. *Pro-drony.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://www.pro-drony.cz/aplikace/bezpecnost/>
- [54] How It Works. *Zipline* [online]. Ghana, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://flyzipline.com/how-it-works/>
- [55] PRIMOCO UAV ONE 150. *Primoco* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://uav-stol.com/cs/primoco-uav-one-150/>
- [56] PRIMOCO UAV ONE 150. *Primoco* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://uav-stol.com/wp-content/themes/uav/assets/big-1.jpg>

- [57] ŘEŠENÍ. *Primoco* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://uav-stol.com/cs/primoco-uav-one-150/solutions/>
- [58] DJI MAVIC 2 ENTERPRISE ADVANCED - DRON S TERMOKAMEROU. *W-technika* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.w-technika.cz/dji-mavic-2-enterprise-advanced-dron-s-termokamerou.html>
- [59] Dron Mavic 2 Enterprise Advanced. *Dronpro.cz* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/data/images-x1/14881-dron-mavic-2-enterprise-advanced-v-letu.jpg>
- [60] DJI P4 MULTISPECTRAL DRON PRO PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ. *W-technika* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.w-technika.cz/dron-dji-p4-multispectral-pro-stanoveni-indexu-ndre-a-ndvi-bezpilotni-letadlo.html>
- [61] DJI P4 MULTISPECTRAL DRON PRO PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ. *W-technika* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://www.w-technika.cz/out/pictures/z2/multispektralni_kamera_phantom_4_multispectral_ndvi_index_precizni_zemedelstvi_z2.jpg
- [62] DJI M300 RTK - DRON PRO INSPEKCE A VYHLEDÁVÁNÍ. *W-technika* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.w-technika.cz/dji-m300-rtk-dron-s-termokamerou-pro-inspekce-a-vyhledavani.html>
- [63] DJI M300 RTK - DRON PRO INSPEKCE A VYHLEDÁVÁNÍ. *W-technika* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://www.w-technika.cz/out/pictures/z2/M300_RTK_H20_2_z2.jpg

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Vysvětlení
ADS-B	Automatic Dependent System
AIP	Aeronautical Information Publication Letová informační příručka
ATC	Air Traffic Control Řízením letového provozu
ATSAW	Airborne Traffic Situation Awareness Data o vzdušné situaci v okolí letounu
CNS	Communications, Navigation, Surveillance systems Letecká komunikace, navigace a sledovací systémy
CS	Certification Specifications Certifikační specifikace
ČR	Česká republika
EAROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment Evropská organizace pro vybavení civilního letectví
EASA	European Union Aviation Safety Agency Evropská agentura pro bezpečnost letectví
EHS	Enhanced Surveillance
ELS	Elementary Surveillance
EU	European Union Evropská unie
FL	Flight level Letová hladina
GNSS	Global Navigation Satellite System Globální družicový polohový systém
GPS	Global Positioning System
ICAO	International Civil Aviation Organization Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	Instrument flight rules Let podle přístrojů
IR	Implementing rules Prováděcí předpisy
LUC	Light UAS operator certificate Certifikát provozovatele lehkých UAS
MTOM	Maximum take-off mass Maximální vzletová hmotnost
PDRA	Predefined risk assessment Předem definované posouzení rizik
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautic Radiotechnická komise pro letectví
SORA	Specific Operations Risk Assessment Metoda posouzení bezpečnostního rizika

SSR	Secondary surveillance radar Sekundární přehledový radar
STS	Standard Scenario Standardní scénář
TCAS	Traffic Collision Avoidance System Palubním protisrážkový systém
TMA	Terminal control area Koncové řízené oblasti
UAS	Unmanned aircraft system Bezpilotní systém
UAV	Unmanned aerial vehicle Bezpilotní letoun
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
VFR	Visual Flight Rules Let za viditelnosti
VHF	Very High Frequency Velmi krátké vlny