

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bakalářská práce



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

EVA KRATĚNOVÁ

ROZHRANÍ MEZI ATM a UTM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020



K621**Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Eva Kratěnová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Rozhraní mezi ATM a UTM**

Název tématu (anglicky): Interface Between ATM and UTM

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Současný stav uspořádání letového provozu (ATM)
- Nutnost začlenění bezpilotního létání do vzdušného prostoru
- Koncepty uspořádání bezpilotního letového provozu (UTM)
- Integrace UTM a ATM
- Identifikované překážky a rozhraní mezi ATM a UTM



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: EUROCONTROL: European Aviation in 2040 - Challenges of Growth
EUROCONTROL: U-Space Blueprint, 2017
EUROCONTROL: UAS ATM Integration - Operational Concept, 2019

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

Datum zadání bakalářské práce: **19. října 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **10. srpna 2020**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


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




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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


.....
Eva Kratěnová
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 16. prosince 2019

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mne při tvorbě této práce podporovali. Zvláštní poděkování patří panu doc. Ing. Jakubu Krausovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a poskytování kvalitních informačních zdrojů. V neposlední řadě patří velké poděkování mým přátelům a rodině za podporu během celého studia a zaměstnavateli za umožnění docházky na přednášky.

Prohlášení

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

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

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 21/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 10. 8. 2020



.....
Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

ROZHRANÍ MEZI ATM a UTM

Bakalářská práce

srpen 2020

Eva Kratěnová

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce Rozhraní mezi ATM a UTM je popis současného stavu uspořádání letového provozu, zhodnocení nutnosti do tohoto provozu začlenit bezpilotní létání, a to včetně detailního rozboru stěžejních konceptů pro uspořádání letového provozu bezpilotních systémů. V bakalářské práci je následně provedena analýza systému UTM, identifikovány vnější vazby, jejich popis a identifikovány překážky, výzvy a prostory k dalšímu vývoji v této oblasti.

KLÍČOVÁ SLOVA

ATM, bezpilotní systémy, drony, integrace, koncepty integrace, UAS, UAV, UTM, rozhraní, RPAS

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty Of Transportation Sciences

INTERFACE BETWEEN ATM AND UTM

Bachelor Thesis

August 2020

Eva Kratěnová

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis “Interface between ATM and UTM” is to describe the current state of air traffic management and evaluation of the necessity to integrate unmanned flying. Includes also detailed analysis of key concepts for unmanned air traffic management. The bachelor’s thesis then analyzes the UTM system, identifies external links, their description and identifies issues, challenges and gaps for further development in this area.

KEY WORDS

ATM, unmanned aviation, drones, integration, integration concepts, interface, UAS, UAV, UTM, RPAS

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
Úvod	11
1. Řízení a uspořádání letového provozu	13
1.1. Úvod do problematiky, legislativní rámec	13
1.2. Dělení vzdušného prostoru	15
1.2.1. Horizontální a vertikální dělení	15
1.2.2. Řízené prostory podle typu použití	17
1.3. Oblasti poskytovaných služeb	20
1.3.1. Letové provozní služby	21
1.3.2. Letecká informační služba	25
1.3.3. Uspořádání toku a kapacity letového provozu	26
1.3.4. Management vzdušného prostoru	27
2. Řízení a uspořádání letového provozu bezpilotních systémů	29
2.1. Základní pojmy a definice	29
2.2. Nutnost začlenění bezpilotního létání do vzdušného prostoru	30
2.3. Popis současného stavu legislativy	32
3. Koncepty uspořádání řízení letového provozu bezpilotních systémů	35
3.1. UTM - Společný rámec základních principů globální harmonizace ICAO	35
3.1.1. Obecný koncept	35
3.1.2. Provozní koncept	36
3.2. NASA koncept UTM	38
3.2.1. Obecný koncept	38
3.2.2. Provozní koncept	39
3.3. U-space Blueprint	43
3.3.1. Obecný koncept	43
3.3.2. Provozní koncept	44
3.4. European ATM Master Plan: Roadmapa pro bezpečnou integraci dronů	46
3.4.1. Obecný koncept	47
3.4.2. Provozní koncept	47
3.5. UAS ATM Integration - Operational Concept	50
3.5.1. Obecný koncept	50
3.5.2. Provozní koncept	52
4. Integrace UTM – ATM	54
4.1. Definice systému	54

4.2.	Popis prvků systému a jeho okolí	56
4.3.	Identifikace vazeb systému a okolí	57
4.4.	Zhodnocení vhodnosti daného řešení	61
5.	Identifikované překážky integrace	63
5.1.	Bezpečnost a spolehlivost	63
5.2.	Soukromí osob	63
5.3.	Legislativa	64
5.4.	Technologie	64
6.	Závěr	65
	Seznam použité literatury	66
	Seznam obrázků	71
	Seznam tabulek	72

Seznam použitých zkratk

<u>Zkratka</u>	<u>Česky</u>	<u>Anglicky</u>
ACC	Středisko oblastního řízení nebo oblastní služba řízení	Area Control Centre
ACFT	Letadlo	Aircraft
ADP	Denní plán ATFCM	ATFCM Daily Plan
AFIS	Letištní letová informační služba	Aerodrome Flight Information Service
AGL	Nad povrchem země	Above Ground Level
AIM	Letecká informační služba	Aeronautical Information Management
AIP	Letecká informační příručka	Aeronautical Information Publication
AIS	Letové informační služby	Aeronautical Information Services
ALRS	Pohotovostní služba	Alerting Services
AMC	Pracoviště uspořádání vzdušného prostoru	Airspace Management Cell
ANSPs	Poskytovatelé letových navigačních služeb	Air Navigation Service Providers
API	Aplikační programovací rozhraní	Application Programming Interface
APP	Přibližovací stanoviště ATM	Approach
ARO	Ohlašovna letových provozních služeb	Air Traffic Services Reporting Office
ARR	Služba řízení příletů	Arrival
ASM	Management vzdušného prostoru	Airspace Management
ATC	Služba řízení letového provozu	Air Traffic Control
ATFCM	Uspořádání toku a kapacity letového provozu	Air Traffic Flow and Capacity Management
ATFM	Řízení toku letového provozu	Air Traffic Flow Management
ATIS	Automatická informační služba v koncové řízené oblasti	Automatic Terminal Information Service
ATM	Řízení a uspořádání letového provozu	Air Traffic Management
ATS	Letová provozní služba	Air Traffic Service
ATSP	Poskytovatel služeb řízení letového provozu	Air Traffic Service Provider
ATZ	Letištní provozní zóna	Aerodrome Traffic Zone
AUP	Plán využití vzdušného prostoru	Airspace Use Plan
BVLOS	Let mimo přímou dohlednost	Beyond Visual Line Of Sight
CAA	Úřad pro civilní letectví	Civil Aviation Authority
CACD	Centrální databáze vzdušného prostoru a kapacity	Central Airspace and Capacity Database
CDM	Koncepce společného rozhodování	Collaborative Decision Making Process
CFMU	Centrální jednotka pro řízení toku	Central Flow Management Unit
CIS	Společná správa informací	Common Information Service

CNS	Komunikační, navigační a přehledové systémy	Communication, Navigation, Surveillance Systems
CTA	Řízená oblast	Control Area
CTR	Řízený okrsek	Control Zone
ČR	Česká republika	Czech Republic
D	Nebezpečný prostor	Danger Area
DEP	Služba řízení odletů	Departure
DWH	Úložiště dat	Data Warehouse System
EASA	Evropská agentura pro bezpečnost letectví	European Aviation Safety Agency
EC	Evropská komise	European Commission
ECAC	Evropská konference civilního letectví	European Civil Aviation Conference
ETFMS	NMOC operační systém pro zpracování nového letového plánu postoupeného z IFPS	Enhanced Tactical Flow Management System
EU	Evropská unie	European Union
FAA	Federální správa letectví	Federal Aviation Administration
FIMS	Systém řízení letových informací	Flight Information Management System
FIR	Letová informační oblast	Flight Information Region
FIS	Letová informační služba	Flight Information Service
FL	Letová hladina	Flight Level
FMP	Pracoviště uspořádání toku	Flight Management Position
FUA	Koncept pružného využívání vzdušného prostoru	Flexible Use of Airspace
GIS	Geografický informační systém	Geographic Information System
GND	Stanoviště řízení pozemního provozu letiště	Ground
GNSS	Globální navigační družicový systém	Global Navigation Satellite System
HFR	Pravidla létání ve vysokých výškách	High level Flight Rules
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	International Civil Aviation Organization
IFPS	NMOC systém pro zpracování letových plánů	Integrated Initial Flight Plan Processing System
IFPUV	Systém ověřování IFPS	IFPS Validation System
IFR	Pravidla pro let podle přístrojů	Instrument Flight Rules
LFR	Pravidla létání v nízkých výškách	Low level Flight Rules
LKPR	Letiště Václava Havla Praha	Prague – Václav Havel Airport
LVP	Postupy za nízké dohlednosti	Low Visibility Procedures
MTOM	Maximální vzletová hmotnost	Maximal Take Off Mass
NASA	Národní agentura pro letectví a kosmonautiku	National Aeronautics and Space Administration
NM	Námořní míle	Nautical Mile
NM	Manažer struktury vzdušného prostoru	Network Manager

NMOC	Centrální stanoviště pro uspořádání sítě letového provozu	Network Manager Operation Center
NOP	Plán provozu sítě	Network Operation Plan
NOTAM	Poznámka pro letce	Notice to Airmen
OFIS	Rozhlasové vysílání letové informační služby	Online Flight Information Service
P	Zakázaný prostor	Prohibited Area
PREDICT	Předtaktický systém	Pre-Tactical System
R	Omezený prostor	Restricted Area
RPA	Dálkově řízený letoun	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Dálkově řízený letadlový systém	Remotely Piloted Aircraft System
RPLS	Systém stálých letových plánů	Repetitive Flight Plan System
RWY	Přistávací/vzletová dráha	Runway
SAR	Pátrání a záchrana	Search and Rescue
SARPs	Standardy a doporučené postupy	Standards and Recommended Practises
SESAR	Projekt „Jednotné evropské nebe“	Single European Sky Aviation Research
SESAR JU	Společný podnik SESAR	SESAR Joint Undertaking
SID	Standardní přístrojový odlet	Standard Instrument Departure
STAR	Standardní přístrojový přílet	Standard Instrument Arrival
SWIM	Systém správy informací	System-Wide Information Management
TCLs	Úroveň technické způsobilosti	Technical Capability Levels
TMA	Koncová řízená oblast	Terminal Control Area
TRA	Dočasně rezervovaný prostor	Temporary Reserved Area
TSA	Dočasně vyhrazený prostor	Temporary Segregated Area
TWR	Letištní řídicí věž	Tower
UA	Bezpilotní letadlo	Unmanned Aircraft
UAM	Městská letecká doprava	Urban Air Mobility
UAS	Bezpilotní systém	Unmanned Aircraft System
UASO	Provozovatel UAS	UAS Operator
UAV	Bezpilotní letecký prostředek	Unmanned Aerial Vehicle
ÚCL	Úřad pro civilní letectví ČR	Civil Aviation Authority
USS	UAS systém podpory/poskytovatel služeb	UAS Support system / UAS Service Supplier
USSP	U-space poskytovatel služeb	U-space Service Provider
UTM	Řízení letového provozu bezpilotních systémů	UAS Traffic Management
UUP	Aktualizovaný plán využití vzdušného prostoru	Update Airspace Use Plan
UVIN	Identifikační číslo bezpilotního prostředku	Unmanned Vehicle Identification Number
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti	Visual Flight Rules
VHL	Vysoká hladina vzdušného prostoru	Very High Level Airspace
VLL	Nízká hladina vzdušného prostoru	Very Low Level Airspace
VLOS	Let za dohlednosti	Visual Line of Sight

Úvod

Bezpilotní systémy se stávají běžnou součástí dnešního světa. Vývoj v této oblasti v posledních letech zaznamenal nebývalý skok a je mnohem více akcelerován oproti vývoji v tradičním letectví. Digitální transformace a období singularity, které prožíváme, způsobují rychlý zánik tradičních společností a rozvoj nově uvažujících firem. Tyto evoluční změny přinášejí zcela nové obchodní příležitosti a to nejen na poli dopravy, logistiky, ale také ve zdravotnictví, zemědělství, vzdělávání nebo v průmyslu. Projevuje se pokrok v IT technologiích, kybernetice, práce člověka začíná být nahrazována automatizací a prací strojů. Velké logistické společnosti jako Uber či Amazon již dnes plánují doručování zásilek drony až k Vám domů. Bezpilotní aerotaxi již není pouhou fikcí. Bezpilotní systémy již dávno nejsou výhradně využívány k vojenským účelům. V posledních letech se také díky cenové dostupnosti malých dronů do 25 kg maximální vzletové váhy (MTOM – Maximal Take Off Mass) rozrůstá základna rekreačních uživatelů. Drony jsou využívány nejen pro mediální akce a natáčení televizních přenosů, ale lidé s nimi točí rodinná videa, pořizují svatební fotografie nebo létají pouze pro radost.

Současné letectví je založeno na přítomnosti člověka a využití lidského faktoru. Vizuální detekce je stále velmi důležitá a v některých třídách vzdušného prostoru doposud nenahraditelná. Létání s lidskou posádkou využívá nepřetržitou interakci člověka s okolím a také zkušenosti pilotů. Například bezpilotní létání podle pravidel pro let za viditelnosti (VFR – Visual Flight Rules) však již z principu není možné, stejně jako aplikace pojmu „See and Avoid“. To s sebou přináší nové oblasti k řešení a potenciální rizika provozu.

Vzhledem k takovému masivnímu pokroku ve vývoji a nárůstu uživatelů vzdušného prostoru je zapotřebí přistoupit k zavedení celé řady nových opatření, postupů, možná i k přepracování dnes zavedeného systému. To vše je zapotřebí provést s maximální opatrností, důrazem na bezpečnost lidské populace a připravit systém takový, který bude schopen pojmout zcela autonomní provoz v budoucích letech.

Práce se zabývá souhrnným popisem současného systému řízení letového provozu pro pochopení stávajícího systému, jeho složitosti a provázanosti. Z tohoto popisu a popisu nutnosti začlenění bezpilotního létání vyplývá potřeba integrace bezpilotního létání s pilotovaným leteckým provozem. Ta s ohledem na dodržení bezpečnostních opatření bude poměrně komplikovaná a různé nadnárodní organizace se problematikou zabývají svým vlastním způsobem. V práci jsou vybrány nejdůležitější integrační koncepty na globální a evropské úrovni a jsou rozebrány jednotlivé přístupy.

Cílem práce je identifikovat rozhraní a vazby mezi systémem řízení letového provozu bezpilotních systémů (UTM – UAS Traffic Management) a řízením a uspořádáním letového provozu (ATM – Air Traffic Management) jak jej známe dnes. Bude možné provést plnou integraci

ve všech třídách vzdušného prostoru? Nebo by tyto dvě oblasti měly stát vedle sebe jako rovnocenní partneři? Pomocí oboru systémové analýzy je zpracována identifikace prvků systému, prvků okolí a vnějších i vnitřních vazeb systému. Jejich porovnáním a určení možných hranic mezi jednotlivými oblastmi se práce zabývá ve svém závěru. Správná identifikace potenciálních hrozeb či doposud neřešených otázek by mohla přinést nové možnosti výzkumu a vývoje na poli bezpilotních systémů.

1. Řízení a uspořádání letového provozu

Problematika řízení a uspořádání letového provozu je velice komplexní. Alespoň hrubá představa o všech oblastech, kterých se dotýká, je zásadní pro další práci a pro vzhled do možností, jakými integrovat bezpilotní létání. Právě proto je v této kapitole uveden stručný přehled současné legislativy v České republice, dělení vzdušného prostoru a popis jednotlivých služeb řízení a uspořádání letového provozu.

1.1. Úvod do problematiky, legislativní rámec

Účelem řízení a uspořádání letového provozu (ATM - Air Traffic Management) je především bezpečnost v letecké dopravě. K tomu přispívají jednotlivé služby poskytované s cílem udržování rychlého a spořádaného toku letového provozu, zabránění kolizí mezi letadly a zabránění kolizí mezi letadly a překážkami na provozní ploše [1].

Je zapotřebí zde uvést, že oblast ATM je řešena nejen na národní, ale také na mezinárodní úrovni. Mezinárodní legislativní rámec vytváří Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO – International Civil Aviation Organization), která vydává standardy a doporučené postupy, tzv. Annexy. Jednotlivé Annexy jsou následně promítnuty do národní legislativy jednotlivých členských států ICAO ve formě národních předpisů. V České republice jsou po úpravě pro použití v místních podmínkách vydávány letecké předpisy řady L Ministerstvem dopravy České republiky (ČR – Czech republic).

Letové provozní služby (Služba řízení letového provozu, Letová informační služba a Pohotovostní služba) se v České republice řídí Předpisem L 11, který vychází nejen z *ICAO Annex 11 – Air Traffic Services, ale zohledňuje i prováděcí nařízení Komise (EU) č. 923/2012 ze dne 26. září 2012, které stanovuje společná pravidla létání a provozní předpisy týkající se služeb a postupů v oblasti letecké navigace a kterým se mění prováděcí nařízení (ES) č. 1035/2011 a nařízení (ES) č. 1265/2007, (ES) č. 1794/2006, (ES) č. 730/2006, (ES) č. 1033/2006 a (EU) č. 255/2010 (EU standardy). Dále je použito prováděcí nařízení Komise (EU) 2016/1185 ze dne 20. července 2016, kterým se mění prováděcí nařízení (EU) č. 923/2012 v případech, kdy jde o aktualizaci a doplnění společných pravidel létání a provozních předpisů týkajících se služeb a postupů v oblasti letecké navigace (SERA část C), a ruší nařízení (ES) č. 730/2006 [2].*

Služba řízení letového provozu je dále řešena v Předpisu L 2 – Pravidla létání. Ten vychází z *ICAO Annex 2 – Rules of the Air, prováděcího nařízení Komise (EU) č. 923/2012 ze dne 26. září 2013 (viz výše) a prováděcího nařízení Komise (EU) 2016/1185 (viz výše) [3].*

Letecký předpis L 15 – O letecké informační službě vychází z *ICAO Annex 15, Aeronautical Information Services a zabývá se zajištěním toku leteckých dat a leteckých informací potřebných pro bezpečnost globálního systému ATM [4].*

Uspořádáním letového provozu se také zabývá Předpis L 4444 – Postupy pro letové navigační služby, Uspořádání letového provozu. Tento předpis vychází z ICAO *Doc 4444, Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management, prováděcího nařízení Komise (EU) č. 923/2012 ze dne 26. září 2012, kterým se stanoví společná pravidla létání a provozní předpisy týkající se služeb a postupů v oblasti letecké navigace a kterým se mění prováděcí nařízení (ES) č. 1035/2011 a nařízení (ES) č. 1265/2007, (ES) č. 1794/2006, (ES) č. 730/2006, (ES) č. 1033/2006 a (EU) č. 255/2010 (EU standardy), a prováděcího nařízení Komise (EU) 2016/1185 ze dne 20. července 2016, kterým se mění prováděcí nařízení (EU) č. 923/2012, pokud jde o aktualizaci a doplnění společných pravidel létání a provozních předpisů týkajících se služeb a postupů v oblasti letecké navigace (SERA část C), a ruší nařízení (ES) č. 730/2006* [5].

Letecký předpis evropské (EUR) regionální doplňkové postupy L 7030 se v hlavě 6 zabývá letovými provozními službami. Tento předpis vychází z ICAO *Doc 7030, Regional Supplementary Procedures* [6].

Veškeré civilní využívání vzdušného prostoru a provoz letadel v České republice podléhají zákonu č. 49/1997 Sb. o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů. Letecké předpisy řady L jsou uveřejňovány právě na jejich základě.

Řízení letového provozu ČR, s. p., které sídlí v Jenči, poskytuje následující služby [1]:

- Služba řízení letového provozu (ATC – Air Traffic Control),
 - o Oblastní služba řízení (ACC – Area Control Centre),
 - o Přibližovací služba řízení (APP – Approach),
 - o Letištní služba řízení (TWR – Tower),
- Letová informační služba (FIS – Flight Information Services),
- Pohotovostní služba (ALRS – Alerting Services),
- Ohlašovna letových provozních služeb (ARO – Air Traffic Services Reporting Office).

Službu uspořádání toku a kapacity letového provozu (ATFCM – Air Traffic Flow and Capacity Management) ve vzdušném prostoru České republiky, stejně jako ve 40 dalších členských státech EUROCONTROLu, poskytuje Centrální stanoviště pro uspořádání sítě letového provozu (NMOC - Network Manager Operation Center) se sídlem v Bruselu [7]. Vybranými oblastmi se práce zabývá v dalších kapitolách.

1.2. Dělení vzdušného prostoru

Zcela základním dělením je odlišení civilního a vojenského vzdušného prostoru. Vojenský provoz nepodléhá výše zmíněné legislativě, ale od roku 2014 je za řízení letového provozu vojenských letů (až na výjimky operačních vojenských letů) odpovědné ŘLP v souladu s požadavky EU a projektu Jednotného evropského nebe [8]. Práce se nadále věnuje dělení a provozu z pohledu civilního využití.

Vzdušný prostor je dále možné dělit několika různými způsoby. V počátcích létání, kdy byla nízká hustota provozu a technické vybavení letadel nedosahovalo dnešní úrovně, v době, kdy se létalo pouze podle pravidel VFR, nebyla poskytována služba řízení letového provozu. Po první světové válce došlo k rozvoji civilního letectví a výstavbě sítě goniostanic pro určování polohy letadla. Goniostanice poskytovaly pouze informace, o které byly požádány. Až o pár let později, kolem roku 1935, bylo zavedeno procedurální řízení pro sestup za viditelnosti země. Po druhé světové válce se začaly zavádět přibližovací systémy ILS, vznikla organizace ICAO a s ní přišlo i zavedení jednotného členění vzdušného prostoru (v počátcích na řízené okrsky letišť, koncové řízené oblasti a letové oblasti) [9].

1.2.1. Horizontální a vertikální dělení

V letectví je uvažován prostor ve 3D (na rozdíl od pozemní či lodní dopravy). Členění je tedy vhodné z hlediska horizontálního a vertikálního.

Horizontálně je vzdušný prostor dělen na jednotlivé části, které v mnoha případech korespondují s hranicemi jednotlivých států. Jedná se o takzvané letové informační oblasti (FIR – Flight Information Region), které se nadále dělí na menší jednotky – sektory [10].

Vertikální dělení vzdušného prostoru je dle doporučení ICAO děleno do 7 tříd, přičemž každá má svá specifika. Ta jsou detailně zpracována v tabulce (Tabulka 1). Kombinací horizontálního a vertikálního členění vzdušného prostoru vznikají specifické prostory, například k zabezpečení příletů a odletů na letiště.

Tabulka 1 Vzdušné prostory Letové provozní služby - poskytované služby a požadavky
[vlastní dle[2]]

Třída vzdušného prostoru dle ICAO	Druh letu	Požadavek na stálé obousměrné hlasové spojení letadlo-země	Požadavek na radiové spojení	Podléhá letovému povolení	Zajišťovaný rozstup	Poskytované letové služby
A	IFR ¹	Ano	Ano	Ano	Všem letadlům	Služba řízení letového provozu
B	IFR	Ano	Ano	Ano	Všem letadlům	Služba řízení letového provozu
	VFR	Ano	Ano	Ano	Všem letadlům	Služba řízení letového provozu
C	IFR	Ano	Ano	Ano	IFR - IFR; IFR - VFR	Služba řízení letového provozu
	VFR	Ano	Ano	Ano	VFR - IFR	Služba řízení letového provozu, informace o provozu IFR/VFR (a na vyžádání rada k vyhnutí)
D	IFR	Ano	Ano	Ano	IFR - IFR	Služba řízení letového provozu; Informace o provozu o letech VFR (a na vyžádání rada k vyhnutí)
	VFR	Ano	Ano	Ano	žádný	Služba řízení letového provozu, informace o provozu IFR/VFR a VFR/VFR (a na vyžádání rada k vyhnutí)
E	IFR	Ano	Ano	Ano	IFR - IFR	Služba řízení letového provozu; Informace o provozu pokud je to proveditelné
	VFR	Ne	Ne	Ne	žádný	Informace o provozu pokud je to proveditelné
F	IFR	Ne	Ano	Ne	IFR - IFR pokud je to proveditelné	Letová poradní služba a na vyžádání letová informační služba
	VFR	Ne	Ne	Ne	žádný	Letová informační služba na vyžádání
G	IFR	Ne	Ano	Ne	žádný	Letová informační služba na vyžádání
	VFR	Ne	Ne	Ne	žádný	Letová informační služba na vyžádání

¹ Pravidla pro let podle přístrojů (IFR – Instrument Flight Rules)

Veškeré vzdušné prostory, ve kterých nejsou poskytovány služby řízení letového provozu, jsou brány jako neřízené. Oblast ATM se neřízenými prostory v rámci legislativy detailněji nezabývá. Povinnost dodržovat separace mezi účastníky provozu v takovýchto vzdušných prostorech je na posádce letounu. Zároveň se jedná o prostor s nejpravděpodobnějším provozem bezpilotních systémů. Podmínky použití UAS a stávající legislativa jsou uvedeny v kapitole 2. Řízení a uspořádání letového provozu bezpilotních systémů.

1.2.2. Řízené prostory podle typu použití

Vymezení hranic vzdušného prostoru odpovídá především uspořádání letových tratí. Mimo letových informačních oblastí, které slouží k poskytování služeb letová informační služba a pohotovostní služba, je možno řízené oblasti nadále dělit podle typu využití. Jednotlivé stručné definice jsou uvedeny níže [2].

Řízená oblast (CTA – Control Area) je vzdušný prostor směrem nahoru od stanovené výšky nad zemí, který je řízen [3].

Koncová řízená oblast (TMA – Terminal Control Area) se obvykle nachází v místech sbíhání letových cest v blízkosti jednoho či více letišť. V ČR se jedná o vzdušné prostory třídy D mimo TMA Praha [3].

Řízený okrsek (CTR – Control Zone) je oblast, v níž je poskytována služba řízení letového provozu. Jedná se o vzdušný prostor, který je zřizován od povrchu země do stanovené výšky. Zároveň horizontální hranice musí obsahovat alespoň ty části vzdušného prostoru vně řízených oblastí a zahrnovat dráhy standardních přístrojových příletů (STAR – Standard Instrument Arrival) a standardních přístrojových odletů (SID – Standard Instrument Departure). Minimální vzdálenost horizontální hranice je pak 5 námořních mil (NM – Nautical Mile, 1NM = 1,852 km) od středu letiště (případně letišť) ve směrech přiblížení [2].

Letištní provozní zóna (ATZ – Aerodrome Traffic Zone) je letištní prostor stanovených rozměrů sloužící k ochraně letištního provozu, tj. provozu na letištní provozní ploše a všech letadel v blízkosti letiště [3].

Dočasně rezervovaný vzdušný prostor (TRA – Temporary Reserved Area) je oblast určených rozměrů, která je aktivována dle potřeby. Za takovýto prostor je odpovědné určené stanoviště, které v době aktivace zodpovídá za provoz letadel v tomto prostoru [10].

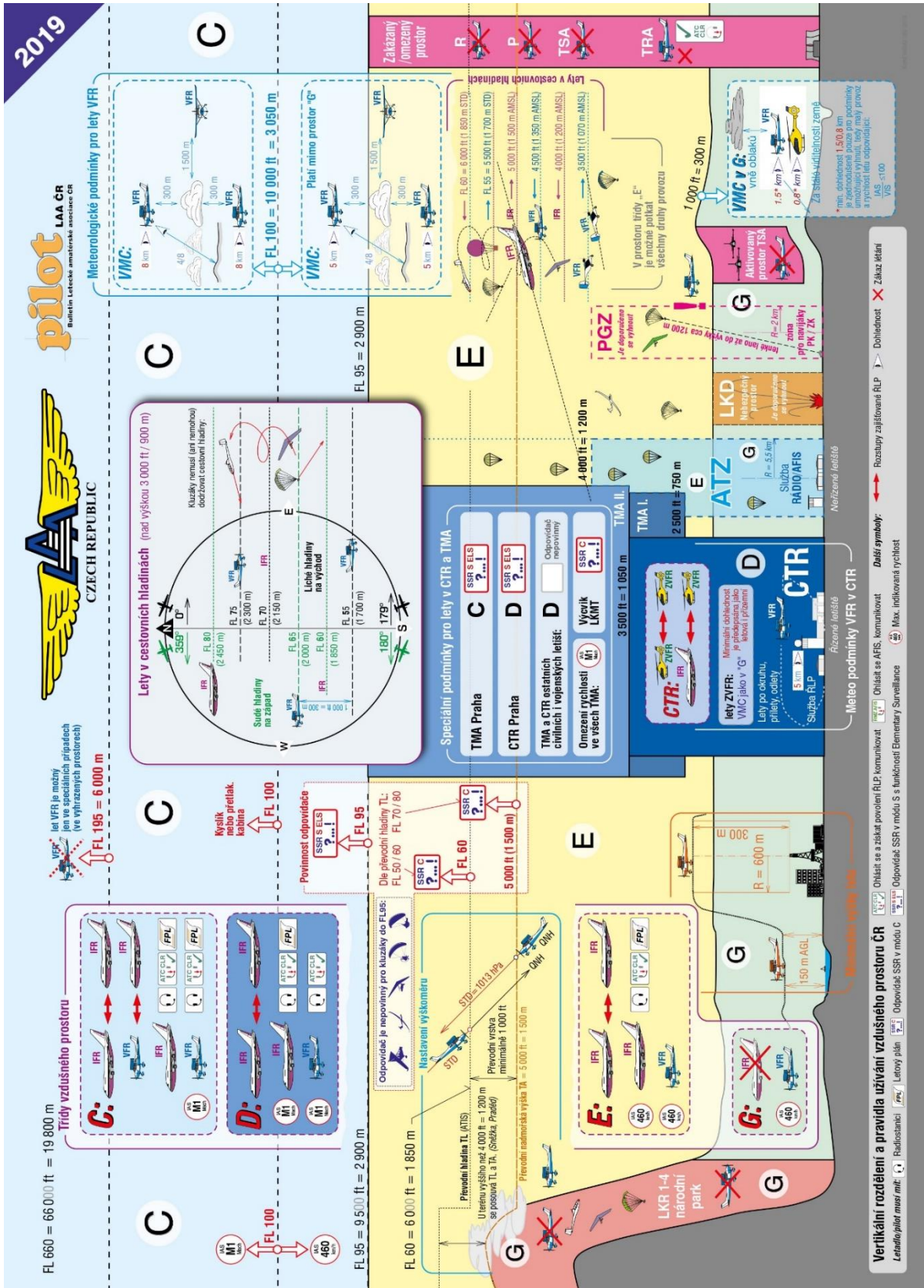
Dočasně vyhrazený prostor (TSA – Temporary Segregated Area) je oblast obdobná TRA, přičemž v případě aktivace není možné tímto prostorem uskutečnit let letadla. V ČR se jedná o letové cesty pro vojenská letadla [10].

Nebezpečný prostor (D – Danger Area) je vzdušný prostor určených rozměrů, ve kterém v určité době mohou probíhat činnosti nebezpečné pro let a není tedy doporučeno přes něho let provádět [3].

Zakázaný prostor (P – Prohibited Area) je vymezený prostor, ve kterém nesmí být prováděny lety letadel. Nachází se nad pevninou nebo nad teritoriálními vodami státu [3].

Omezený prostor (R – Restricted Area) je vzdušný prostor určených rozměrů nacházející se nad pevninou nebo teritoriálními vodami státu, ve kterém je v souladu se stanovenými podmínkami let letadla omezen [3].

Na obrázku (Obrázek 1) je znázorněn vertikální řez vzdušného prostoru České republiky.

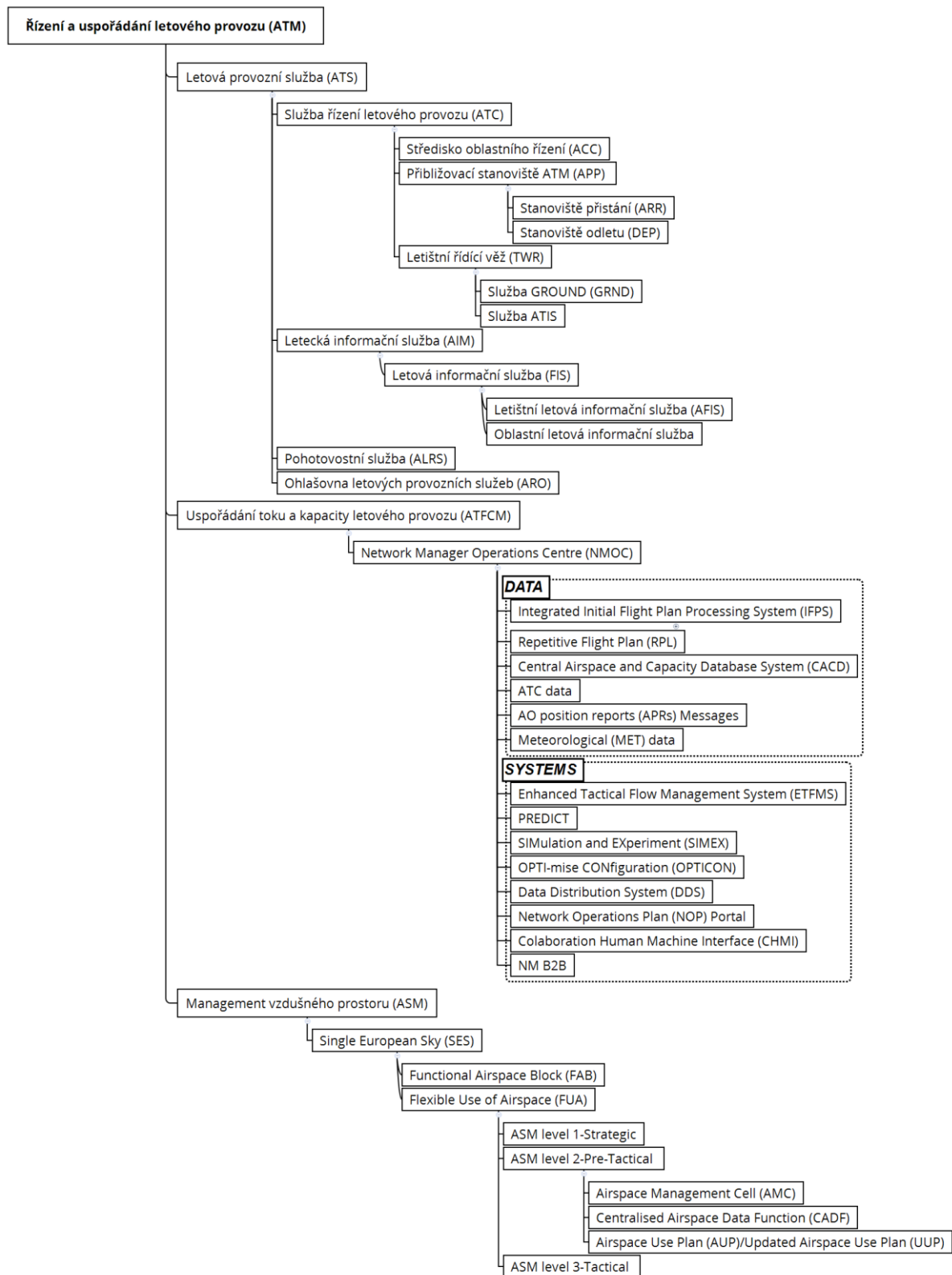


Obrázek 1 Vertikální rozdělení vzdušného prostoru ČR [11]

1.3. Oblasti poskytovaných služeb

Řízení a uspořádání letového provozu kombinuje systémy a procesy, jež pomáhají s udržením hladkého leteckého provozu. Patří mezi ně Letová provozní služba (ATS – Air Traffic Service), služba Uspořádání toku a kapacity letového provozu a Management vzdušného prostoru (ASM – Airspace Management). Podrobnější přehled členění služeb zobrazuje schéma (Obrázek 2).

Důraz v jednotlivých oblastech je dnes kladen především na interoperabilitu. Z provozního hlediska je požadována bezpečnost, pravidelnost a vysoká účinnost jednotlivých subsystémů a je kladen důraz na zajištění certifikací a kvality [13].



Obrázek 2 Schéma řízení a uspořádání letového provozu (ATM) [vlastní]

1.3.1. Letové provozní služby

Letové provozní služby v sobě zahrnují několik dalších oblastí, které jsou společně navzájem provázány a jednotlivá střediska služeb si mezi sebou neustále vyměňují informace. Jedná se

o soubor služeb asistence letounům v reálném čase s cílem zabránit kolizím letounů, udržovat řádný tok letového provozu či informovat dotčené organizace v případech operací pátrání a záchran (SAR – Search and Rescue). Mezi ATS jsou řazeny Služby řízení letového provozu, Letová informační služba, Pohotovostní služba a služby Ohlašovny letových provozních služeb. Potřeba poskytování letových provozních služeb vzniká na základě zvážení několika kritérií, například s ohledem na druh letového provozu, jeho hustotu a meteorologické podmínky. Následně je zapotřebí oblasti, kde bylo rozhodnuto o poskytování letových provozních služeb, náležitě označit. V prostorech, kde je rozhodnuto o poskytování letové informační služby a pohotovostní služby, se hovoří o letové informační oblasti. V prostorech, kde bylo rozhodnuto o poskytování služby řízení letového provozu, se hovoří o řízené oblasti či řízeném okrsku. Letiště, na němž bylo rozhodnuto o poskytování služby řízení letového provozu, musí být značeno jako řízené letiště. Také mohou být zřízeny tratě ATS, přičemž pro každou takovou trať musí být zajištěn ochranný vzdušný prostor a bezpečný rozstup od ostatních tratí ATS. Mezi jednotlivými stanovišti letových provozních služeb, provozovateli, vojenskými stanovišti, meteorologickými úřady a leteckými informačními službami je ustanoveno zajišťování neustálé koordinace. [2]

„Letové provozní služby mohou být poskytovány stanovištěm ATC, které poskytuje službu řízení letového provozu, letovou informační a pohotovostní službu a stanovištěm AFIS, které poskytuje pouze letištní letovou informační službu a pohotovostní službu. Kombinace je možná na jednom letišti, nikoliv však souběžně. Zároveň musí mezi jednotlivými stanovišti být uzavřena dohoda o koordinaci a musí být stanoveny místní postupy [2].“

Služby ATC jsou dále děleny na střediska oblastního řízení, přibližovací stanoviště ATM a letištní řídicí věž. Jedná se o tzv. stanoviště ATS.

- **Střediska oblastního řízení** (ACC - Area Control Centre) odpovídají za traťovou separaci, zajišťují koordinaci mezi sektory a oblastmi, a například na Letišti Václava Havla Praha (LKPR) vytváří i předběžnou sekvenci příletů. Při odletu přebírají řízení letounu od APP nad stanovenou letovou hladinou (FL – Flight level) [10].
- **Přibližovací stanoviště řízení letového provozu** (APP - Approach), případně na některých letištích samostatná služba pro odlétávající letadla (DEP - Departures) a pro přilétávající letadla (ARR - Arrival) přebírá řízení letounu v TMA [10].
- **Letištní řídicí věž** (TWR - Tower) si následně přebírá řízení letounu po usazení do osy přistávací/vzletové dráhy (RWY – Runway) a vydává povolení k přistání. Řídí i veškerý pohyb na provozních plochách letiště a řídí postupy za snížené dohlednosti (LVP – Low Visibility Procedures) na zemi. Na některých letištích může být samostatně zřízena služba GROUND (GND) a Automatická informační služba v koncové řízené oblasti

(ATIS – Automatic Terminal Information Service). Služba GND řídí pohyb letadel po zemi, povoluje spuštění motorů, vydává instrukce pro pojíždění na vzlet a po přistání a předává traťové povolení. Služba ATIS, jak název napovídá, je automatická služba, která každých 30 min aktualizuje informace o počasí (dohlednost, barometrický tlak přepočtený na hladinu moře (QNH) či směr a rychlost větru), dráze v používání a další [10].

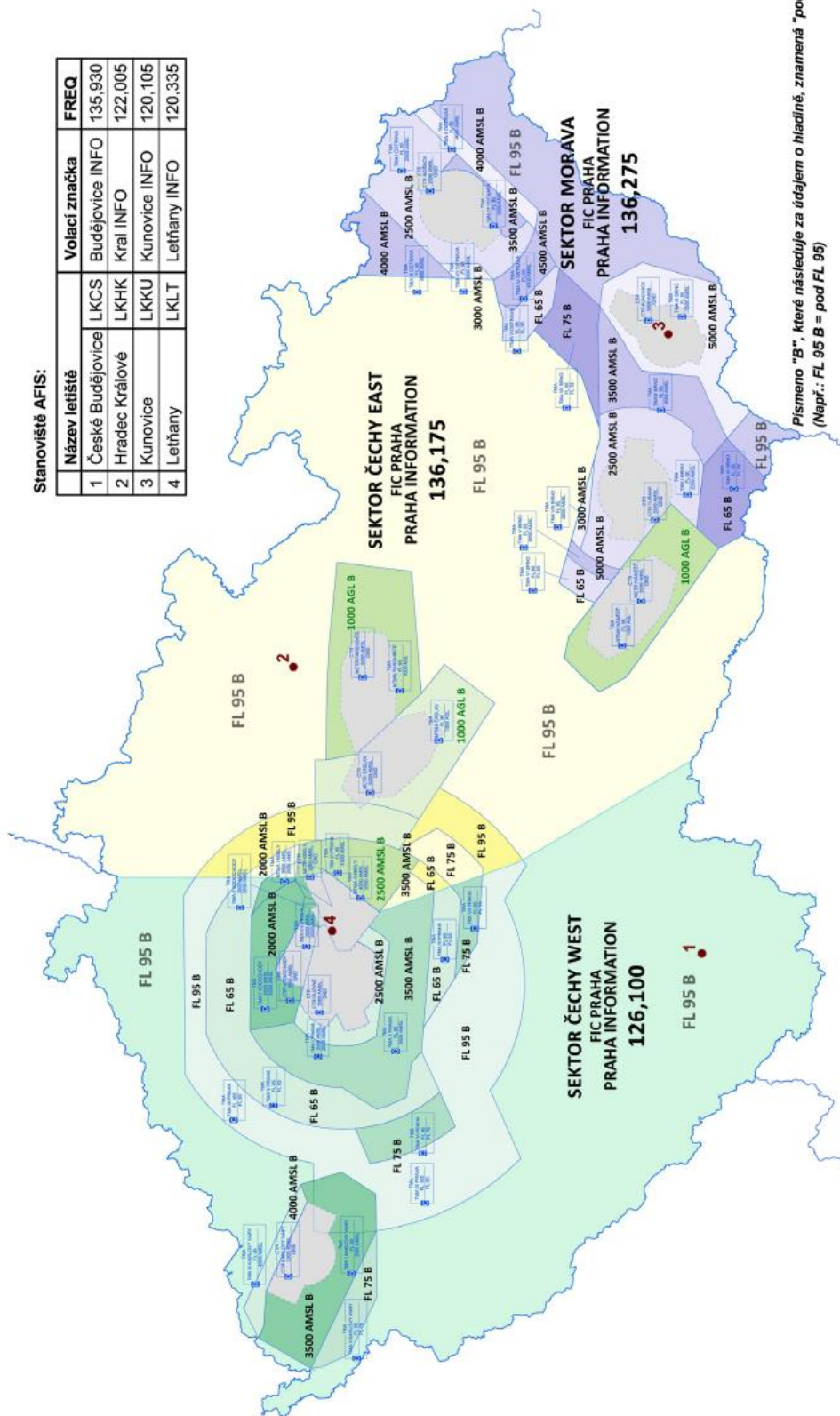
Mezi jednotlivými stanovišti ATS dochází k předávání řízení letadla na základě postupů stanovených předpisem L11, přičemž je možno na základě místní dohody například předat řízení z oblastního střediska přímo řídicí věži. Jednotlivá stanoviště jsou odpovědná za dodržování minimálních vertikálních a horizontálních minim, která jsou blíže specifikována v předpisech L 4444 a L 7030 [2].

Letová informační služba je poskytována všem letadlům, kterým je poskytována služba řízení, a dále všem letadlům známým pro příslušná stanoviště letových provozních služeb. Jejím účelem je poskytovat informace týkající se bezpečnosti z pohledu počasí, poskytuje zprávy SIGMET a AIRMET, informace o vulkanické činnosti, chemické výstrahy, změny stavu letišť, dostupnosti radionavigačních služeb či informace o výskytu volných balónů bez pilota na palubě. Poskytnutí služby řízení má přednost před poskytnutím letové informační služby. Služba je poskytována i letům VFR, v tom případě ale musí být doplněna o informace, které by mohly znamenat znemožnění letu za pravidel viditelnosti. Informace jsou poskytovány formou rozhlasového vysílání. Rozlišujeme HF rozhlasové vysílání letové informační služby (OFIS – Online Flight Information Service), VHF OFIS a ATIS, přičemž pro ATIS je využíván samostatný VHF kmitočt a smyslem této služby je snížení zátěže ATS. Také může být poskytována automatická informační služba v koncové řízené oblasti datovým spojem. [2]

Letištní letová informační služba (AFIS – Aerodrome Flight Information Service) je specifickým typem letové informační služby s cílem předat informace o meteorologických podmínkách, o letišti, druhu provozu, stavu pohybové plochy, překážkách na letišti a v jeho blízkosti. AFIS je poskytována všem známým letadlům v okolí neřízených letišť a v oblasti jejich ATZ. Za její poskytování je zodpovědné dané letiště a provozní doba odpovídá publikované provozní době letiště. Lety IFR na takovéto letiště mohou být prováděny pouze v provozní době AFIS a současně v době, kdy je aktivována oblast s povinným radiovým spojením [2][17].

Na obrázku (Obrázek 3) je znázorněno rozložení vzdušných prostorů ATS pro lety VFR [2].

Rozdělení vzdušných prostorů ATS (GND / FL 95) podle stanovišť, která v nich poskytují FIS a ALLRS neřazeným letům (viz AIP ČR ENR 2.1)



Obrázek 3 Rozložení vzdušných prostorů ATS pro ČR dle stanovišť pro VFR lety [17]

Pohotovostní služba slouží pro informování příslušných organizací o letadlech, jimž je zapotřebí poskytnout pátrací a záchrannou službu. Nejedná se ale o samotné poskytnutí záchrany. ALRS poskytuje součinnost informovaným organizacím dle potřeby [2].

ALRS musí být poskytnuta všem letadlům, kterým se poskytuje služba řízení letového provozu. Pokud je to možné, pak je tato služba poskytnuta i všem ostatním letadlům, která jsou známá pro ATS, a to nejen díky podanému letovému plánu [1].

ARO je stanoviště určené pro příjem a distribuci hlášení, jež se týkají letových provozních služeb a letových plánů předkládaných před odletem. Spolupracuje s Manažerem struktury vzdušného prostoru (NM – Network Manager) Brusel, poskytuje verbální předletové informace a tvoří a distribuuje předletový bulettin [1][2].

1.3.2. Letecká informační služba

Od 1. 1. 2018 postupně dochází v České republice k naplňování konceptu ICAO o přechodu z Letecké informační služby (AIS - Aeronautical Information Services) na komplexnější AIM (AIM – Aeronautical Information Management), který vychází z potřeb uživatelů a také z požadavků Global ATM Operational Conceptu. Hlavním požadavkem z hlediska interoperability je dostupnost správných informací ve správném čase a na správném místě. Proto je v oblasti AIM kladen důraz na distribuci dat a procesy jejich výměny, přičemž cílem AIM je efektivně sloužit uživatelům vzdušného prostoru a ATM systémů. AIM je služba v širším pojetí než AIS, neboť globální vzdušný prostor se postupně stane virtuálním kontinuem, jež bude efektivně řízeno a organizováno ve prospěch všech uživatelů vzdušného prostoru [14][15][16].

Letecká informační služba v ČR je zároveň pověřenou organizací k vydávání letecké informační příručky (AIP – Aeronautical Information Publication), jež obsahuje důležité provozní informace trvalého charakteru a dále vydáváním vnitrostátních publikací předpisů řady L. Informace jsou pak poskytovány ve formě integrovaného souboru, jež sestává z [2][14]:

- Letecké informační příručky,
- Změnové služby k AIP,
- Supplementů k AIP,
- Poznámek pro letce (NOTAMů – Notice to Airman) a Předletových bulettinů,
- Leteckých oběžníků,
- Kontrolního seznamu platných NOTAMů.

1.3.3. Uspořádání toku a kapacity letového provozu

Původně služba Řízení toku letového provozu (ATFM – Air Traffic Flow Management) byla postupem času s ohledem na vzrůstající nároky rozšířena a dnes se již používá spojení Uspořádání toku a kapacity letového provozu. ATFCM koordinuje adekvátní reakce na provoz a optimalizuje využití dostupných zdrojů, to vše s cílem řízení rovnováhy mezi poptávkou a kapacitou vzdušného prostoru [18].

Službu ATFCM pro členské státy Evropské konference civilního letectví (ECAC - European Civil Aviation Conference) zajišťuje operační středisko NMOC, jehož zřizovatelem je EUROCONTROL. NMOC se vyvinul z předchozího systému Centrální jednotky pro řízení toku (CFMU – Central Flight Management Unit), jež byla zřízena v roce 1995 v reakci na obrovská zpoždění letů v 80. letech [18].

Základní činnosti NMOC [19]:

- Integrace letišť,
- Návrh a využití vzdušného prostoru,
- Řízení toku a kapacity letového provozu,
- Sběr, posouzení a vyhodnocení letových plánů – pohled do budoucnosti,
- Řízení krizových situací,
- Správa informací,
- Sledování, analýza a podávání zpráv o výkonu sítě.

NMOC se skládá z několika subsystémů, mezi kterými dochází k toku informací a signálů s cílem poskytovat aktuální a předpokládané informace o poptávce letového provozu a kapacitě v evropském vzdušném prostoru, jak můžeme vidět na obrázku (Obrázek 4). NMOC současně poskytuje nástroje pro podporu plánování, realizaci a monitorování opatření ATFCM [20].

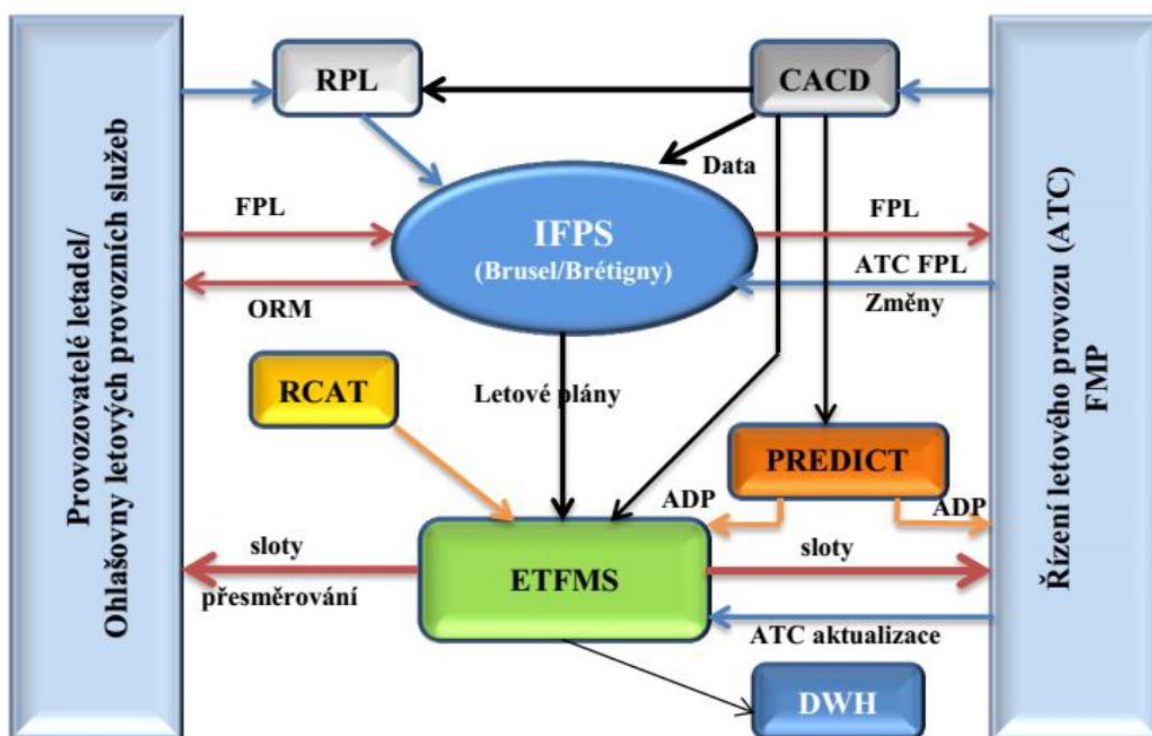
Hlavními subsystémy NMOC jsou:

- Integrovaný systém pro zpracování letových plánů (IFPS - Integrated Initial Flight Plan Processing System),
- Operační systém pro zpracování nového letového plánu postoupeného z IFPS (ETFMS - Enhanced Tactical Flow Management System),
- Centrální databáze vzdušného prostoru a kapacity (CACD - Central Airspace and Capacity Database).

Některé další (doplňkové) subsystémy NMOC:

- Systém pro pravidelné letové plány (RPLS - Repetitive Flight Plan System),
- Systém pro uložení dat (DWH - Data Warehouse System),
- Systém ověřování IFPS (IFPUV - IFPS Validation System),
- Předtaktický systém (PREDICT - Pre-Tactical System),
- Oblastní řízení toku letového provozu (ATFM AREA - Air Traffic Flow Management Area of NM),
- IFPS Zone (IFPZ).

Všichni dopravci v rámci České republiky mohou napřímo komunikovat s IFPS a ETFMS, přičemž jsou povinni dodržovat předepsané postupy dle Network Operations Handbooku [7].



Obrázek 4 Struktura systémů NMOC a datových toků – schéma [21]

1.3.4. Management vzdušného prostoru

Zajištění managementu vzdušného prostoru je důležitou součástí ATM. Fixní objem vzdušného prostoru je třeba členit na sektory a plánovat jejich využití s ohledem na již zmiňovanou vzrůstající poptávku po využití vzdušného prostoru. Samostatně probíhá řízení ASM v civilním

a vojenském letectví, přičemž tyto dva subjekty spolu s ohledem na bezpečnost musí úzce spolupracovat. Pro vojenské účely se vyhrazuje vzdušné prostory typu TSA, přičemž pro jiné lety je v tu chvíli daná oblast mimo použití.

Pro obecný letecký provoz se ASM řídí předpisy ICAO, v rámci operativního leteckého provozu (např. vojenský, policejní apod.) se neřídí ASM předpisy ICAO. Pro maximální využití vzdušného prostoru byl zaveden koncept pružného využívání vzdušného prostoru (FUA – Flexible Use of Airspace), který zamítá toto rozdělení a pracuje s dočasným přidělováním vzdušného prostoru na základě jeho aktuální kapacity.

Proces přidělování vzdušného prostoru se děje ve 3 úrovních [22]:

- Strategický ASM (úroveň 1),
- Před-taktický ASM (úroveň 2),
- Taktický ASM (úroveň 3).

V rámci první úrovně dochází k rozhodování o konceptu využití vzdušného prostoru a to s důrazem na bezpečnost, plynulost a hospodárnost letového provozu a zajištění obrany vzdušného prostoru. V ČR je za metodické řízení odpovědný Úřad pro civilní letectví (ÚCL – Civil Aviation Authority) po dohodě s Ministerstvem obrany. *Uživatelé vzdušného prostoru ČR musí předkládat ÚCL požadavky na omezení nebo zákaz užívání vzdušného prostoru a dále požadavky na vyhrazení části vzdušného prostoru [22].*

V rámci druhé úrovně pracoviště uspořádání vzdušného prostoru (AMC – Airspace Management Cell) přiděluje vzdušný prostor dle požadavků jednotlivých uživatelů. Výsledkem je vytvoření plánu využití vzdušného prostoru (AUP – Airspace Use Plan), v němž jsou promítnuty schválené požadavky.

Ve třetí úrovni dochází k aktivaci a deaktivaci dočasně vyhrazených prostor v reálném čase dle AUP, případně dle aktualizovaného plánu využití vzdušného prostoru (UUP – Update Airspace Use Plan), ve které jsou promítnuty změny, jež se udály od doby zveřejnění AUP. Za tuto úroveň ASM jsou v ČR zodpovědná příslušná stanoviště ATS a vojenská stanoviště ATS [22].

2. Řízení a uspořádání letového provozu bezpilotních systémů

V posledních letech se ve vzdušném prostoru mimo pilotovaných letadel pohybuje čím dál více bezpilotních systémů. V této kapitole jsou kromě definic základních pojmů uvedeny primární důvody, proč je zapotřebí se této oblasti věnovat. V neposlední řadě je v této kapitole uveden stručný přehled platné legislativy.

2.1. Základní pojmy a definice

Než se práce začne věnovat jednotlivým vybraným konceptům uspořádání a řízení letového provozu bezpilotních systémů, je více než vhodné uvést některé definice. V průběhu let se totiž názvosloví v této oblasti vyvíjelo a řada nových pojmů bývá často zaměňována.

Autonomní letadlo – *bezpilotní letadlo, které neumožňuje zásah pilota do řízení letu* [3].

Bezpilotní letadlo (UA – Unmanned Aircraft) – *letadlo určené k provozu bez pilota na palubě* [3].

Bezpilotní letecký prostředek (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) – zastaralý termín používaný pro létající objekt bez posádky, dnes nahrazován termíny UA nebo UAS [24].

Bezpilotní systém (UAS – Unmanned Aircraft System) – *systém skládající se z bezpilotního letadla, řídicí stanice a jakéhokoli dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, jako například komunikačního spojení a zařízení pro vypuštění a návrat* [3].

BVLOS – z anglického „Beyond Visual Line of Sight“ – *létání mimo dohled pilota dronu* [22].

C2 link – z anglického „Command and Control Datalink“ – termín používaný pro datové spojení mezi dálkově pilotovaným letadlem a řídicí stanicí [23].

DAA – z anglického „Detect and Avoid“, *tedy detekce a vyhnutí. Schopnost vidět, vnímat a detekovat konfliktní provoz a jiná nebezpečí a přijmout vhodná opatření pro zabránění kolizím* [3].

Dálkově řídicí stanice (RPS – Remotely Piloted Station) – *součást UAS obsahující vybavení k řízení dálkově řízeného letadla* [3].

Dálkově řízené letadlo (RPA – Remotely Piloted Aircraft) – *bezpilotní letadlo řízené z dálkově řídicí stanice* [22].

Dálkově řízený letadlový systém (RPAS – Remotely Piloted Aircraft System) – *systém skládající se z dálkově řízeného letadla, příslušné řídicí stanice, odpovídajícího C2 link a popřípadě dalších specifických komponent dle typu* [23].

Dron – obecnou veřejností nejčastěji používaný výraz pro všechny kategorie a třídy letadel spadajících do kategorií UAS/RPAS [24].

Geofencing – vytváření trojrozměrných virtuálních hranic kolem geografického bodu. Hranice mohou být pevné i pohyblivé. Přiblížení UAS k virtuální hranici následně vyvolá reakci softwaru, tzv. geoawareness [23].

Model letadla – *letadlo, které není schopné nést člověka na palubě, je používané pro soutěžní, sportovní nebo rekreační účely, není vybaveno žádným zařízením umožňujícím automatický let na zvolené místo a které, v případě volného modelu, není dálkově řízeno jinak, než za účelem ukončení letu nebo které, v případě dálkově řízeného modelu, je po celou dobu letu pomocí vysílače přímo řízené pilotem v jeho vizuálním dohledu* [3].

SAA – z anglického „See and Avoid“, tedy metoda vyhnutí se srážce za předpokladu, že pilotovi aktuální meteorologické podmínky dovolí aktivně vizuálně sledovat potenciálně konfliktní provoz [25].

UTM (Řízení letového provozu bezpilotních systémů - Unmanned Aircraft System Traffic Management) – soubor specifikovaných služeb a postupů, jež slouží k zabezpečení přístupu do vzdušného prostoru pro UAS.

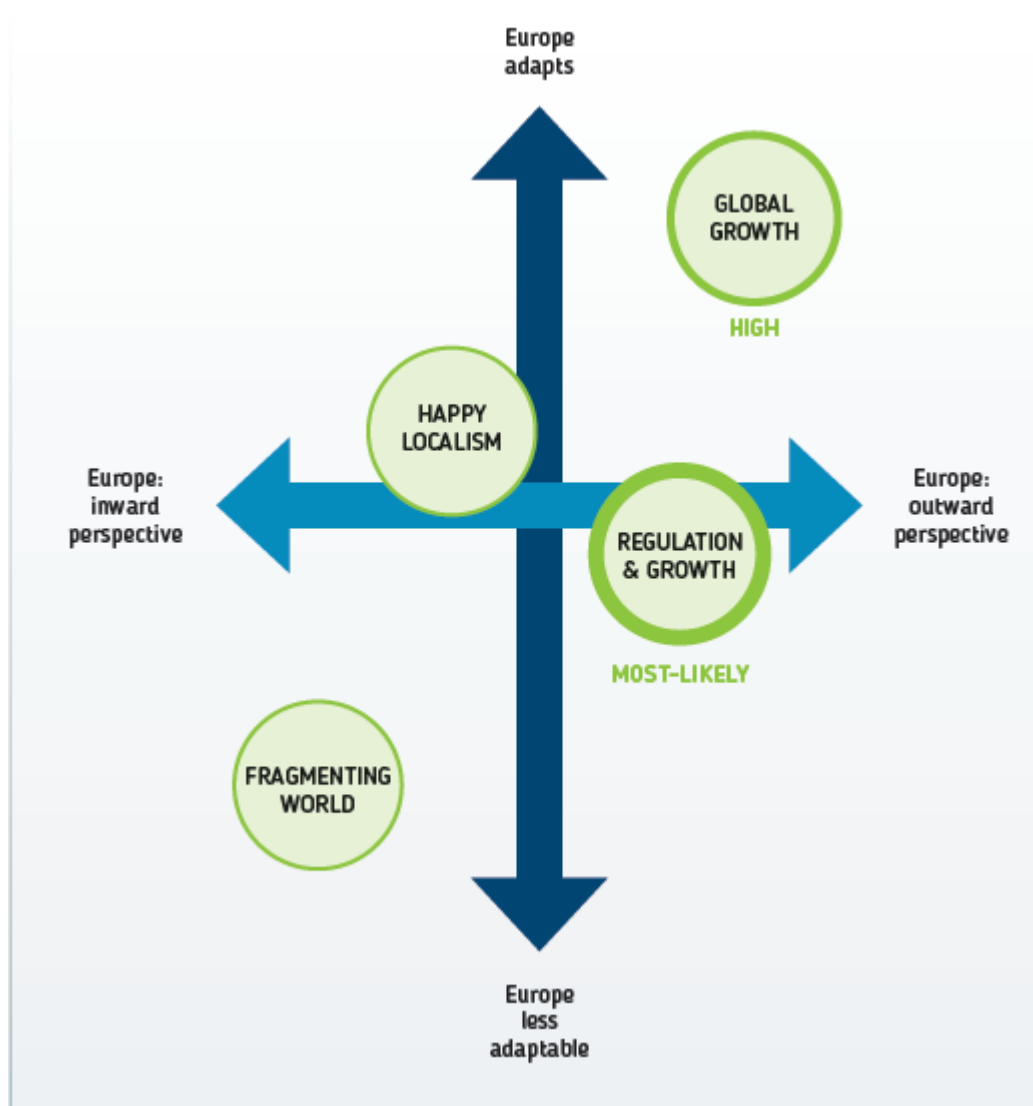
VLOS – z anglického „Visual Line of Sight“, tedy létání v přímé dohlednosti pilota dronu [22].

2.2. Nutnost začlenění bezpilotního létání do vzdušného prostoru

Podle zprávy EUROCONTROL: Challenges of Growth 2040 (česky „Výzvy růstu do roku 2040“) jsou uvažovány čtyři možné scénáře vývoje. Ty závisí na vývoji ekonomiky, postupu globalizace a na míře přizpůsobení se Evropy novým trendům a technologiím, jak je znázorněno na obrázku (Obrázek 5). Podle těchto zvažovaných scénářů bude růst pomalejší než za posledních 5 let, kdy došlo ke zdvojnásobení počtu letů. Průměrný roční nárůst je očekáván mezi 1,9% a 2,7%. To je z 10M letů v roce 2018 na 16M až 20M letů v roce 2040 [26].

Studie, které máme v dnešní době k dispozici, poukazují na rostoucí poptávku po letecké dopravě obecně. Rostoucí globalizace, potřeba cestovat i ekonomický růst způsobují, že chce a může létat více a více osob. Moderní technologie a dostupnost internetu také umožňují objednání zboží například z druhého konce světa. Narůstá tak i poptávka po leteckém nákladu. Jednotlivé letecké organizace se proto zabývají možnostmi, jak vyřešit překážky, které stojí v cestě tomuto růstu. Ať už jde o kapacitu letišť nebo kapacitu vzdušného prostoru. Odhadovaná kapacitní mezera v roce 2040 je 8%-16% [26].

Do budoucna bude proto zapotřebí vyřešit několik výzev v oblasti letectví. Například navýšení kapacity letišť, změna legislativy a uvolnění vzdušného prostoru pro bezpilotní systémy, změna procesů ATFCM s cílem navýšení kapacity vzdušného prostoru a mnohé další.



Obrázek 5 Scénáře vývoje růstu v letectví v závislosti na globalizaci a adaptabilitě Evropy [26]

Bezpilotní systémy znamenají zajisté technologickou inovaci. Nové služby pro občany, vznik nových obchodních modelů a hospodářský růst. Začlenění bezpilotního létání do vzdušného prostoru pomůže uvolnit potenciál nového trhu služeb od čistě logistických přes služby samotných provozovatelů a poskytovatelů různých aplikací pro obsluhu dronů a plánování letů. Podle současných vizí také dojde k částečnému nahrazení některých dnešních letů „nepovinně pilotovanými“ lety, s využitím automatizace nebo vzdáleného řízení. Zároveň je potřeba

klást důraz na bezpečnost a to jak z pohledu bezpečné integrace s ATM, tak z pohledu bezpečné integrace do sítí chytrých měst (Smart cities) a z pohledu ochrany osobního vlastnictví a soukromí obyvatelstva v hustě osídlených oblastech [27][26].

Vedoucí úlohu v této oblasti zaujímají ICAO i Evropská unie, která připravuje regulační rámec a set flexibilních služeb pro podporu rozvoje a inovací v této oblasti. Pozadu nezůstávají ani významné společnosti jako například Airbus nebo Národní agentura pro letectví a kosmonautiku (NASA - National Aeronautics and Space Administration) se svými vlastními koncepty.

Rozvoj technologií a integračních konceptů v této oblasti je podstatně více akcelerován oproti vývoji legislativních opatření. Začleněním UAS do tradičního letectví a propojením obou oblastí bude jednak usnadněn provoz UAS, ale také zajištěna vyšší bezpečnost provozu ve vzdušném prostoru nejen na úrovni jednotlivých letů, ale i na úrovni regionální a národní bezpečnosti. V oblasti bezpilotních systémů se také vyvinula nová terminologie pro vertikální členění vzdušného prostoru, která je promítnuta do tabulky (Tabulka 2).

Tabulka 2 Vertikální členění UAS vzdušného prostoru [vlastní dle [24]]

AGL (výška nad povrchem země)	
100 km	Vesmírný provoz
FL660	Suborbitální UAS lety, Provoz ve vysokých výškách (VHL Operations - Very High Level Operations)
500 ft	ATM integrace, provoz IFR/VFR
0 ft	Provoz v nízkých výškách (VLL Operations - Very Low Level Operations)

2.3. Popis současného stavu legislativy

V průběhu let vznikaly i jednotlivé legislativní dokumenty, které si však každý členský stát ICAO vytvářel sám². Aktuálně tak neexistují jednotná pravidla a pokud některé státy EU mají legislativu v dané oblasti zpracovanou, liší se od států jiných. Některé státy EU doposud nepovažují legislativu v oblasti UTM za prioritní. Evropská komise dne 12. 3. 2019 vydala Nařízení komise v přenesené pravomoci (EU) 2019/945 o bezpilotních systémech a o provozovatelích bezpilotních systémů ze třetích zemí a následně dne 24. 5. 2019 Provděcí nařízení komise

² V EU na základě nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008 spadá nařízení o UAS o maximální vzletové hmotnosti menší než 150 kg do kompetence jednotlivých členských států.

(EU) 2019/947 o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel, jež v Evropské unii vejde v platnost k 31. 12. 2020 [28][29].

Chronologický přehled vydaných dokumentů je uveden v tabulce (Tabulka 3). Dále se práce zabývá vybranými operačními koncepty významných organizací.

Tabulka 3 Klíčové dokumenty vydané k problematice bezpilotních prostředků [vlastní dle [24]]

Název dokumentu	Rok vydání	Subjekt
Circular 328 – Unmanned Aircraft Systems	2011	ICAO
Doc 10019 - Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)	2015	ICAO
Concept of Operations for Drones – a risk based approach to regulation of unmanned aircraft	2015	EASA
European ATM Master Plan	2015	SESAR
A-NPA 2015-10 (Introduction of a regulatory framework for the operation of drones)	2015/07	EASA
Proposal to create common rules for operating drones in Europe	2015/09	EASA
An Aviation Strategy for Europe	2015/12	EC
Opinion of a technical nature	2015/12	EASA
Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations	2016	NASA
Demonstrating UAS Integration in the European Aviation System	2016	SESAR JU
Small Remotely Piloted Aircraft Systems-Mid Collision Study	2016	BALPA, DfT, MAA
Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Concept of Operations (CONOPS) for international IFR Operations	2016	ICAO
European Drones Outlook Study	2016/11	SESAR JU
WARSAW DECLARATION: Drones as a leverage for jobs and new business opportunities	2016/11	EASA
“Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) ATM Concept of Operations” (CONOPS) [2017/02	EUROCONTROL
UAS Traffic Management Architecture	2017/04	GUTMA
NPA 2017-05 “Introduction of a regulatory framework for the operation of drones — Unmanned aircraft system operations in the open and specific category”, part (A) and (B)	2017/05	EASA
U-Space Blueprint	2017/06	SESAR JU
JARUS guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA) [2017/06	JARUS
Opinion 01/2018 – the first opinion on safe drone operations in Europe	2018/02	EASA

European ATM Master Plan – Roadmap for the safe integration of drones into all classes of air-space	2018/03	SESAR JU
UAS ATM Integrational Concept	2018/11	EUROCONTROL
UTM a Common Framework with Core Principles for Global Harmonization	2019	ICAO
High level framework for the U-Space (draft)	2019	EASA
Prováděcí nařízení komise o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel	2019/06	EC
Nařízení Evropské komise o bezpilotních systémech a o provozovateli bezpilotních systémů ze třetích zemí	2019/06	EC

Obecně se dá říci, že většina v současnosti dostupné legislativy je zaměřena pouze na malé UAS (do 25 kg MTOM), VLOS operace s definovanou maximální vzdáleností od pilota a s maximální povolenou výškou letu.

3. Koncepty uspořádání řízení letového provozu bezpilotních systémů

Tato kapitola stručně seznamuje čtenáře s významnými koncepty pro uspořádání UTM na mezinárodní úrovni. Od globálního konceptu ICAO se práce postupně zaměřuje na vývoj dění v Evropě, aktivity Společného podniku projektu „Jednotné evropské nebe“ (SESAR JU - Single European Sky ATM Research Joint Undertaking) a EUROCONTROL.

3.1. UTM - Společný rámec základních principů globální harmonizace

ICAO

ICAO je Mezinárodní organizace civilního letectví sídlící v Montrealu, která byla ustanovena během Chicagské konference v roce 1944. Momentálně se jí vydanými Standardy a doporučenými postupy (SARPs – Standards and Recommended Practises) řídí celkem 193 členských států po celém světě. Mezi stěžejní dokumenty týkající se řízení provozu bezpilotních systémů patří UTM – Společný rámec základních principů globální harmonizace (v originále a Common Framework with Core Principles for Global Harmonization, Edition 2), který je rozebrán v následujících podkapitolách [30][31].

3.1.1. Obecný koncept

Myšlenka konceptu řízení bezpilotního létání byla poprvé navržena v roce 2016. Hlavním cílem byla podpora koordinace řízení UA v reálném čase, management bezpilotního provozu a potenciál vícenásobného BVLOS provozu.

Koncept si klade za cíl udržet bezpečnost veškeré letecké dopravy (pilotované i bezpilotní), bezpečnost osob na zemi, komplexnost provozu UA v nízkých výškách, pokračující podporu technologického vývoje, zvážení všech rizik dopadu na životní prostředí a zajištění globální harmonizace pro UTM v nízkých výškách. Jeho cílem naopak není vytvoření konkrétních technických řešení či obecně platného návrhu finálního systému.

Ke zvážení předkládá několik následujících bodů:

- Odpovědnost regulátora nad dohledem poskytovaných služeb, ať již UTM nebo ATM.
- Stávající politiky pro určování priorit letů, jako jsou mimořádné události či podpora provozu zajišťujícího veřejnou bezpečnost, by měly zůstat zachovány a postupy jedinečné pro UTM by měly být s těmito politikami slučitelné.
- Přístup do vzdušného prostoru by měl zůstat rovný pro všechny, kteří splní příslušné podmínky, předpisy, požadavky na vybavení a procesy definované pro příslušný (specifický) vzdušný prostor, pro který je provoz navrhován.

- Provozovatel UAS by měl mít odpovídající kvalifikaci k provádění běžných i pohotovostních provozních postupů, definovaných pro zvláštní třídu vzdušného prostoru, ve které je provoz navrhován.
- K zajištění přehledu v oblasti Safety & Security by státy měly mít neomezený přístup ke všem provozovatelům UAS. Na vyžádání by měly obdržet údaje jako poloha, rychlost, plánovaná trajektorie a výkonnost každého UA ve vzdušném prostoru prostřednictvím systému UTM.

Dále jsou v dokumentu zmíněny doplňující aktivity. Mimo klíčových služeb jako je identifikace, komunikace a geofencing, bude bezpečnost provozu UTM systémů záviset na řadě podpůrných služeb. UTM systémy jsou navrhovány s předpokladem, že samy budou schopny poskytnout tyto služby. Mezi požadavky například patří optimalizace využití frekvenčního spektra, schopnost UTM systémů přizpůsobit se dálkově pilotovaným i plně autonomním UA, jistota přesných a časově aktuálních dat pro AIS a pro geografický informační systém (GIS – Geographic Information System) a další.

3.1.2. Provozní koncept

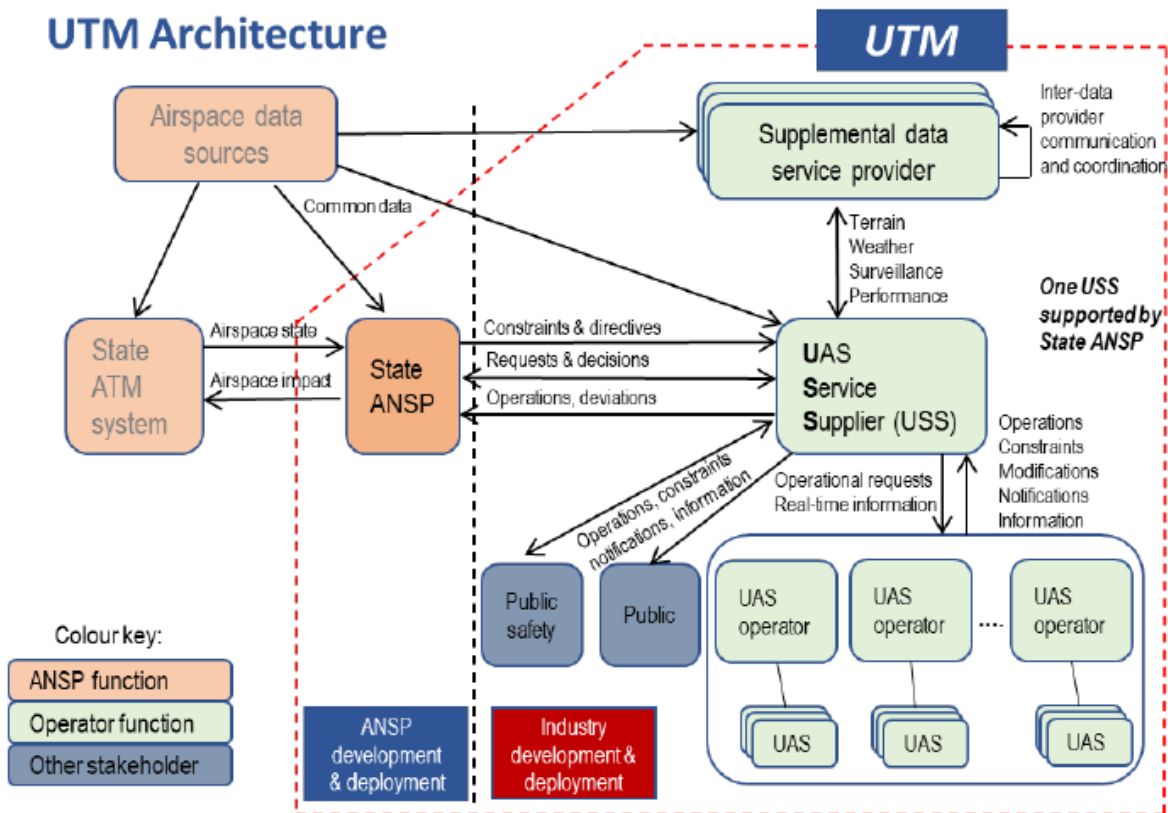
Operace UAS mohou být prováděny jak v řízeném, tak v neřízeném letovém prostoru. Každý typ vzdušného prostoru pak bude vyžadovat jiný druh specifických služeb. V řízených prostorech bude zapotřebí následovat postupy a požadavky dané třídy vzdušného prostoru. Dále bude zapotřebí brát ohled na geografické umístění a bezpečnost prováděných operací v závislosti na hustotě provozu.

Následující služby podle dosavadních studií mohou být poskytovány třetími stranami (poskytovateli letových navigačních služeb (ANSPs – Air Navigation Service Providers) či státními organizacemi):

- **Hlášení aktivit (Activity Reporting Service)** – na vyžádání, periodický nebo událostí vyvolaný report s informacemi o čase a popisu obsahu vzdušného prostoru.
- **AIS** – poskytování toku informací potřebných pro bezpečnost, efektivitu, úspornost a pravidelnost UAS operací.
- **Autorizace (Airspace Authorization Service)** – zajištění přenosu informace o autorizaci od delegované státní autority k provozovateli UAS.
- **Vyhledávání (Discovery Service)** – poskytování informací o dostupných relevantních službách (například o poskytovatelích meteorologických služeb) na základě specifického geografického umístění.

- **Mapování (Mapping Service)** – poskytování terénních dat a informací o překážkách (např. GIS), které jsou relevantní pro zajištění bezpečnosti letu, případně pro zajištění rozstupů nebo služeb plánování letů.
- **Registrace (Registration Service)** – služba, která umožňuje provozovatelům UAS registraci UA a zároveň poskytuje potřebná data ze systému jednotlivým UA. Služba by také mohla zahrnovat funkci, kdy autorizační entita (např. policie) zašle požadavek do systému pro potvrzení registračních dat.
- **Správa omezení (Restriction Management Service)** – řízení a šíření směrnic (např. bezpečnostních buletinů), informace o omezení provozu a o omezení využití vzdušného prostoru od Úřadu pro civilní letectví (CAA – Civil Aviation Authority) nebo ANSPs směrem k provozovatelům UAS i ve formě NOTAMů.
- **Plánování letu (Flight Planning Service)** – služba předcházející samotnému letu, zajistí a optimalizuje trasu a trajektorii s ohledem na bezpečnost, aktuální využití a omezení vzdušného prostoru.
- **Řízení konfliktů a rozstupů (Separation Service)** – ICAO Framework tuto oblast dělí do 5 dalších dílčích služeb a odkazuje na samostatný dokument ICAO Doc 9854 Global ATM Operational Concept.
- **Sledování pohybu a polohy (Tracking and Location Service)** – poskytování informací provozovateli UAS a UTM systémům o přesné lokalizaci UA v reálném čase.
- **Počasí (Weather Service)** – služba poskytující meteorologickou předpověď v reálném čase, slouží k podpoře provozních rozhodnutí každého provozovatele UAS.

Ačkoliv ICAO koncept sám nenavrhuje konkrétní technické řešení, předkládá mnohé otázky především z pohledu bezpečnosti a opírá se o zkušenosti z ATM. Mezi řešené oblasti patří registrace, identifikace a sledování trasy, komunikační systémy, požadavky frekvenčního spektra, kybernetická bezpečnost, geofencing, hranice mezi oblastmi ATM a UTM, interoperabilita či výměna informací mezi jednotlivými systémy. V Dodatku D pak předkládá příklad potenciální UTM architektury (Obrázek 6), která je pouze jednou z mnoha možných budoucích scénářů.



Obrázek 6 Architektura UTM, jedna z možností [31]

Je zapotřebí si uvědomit četné mezery, rizika a výzvy, které je do budoucna zapotřebí vyřešit. Možnost rekatégorizace tříd vzdušného prostoru, zajištění dostatečné kvality datových spojení, sdílení informací mezi ATM a UTM a mnohé další.

3.2. NASA koncept UTM

NASA je americká vládní agentura založená v roce 1958. Soustředí se v ní vývoj v letectví a zodpovídá také za vesmírný program Spojených států amerických. Mimo veškeré své vesmírné programy vyvíjí i technologie pro UTM systémy, které napomohou bezpečnosti a efektivnosti integrace low level operací [32].

3.2.1. Obecný koncept

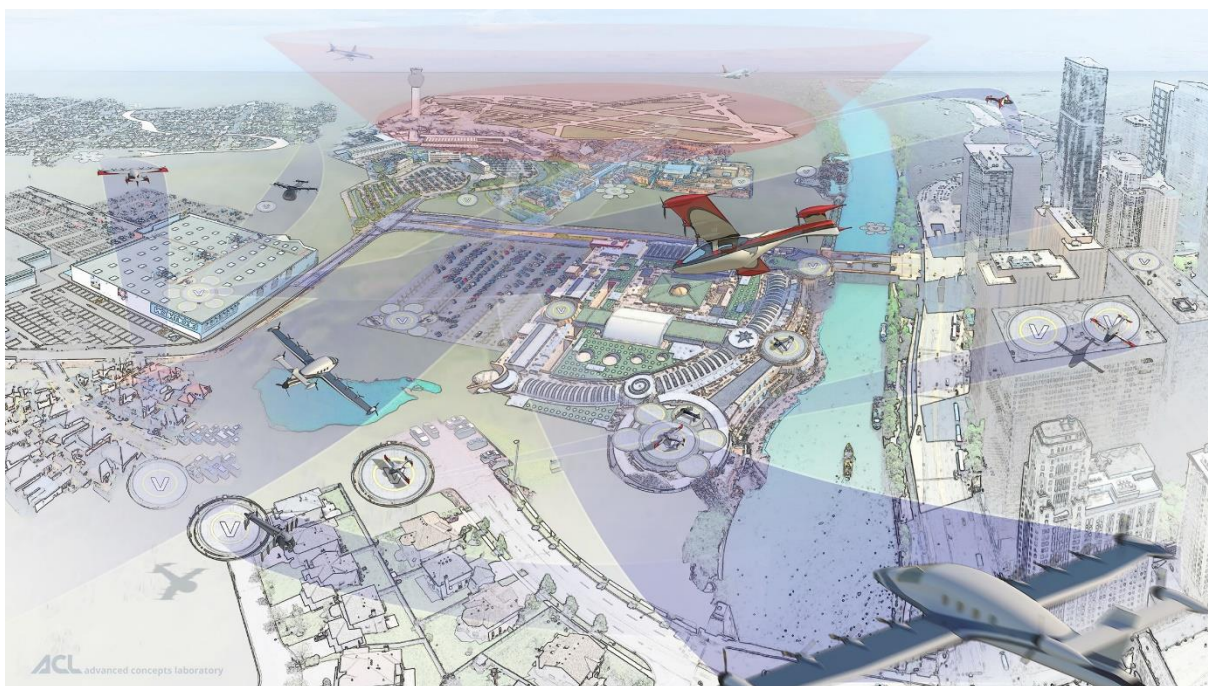
V roce 2018 organizace NASA podepsala dohodu se společností Uber Technologies, Inc. ohledně spolupráce na vývoji městské letecké dopravy (UAM – Urban Air Mobility). Cílem této spolupráce je vytvoření bezpečného a účinného systému pro budoucí leteckou (pilotovanou i bezpilotní) dopravu pro pohyb cestujících i nákladu v obydlených oblastech. Výzkum se zaměřuje na oblasti UTM v nízkých výškách, UAS integraci do národního leteckého systému, letouny s vertikálním vzletem a přistáním a bezpečnost celého systému. Na projektu se nadále úzce podílí i Federální správa letectví (FAA - Federal Aviation Administration), další vládní

agentury a desítky akademických i komerčních partnerů. Veškerá data z výzkumu pak budou dostupná širší UAM komunitě [33].

Vývoj technologií, nové business modely, digitální revoluce. To jsou základní stavební kameny pro vznik projektů jako právě UAM. Představa dopravy malých zásilek pomocí dronů či letecké taxi pro přepravu osob v obydlených oblastech, využití od malých měst po velké aglomerace se více a více stává realitou, nikoliv scénářem sci-fi filmů. Stále je však zapotřebí provést mnoho testů, pokusů a demonstrací týkajících se letových pravidel a regulací pro zajištění bezpečného provozu [34].

3.2.2. Provozní koncept

NASA se ve svém vývoji týkajícím se bezpilotních systémů zaměřuje především na provoz v nízkých výškách. Ve svých vizích a grafických zpracováních zmiňuje například pojem „vertiport“, tedy místo určené pro přistání leteckého prostředku s vertikálním způsobem vzletu a přistání. Umístění takových vertiportů ve městech (Obrázek 7) umožní přiblížení UAS co nejvíce ke koncovému zákazníkovi, jak jen to bude možné.



Obrázek 7 Grafické zpracování letecké dopravy v obydlených oblastech [33]

Systém UTM se bude lišit od systému řízení letového provozu používaného FAA pro dnešní pilotované letouny. UTM bude založeno na digitálním sdílení plánovaných letových údajů každého uživatele. Každý uživatel bude mít stejné situační povědomí o vzdušném prostoru na rozdíl od toho, co se děje při dnešním řízení letového provozu. Víceletý projekt UTM navazuje na dlouhodobý vztah NASA s FAA [35] [36].

Vývoj byl rozdělen do 4 fází – Úrovní technické způsobilosti (TCLs – Technical Capability Levels) [36]:

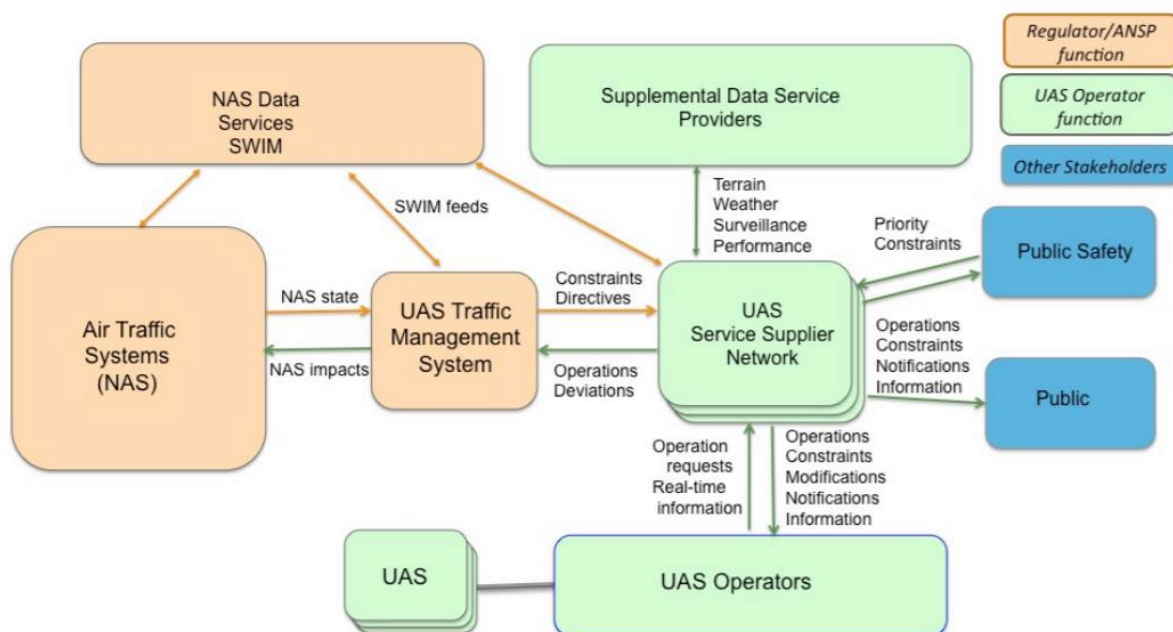
- **TCL1** – první fáze byla dokončena v srpnu 2015. Věnována byla možnostem využití dronů v zemědělství, při hašení požárů či monitorování infrastruktury. Vývojáři v této fázi pracovali na začlenění nových technologií jako je například geofencing.
- **TCL2** – druhá fáze byla dokončena v říjnu 2016 a byla zaměřena na monitoring v řídce osídlených oblastech, kde operátor nemůže vidět létající drony. Testovány byly především technologie povolení vletu do oblasti a to přímo během letu či technologie zajišťující snížení provozu ve vzdušném prostoru v případě zahájení operace SAR nebo v případě ztráty komunikace s malým letounem v oblasti.
- **TCL3** – třetí fáze byla dokončena na jaře 2018 a byla zaměřena na vytváření a testování technologií pro bezpečnou separaci dronů od okolního provozu. Tato technologie umožňuje UAS létat v jim určených zónách, detekovat jiné drony v mírně obydlených oblastech a následně se jim vyhnout (na základě principu DAA).
- **TCL4** – poslední fáze probíhala v létě 2019 a byla zaměřena na integraci dronů pomocí UTM systému do městských oblastí. To totiž představuje další výzvy. Mimo větší populace obyvatelstva se zde setkáme s větším množstvím překážek, specifickými povětrnostními podmínkami, sníženou viditelností, sníženou schopností radiové komunikace a menším množstvím bezpečných přistávacích ploch. Předmětem testování v této fázi byla například vyšší lokalizace předpovědi počasí již ve fázi plánování letu, využití sítě mobilních operátorů pro komunikaci, spolehnutí se na kamery, radar a další způsoby „vidění“. Cílem bylo ověřit, že drony budou schopny manévrovat mezi budovami a přistát, pokud to bude nutné. To vše za neustálé komunikace s ostatnímu UAS a uživateli UTM.

Koncept staví na hledání rovnováhy mezi třemi základními oblastmi [37]:

- zajištění regionální a národní bezpečnosti,
- bezpečnost leteckého provozu,
- ekonomická výhodnost provozu v nízkých výškách.

Vzhledem ke skutečnosti, že mnohé technologie potřebné k plné integraci UAS doposud nebyly pro tyto systémy vyvinuty, jsou pro ně příliš velké, těžké nebo drahé, je zapotřebí postupovat od nejméně rizikových oblastí a tříd vzdušného prostoru a až postupem času se propracovat k těm složitějším a komplexnějším. NASA se tedy ve svém konceptu zaměřuje především na operace ve vzdušném prostoru třídy G. Zde je zapotřebí dodržet několik základních

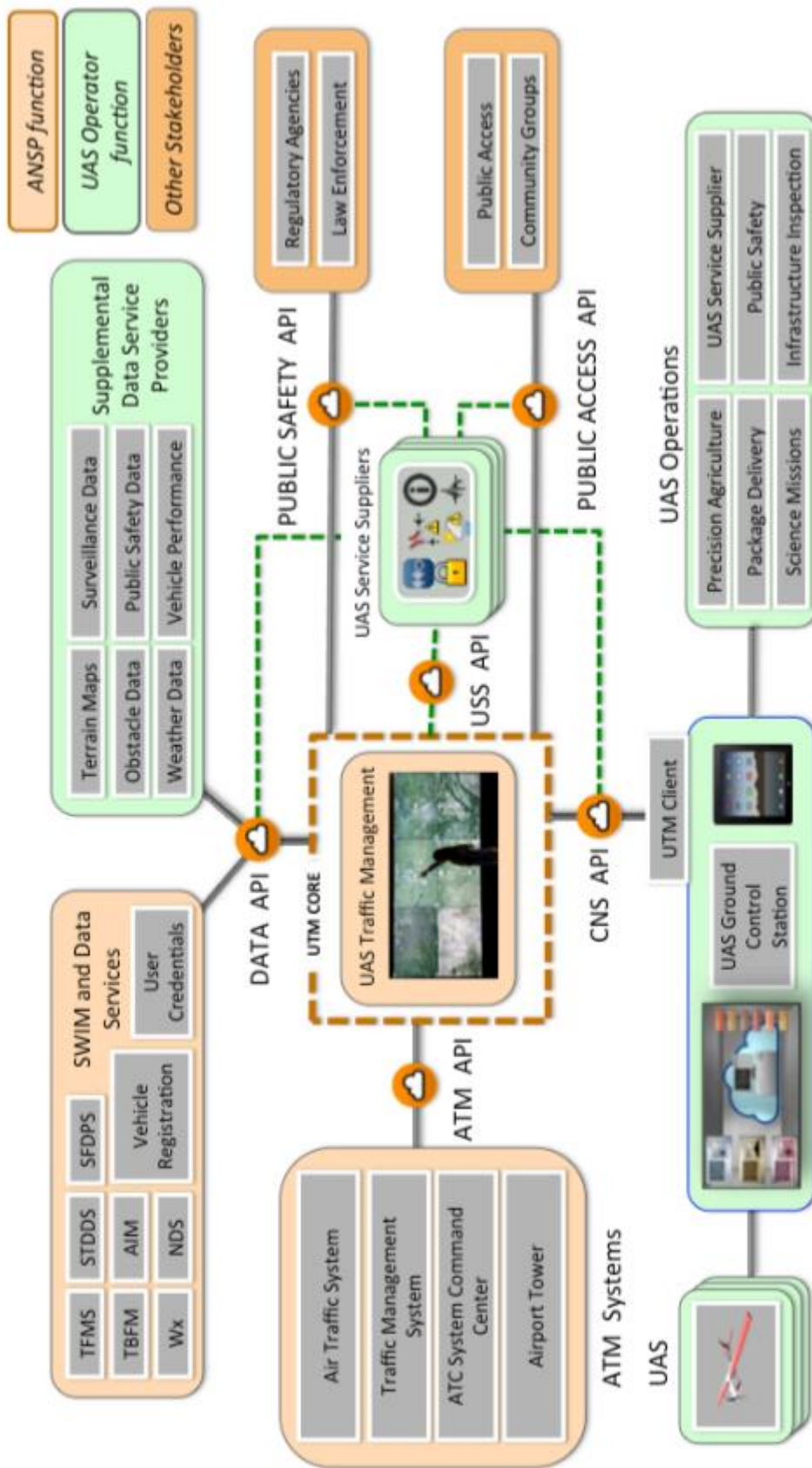
principů provozu. Ten bude povolen pouze identifikovaným a ověřeným UAS, které se musí vyhýbat jiným UAS, stejně jako pilotovaným leteckým prostředkům. UAS, jejich provozovatelé a veškeré podpůrné systémy musí mít povědomí o možných omezeních ve vzdušném prostoru, o lidech, zvířatech nebo objektech na zemi a musí se jim vyhnout. Na obrázku (Obrázek 8) je znázorněna architektura a provázanost mezi jednotlivými entitami, jako jsou samotné UAS, jejich provozovatelé, poskytovatelé servisních služeb, regulační orgány, ANSPs a samotný ATM systém [37].



Obrázek 8 Návrh UTM architektury a toku informací dle NASA [37]

Podle tohoto návrhu by UTM systém byl provozován národním regulátorem nebo ANSPs. UTM zde komunikuje samostatně s dalšími ATM systémy a vydává směrnice a nařízení pro UAS provoz prostřednictvím sítě poskytovatelů služeb pro UAS. Detailnější rozkreslení můžeme vidět na obrázku (Obrázek 9), kde je možno pozorovat členění jednotlivých služeb, komunikaci jednotlivých komponent pomocí UTM aplikačního programovacího rozhraní (API - Application Programming Interface³), využití cloudových rozhraní. Vývoj je v tuto chvíli nejvíce zaměřen na komunikaci a rozhraní mezi provozovateli UAS, poskytovateli servisních služeb a ANSPs (ATM) [37].

³ API je zkratka využívaná především v softwarovém inženýrství pro soubor procedur, funkcí či protokolů, které slouží programátorům při vyvolávání ze zdrojového kódu.



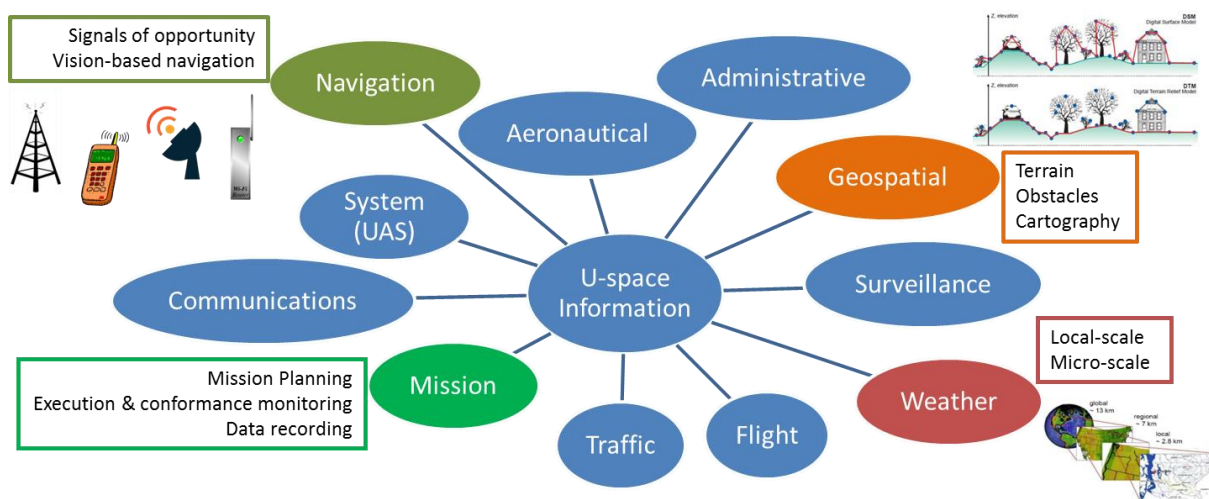
Obrázek 9 Detail UTM architektury [37]

3.3. U-space Blueprint

U-space Blueprint je dokument z roku 2017, za který odpovídá SESAR JU. Víze se opírá o poptávku trhu po službách dronů, potřebu komplexního provozu s vysokou mírou dostupnosti a odpovídá na volání Varšavské deklarace, která mj. diskutovala rychlý rozvoj systému, který by se jednoduše ovládal, byl cenově dostupný a zároveň dokázal řešit veškeré společenské obavy ohledně bezpečnosti, ochrany soukromí a ochrany životního prostředí. Dokument je detailněji rozebrán a popsán v následujících podkapitolách [27][38].

3.3.1. Obecný koncept

U-space lze definovat jako soubor specifických služeb a procedur poskytovaných ve vzdušném prostoru pro provoz bezpilotních systémů. Tyto služby a procedurální postupy jsou poskytovány jak v soukromém, tak i komerčním sektoru provozu. Jak je možné vidět na obrázku (Obrázek 10), jedná se o širokou škálu oblastí, kterou pokrývají.



Obrázek 10 Ilustrace některých U-space služeb [39]

Využitelnost tohoto specifického souboru služeb je plánována pro využití dronů v rámci dodávek zboží, leteckých prací i pátrání a záchrany. Poskytování U-space služeb bude možné ve všech typech vzdušného prostoru, zejména však v nízkých hladinách vzdušného prostoru (VLL – Very Low Level) do 500 ft nad povrchem země (AGL – Above Ground Level). Koncept staví na osmi základních principech [27]:

- Zajištění bezpečnosti pro uživatele U-space stejně tak jako pro občany na zemi.
- Systém bude škálovatelný, flexibilní a adaptabilní. Dokáže tedy reagovat na změny v poptávce, objemu, technologiích, obchodních modelech a aplikacích a zároveň bude schopen spravovat rozhraní s ATM.
- Systém umožní realizaci provozu i při vysoké hustotě dopravy.

- Dojde k zajištění spravedlivého a rovného přístupu do vzdušného prostoru pro všechny uživatele.
- Podpora kompetitivního a cenově efektivního prostředí služeb včetně podpory business modelů jednotlivých provozovatelů.
- Minimalizace nákladů na rozvoj a provoz využitím stávajících leteckých služeb a infrastruktury včetně využití globálního navigačního družicového systému (GNSS – Global Navigation Satellite System) či infrastruktury mobilních operátorů.
- Akcelerace vývoje služeb adopcí technologií a standardů z jiných sektorů, které se prolínají s potřebami provozu U-space.
- Minimalizace dopadu na životní prostředí, respektování soukromí občanů včetně ochrany dat při stanovování bezpečnostních požadavků a to včetně požadavků na kybernetickou bezpečnost.

3.3.2. Provozní koncept

Koncept U-space zahrnuje rozsáhlý a škálovatelný soubor služeb, které nejsou replikací ATC, ale dodávají klíčové služby k organizaci bezpečného a účinného provozu UAS a zajišťují vlastní rozhraní vůči ATM, ATC a příslušným autoritativním orgánům.

Jako klíčové základní služby byly identifikovány tři: elektronická registrace, elektronická identifikace a geofencing. Proces zavádění U-space služeb bude postupný ve čtyřech krocích, které jsou spojeny se zvyšujícím se stupněm automatizace a konektivity, tedy s technologickým vývojem.

Jednotlivé kroky pro zavádění U-space služeb do provozu:

- **U1 U-space základní služby**
 - E-registrace, e-identifikace a geofencing.
- **U2 U-space počáteční služby**
 - Podpora UTM zahrnující plánování letů, letová povolení, sledování letu, procedurální rozhraní s ATC, poskytování dynamických informací o vzdušném prostoru.
- **U3 U-space pokročilé služby**
 - Podpora více komplexního provozu v oblastech hustého osídlení zahrnující řízení kapacit či asistenci pro detekci kolizí. K tomu bude zapotřebí vybavit UAS automatickým DAA systémem.

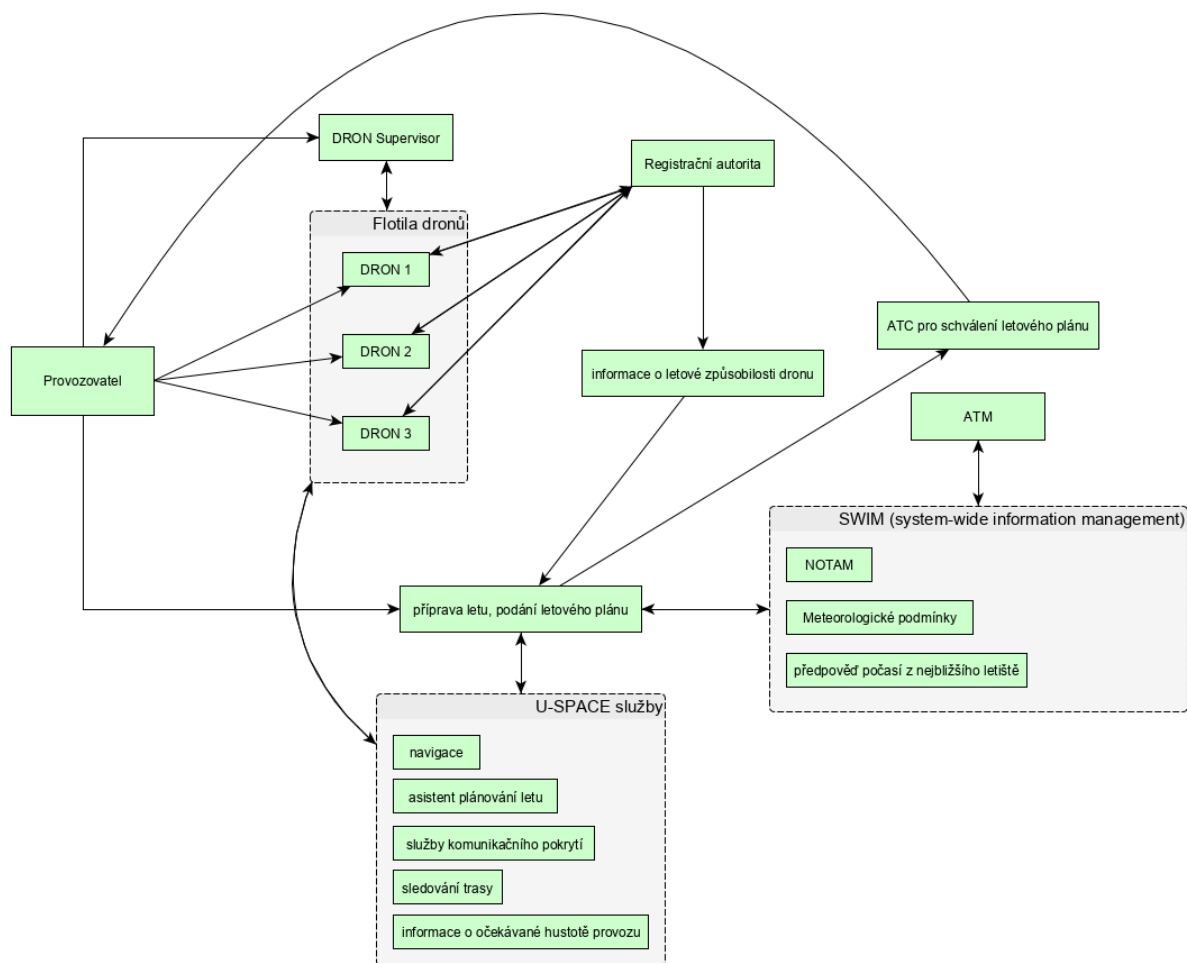
- U4 U-space kompletní služby

- Služby s integrovaným rozhraním pro ATM, plná podpora provozu s potřebou vysoké úrovně automatizace, konektivity, dostupnosti a digitalizace v oblasti UAS technologií.

Provozovatel, který má k dispozici flotilu více UAS, pro svůj let vybere jeden UAS a určí supervizora, který sice nebude pilotem daného UAS ve smyslu jeho přímého řízení, ale po celou dobu jej bude sledovat a monitorovat. Supervizor může sledovat více jemu přidělených UAS provádějících let v reálném čase. Pro přípravu letu jsou využita data služeb U-space a Systému správy informací (SWIM - System-Wide Information Management), který je propojen do ATM. SWIM poskytuje informace o meteorologických podmínkách, NOTAMy a další. Každý UAS zároveň podléhá registraci u příslušné registrační autority, díky čemuž jsou o něm známy informace jako letová způsobilost nebo chování v případě krizových situací.

Plánovaná trasa podléhá aktuálním regulacím a požadavkům na TRA a TSA. Pokud je zapotřebí, letový plán schvalují příslušné orgány ATC. Zprávu o schválení následně obdrží provozovatel. V případě konfliktního provozu je navrhnout alternativní čas vzletu nebo alternativní trasa pro realizaci letu. Jakmile je dron ve vzduchu, dostává informace a upozornění pro volbu alternativní trasy (např. vyhnout se provozu). Během letu také dron vysílá svou identifikaci. Díky tomu mu jsou poskytovány služby jako sledování trasy, upozornění na blížící se nebezpečí a další.

Drony jsou zároveň vybaveny DAA systémem, který jim umožňuje zabránit kolizím – například vyhnout se hejnu letícího ptactva nebo prioritní dopravě záchranných složek. Během letu systém upozorňuje na zóny geofencingu, do kterých za běžných podmínek není povoleno vletět. Po dokončení letu dron vyčkává na další instrukce od supervizora. Blokové schéma výše popsaného procesu je znázorněno na obrázku (Obrázek 11).



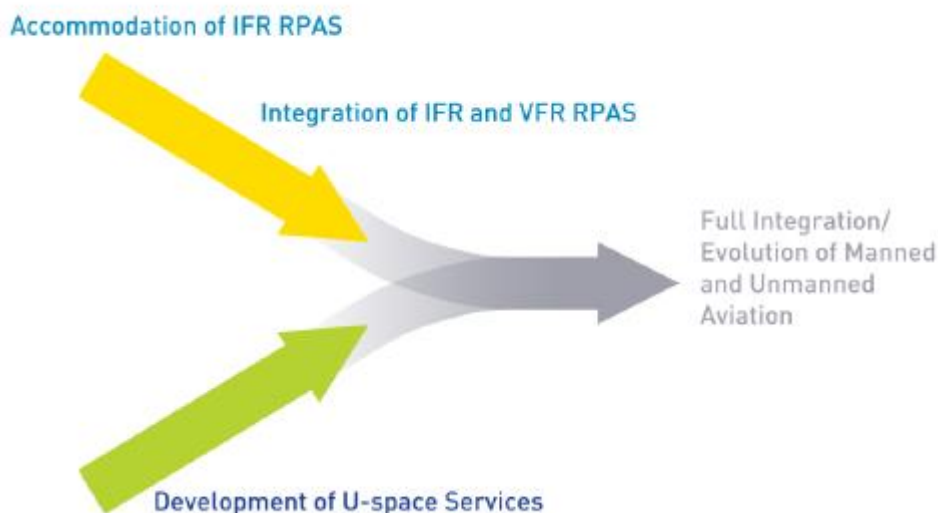
Obrázek 11 Blokové schéma komunikačních toků v konceptu U-space [vlastní dle [27]]

3.4. European ATM Master Plan: Roadmapa pro bezpečnou integraci dronů

European ATM Master Plan: Roadmapa pro bezpečnou integraci dronů do všech tříd vzdušného prostoru je dokument vydaný organizací SESAR JU v březnu roku 2018. Dokument shrnuje potřebu integrace bezpilotních prostředků s ohledem na očekávaný nárůst bezpilotních systémů do roku 2035. V úvodu dokumentu jsou zmíněny rapidní změny v UAS technologiích, digitální transformace posledních let a o poznání rychlejší vývoj UAS technologií oproti oblasti koncepčního letectví. Dokument také specifikuje vertikální členění, přičemž pro VLL operace předpokládá využití U-space s BVLOS typem letů, pro operace mezi 500 ft a 60 000 ft předpokládá plnou integraci do ATM pro lety uskutečňované podle pravidel pro let podle přístrojů (IFR - Instrument Flight Rules) a zmiňuje očekávaný nárůst bezpilotních letů i v suborbitální oblasti. Očekávaný je i nárůst provozu UAS na letištích a v jejich okolí a dalších kritických oblastech, kde bude kladen důraz na bezpečnostní opatření. Detailněji je dokument rozebrán v následujících podkapitolách [40].

3.4.1. Obecný koncept

Vize zřízení nového rámce obecného konceptu staví na vysokém stupni automatizace, využití umělé inteligence a evoluci ATM společně s integrací RPAS, jak je znázorněno na obrázku (Obrázek 12). Pilotované i bezpilotní systémy budou využívat stejnou letištní infrastrukturu, komunikovat s ATM pomocí datového spojení a budou uplatněna stejná pravidla a procedury pro obě skupiny.



Obrázek 12 Evoluce integrace U-space a RPAS [40]

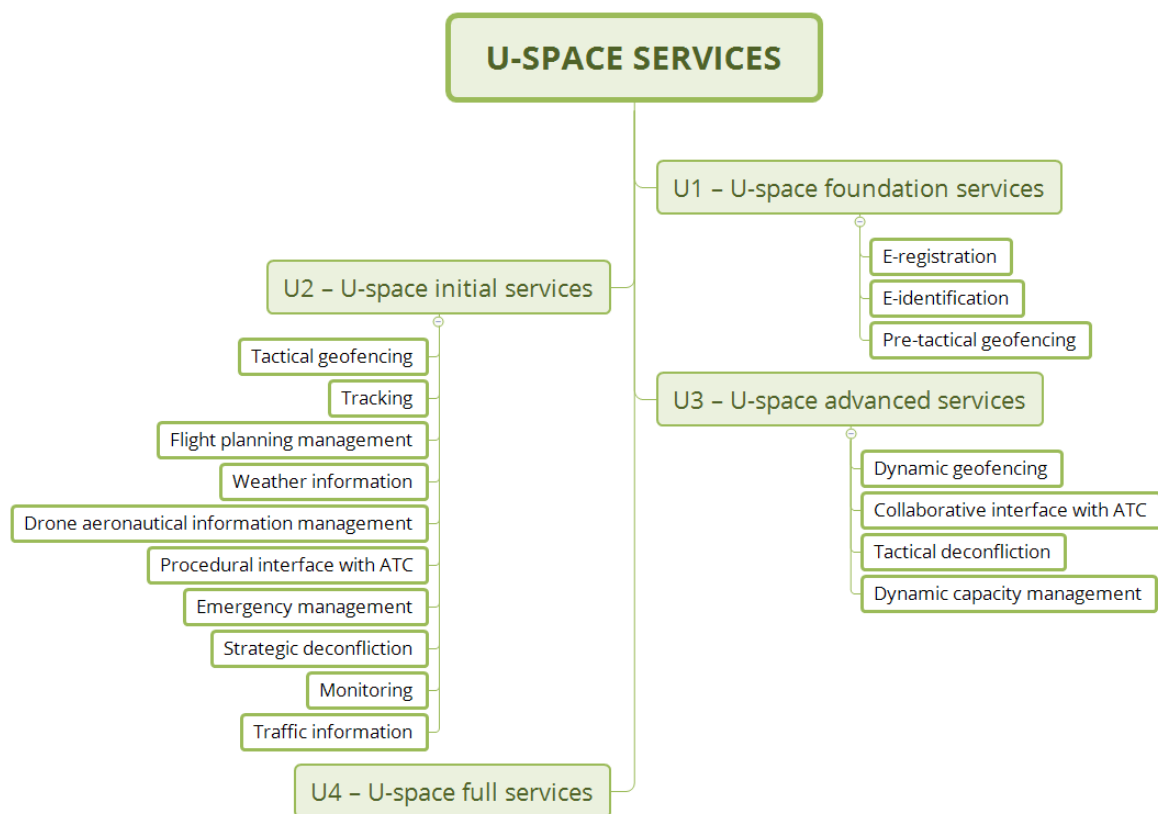
Jednotlivé body obecného konceptu, jejichž naplněním dojde k plné integraci:

- dosažení integrace RPAS a pilotovaného letectví,
- zabezpečení vývoje U-space služeb,
- zajištění kybernetické bezpečnosti,
- zajištění optimalizovaného využití a ochrany leteckého spektra,
- řešení bezpečnostních a regulačních potřeb,
- standardizace,
- plán provozu a nasazení,
- harmonizace na globální úrovni.

3.4.2. Provozní koncept

Drony využívající U-space koncept budou plně automatizovány a pouze supervizovány provozovateli – BVLOS typ provozu, přičemž je zde rozhodující rychlost toku dat a tedy vyžadována

vyšší úroveň konektivity. Zároveň je zapotřebí vzít v úvahu dopad tohoto provozu na životní prostředí (hluk, vizuální znečištění, emise) a stanovit limitní hranice. Zabezpečení vývoje U-space a oblasti provozu v prostorech VLL je v souladu s konceptem U-space Blueprint popsaným v předešlé kapitole. Jednotlivé služby jsou zde však detailněji popsány a rozčleněny do jednotlivých fází, jak je vidět na obrázku (Obrázek 13). Zároveň byly identifikovány klíčové vlastnosti UAS, bez kterých nebude možné jednotlivé služby zavádět do provozu.



Obrázek 13 U-Space služby podle jednotlivých fází [vlastní]

Letištní provoz dronů s ohledem na bezpečnostní požadavky bude prováděn typem letů VLOS na předem určených tratích nebo takticky řízených trasách. V případě smíšeného provozu, dron a pilotovaný letoun, budou řízeny pomocí U-space nebo konvenčního ATC.

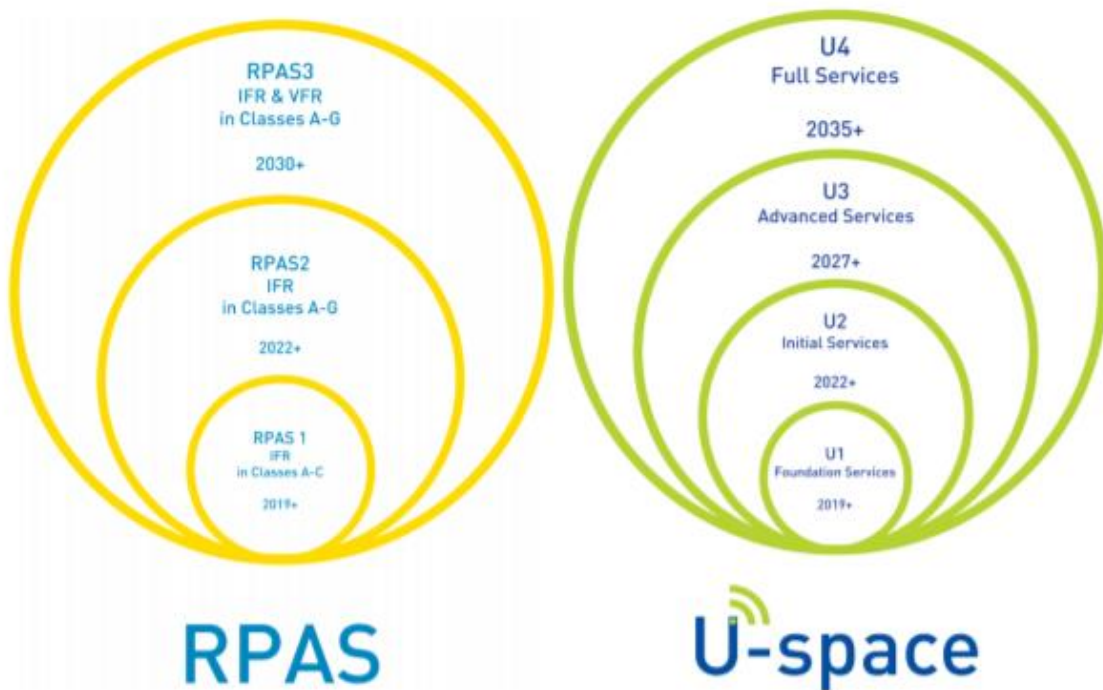
Pro lety nad FL660 bude zapotřebí zajistit integraci do dané letové hladiny a dále definovat vstupní a výstupní body nad FL660.

Integrace provozu RPAS a konvenčního řízeného letectví bude probíhat ve třech dílčích fázích. První dvě fáze jsou v podstatě adaptací RPAS na současné podmínky ATM. Až třetí fáze je integrační a představuje budoucnost, kdy pro realizaci letu RPAS nebude zapotřebí zvláštních povolení a provoz bude probíhat zcela rutinně.

- Fáze 1: IFR RPAS v třídách a – C

- Provoz v souladu s ICAO doporučenými postupy pro IFR, komunikace RPAS – ATC, DAA systém, odpovídající navigační a přehledové systémy, zavedení speciálních postupů pro řešení mimořádných situací.
- **Fáze 2: IFR RPAS v třídách a – G**
 - DAA systém pokročilé úrovně, umožňující integraci s VFR provozem, architektura komunikace s ATC, adresná integrita, požadavky na bezpečnost.
- **Fáze 3: RPAS v třídách a – G (IFR a VFR⁴)**
 - IFR a VFR provoz RPAS v řízených i neřízených prostorech.

Postupný vývoj zajišťující integraci provozu RPAS a integrace U-space služeb musí jít ruku v ruce. Časový plán je znázorněn na obrázku (Obrázek 14).

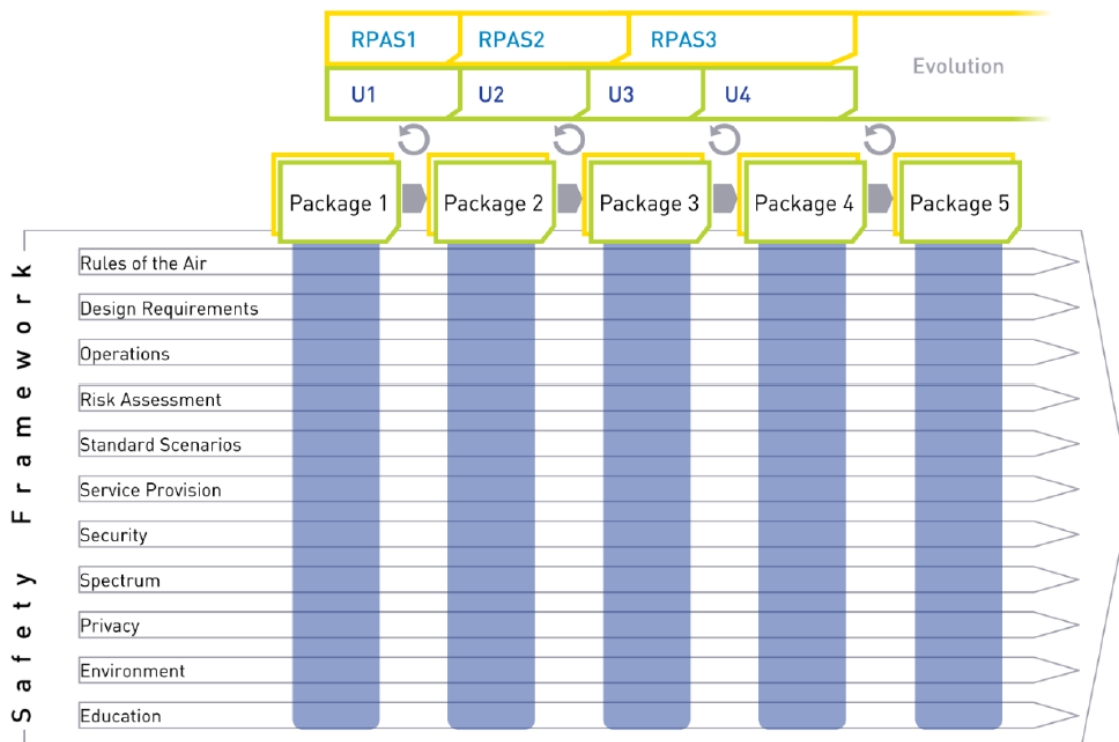


Obrázek 14 Diagram postupu jednotlivých fází RPAS a U-space [40]

Pro zajištění vysoké úrovně bezpečnosti ve všech fázích integrace bude zapotřebí zajistit postupnou iteraci regulací a jednotlivých nařízeních. Je totiž zapotřebí zmírnit možný dopad zranitelností systémů v oblasti kybernetické bezpečnosti a zajistit progresivní pravidla doplněná o průmyslové standardy. Základním principem tedy bude postupná implementace regulační základny, jež bude synchronizována s milníky nasazení U-space a RPAS, jak je demonstrováno

⁴ Předpokládá se, že technologie v budoucnu umožní obdobu VFR letů i v případě RPAS.

na obrázku (Obrázek 15) a nabídne tak v dalších fázích možnost zohlednit poznatky získané ze zkušeností předchozích období.



Obrázek 15 Regulační cyklus [40]

3.5. UAS ATM Integration - Operational Concept

Dokument „UAS ATM Integration – Operational Concept“ vydal 27. 11. 2018 EUROCONTROL⁵ za podpory EASA⁶. Jedná se o provozní koncept potřebné integrace UAS řízení provozu, který podrobněji přibližuje provozní možnosti v různých kategoriích létání, zavádí některé nové pojmy a popisuje kroky postupné implementace. Stěžejní body tohoto dokumentu jsou rozebrány v následujících podkapitolách [43].

3.5.1. Obecný koncept

Provoz UAS může být velmi rozmanitý. Z tohoto důvodu se koncept integrace na problematiku dívá skrz třídy provozu, nikoliv pomocí dělení kategorií UAS nebo pomocí tříd vzdušného prostoru:

⁵ EUROCONTROL je evropská mezinárodní organizace založená v roce 1963 a k dnešnímu dni čítající 41 členských států. Jejím hlavním cílem je podpora rozvoje letectví a udržení bezpečnosti [39].

⁶ Evropská agentura pro bezpečnost v letectví (EASA – European Aviation Safety Agency) byla zřízena v roce 2002 Evropskou unií. Jejím hlavním cílem je zajištění bezpečnosti letectví v rámci EU, provádění dohledu a podpory pro členské státy a spolupráce s dalšími mezinárodními leteckými organizacemi a regulátory [40].

- Typ provozu dle pravidel létání: IFR, VFR a nově zavedená pravidla létání v nízkých výškách (LFR - Low Level Flight Rules) a pravidla létání ve vysokých výškách (HFR - High Level Flight Rules)
 - o Třída provozu: Class I, II, III, atd.
 - Třída vzdušného prostoru dle ICAO: A – G
 - Kategorie UAS: kategorizace EAS – Open, Specific, Certified.

V rámci kategorie pravidel létání tedy zavádí dva nové pojmy, LFR a HFR, jak je znázorněno na obrázku (Obrázek 16). LFR by měla platit pro UAS provoz do výšky 500 ft AGL. Ve své podstatě se jedná o popis pro letový prostor mezi zemí a hranicí letů podle VFR, přičemž nezahrnuje oblasti CTR. Naopak HFR neboli pravidla létání ve vysokých výškách by (v závislosti na daném státu) měla platit nad FL600, kde vzdušný prostor mnoha států v současnosti není kontrolován a řízen. To je potřeba změnit s vývojem bezpilotních, dálkově řízených balónů nebo letadel na solární pohon se schopností létat právě v těchto vysokých nadmořských výškách. Zároveň se nepředpokládají modifikace kategorií VFR a IFR.

Visual Flight Rules VFR ICAO Annex 2 Chapter 4 SERA 5001-5010	Instrument Flight Rules IFR ICAO Annex 2 Chapter 5 SERA 5015-5025	Low-level Flight Rules LFR To be developed	High-level Flight Rules HFR To be developed
General Flight Rules ICAO Annex 2 Chapter 3 SERA Section 3			

Obrázek 16 Pravidla letu – kategorie [43]

Na letištích se předpokládá provoz malých UAS na podporu ATC (například provádění inspekcí vzletové dráhy), na podporu leteckých společností (kontrola přepravy zavazadel) a další dodatečné služby letiště (kontrola perimetru, kontrola vozového parku, zajištění bezpečnosti atd.). Tento provoz by byl pouze VLOS nebo BVLOS, kompatibilita takového smíšeného provozu je kritická pro zajištění účinného a bezpečného provozu v rámci CTR.

Koncept pracuje se čtyřmi základními požadavky na integraci:

- Integrace UAS nesmí mít významný dopad na stávající uživatele vzdušného prostoru.
- UAS musí dodržovat stávající i budoucí předpisy, které jsou stanovené pro pilotované letectví.
- Integrace UAS nesmí ohrozit stávající úroveň bezpečnosti v letectví ani zvyšovat riziko více, než by jej zvyšoval ekvivalentní nárůst pilotovaných létajících prostředků.
- Provoz UAS musí být prováděn stejným způsobem jako provoz letadel s posádkou a musí být považován za rovnocenný ATC a dalším uživatelům vzdušného prostoru.

Pro zajištění těchto základních požadavků je zapotřebí dvoustupňové integrace. Nejprve přizpůsobení prostředí pilotovaného i bezpilotního letectví a až následně plná integrace.

3.5.2. Provozní koncept

V současné době může UAS těžit především z nejnovějších technik konceptu FUA a provoz může být zajišťován buď pomocí vyhrazených koridorů, nebo vytvářením dynamických segregáčních „bublin“ kolem UA. Zavádění provozu UAS se předpokládá samostatně pro jednotlivé kategorie pravidel letu, jak je znázorněno na obrázku (Obrázek 17).

UAS Operations flight rules	2021	2023	2030
IFR		Accommodation	Integration
VFR		Accommodation	Integration
LFR	Accommodation		Integration
HFR		Accommodation	→ ?

Obrázek 17 Časový harmonogram zavádění UAS [43]

- **Provoz dle pravidel IFR:**
 - o Využití systému FUA v rané fázi přizpůsobení provozu, přibližně do roku 2025. V Evropě relativně snadno proveditelné díky poměrně nízkému IFR UAS provozu.

- Základní soupis SARPS je očekáván v roce 2023. Poté, v případě dostupnosti potřebných technologií, bude možno provést plnou integraci UAS.
- **Provoz dle pravidel VFR:**
 - Základním kamenem VFR provozu je princip „See and Avoid“, který zajišťuje separaci a zabraňuje kolizím v neřízených prostorech v dnešní době. Zároveň zabraňuje kolizím mezi VFR a IFR lety v neřízeném prostoru nebo v prostoru, kde služba zajištění rozstupů není poskytována. Pro provoz UAS v této kategorii je potřebný systém DAA na takové úrovni, aby byl kompatibilní se stávajícími principy. Vývoj tohoto systému ještě nebyl dokončen a navzdory slibným výsledkům vývoje v tuto chvíli není možné přizpůsobit UAS provoz v kategorii VFR, v řízených i v neřízených prostorech.
- **Provoz dle pravidel LFR:**
 - Koncept počítá s přizpůsobením provozu podle samostatně vydaného dokumentu U-space Blueprint, který je popsán výše v této práci.
- **Provoz dle pravidel HFR:**
 - Využívání vzdušného prostoru nad FL600 je v současnosti omezeno pro vojenské operace. Zároveň o využívání tohoto prostoru doposud projevilo zájem pouze několik provozovatelů UAS. Provoz nad FL600 je tedy poměrně řídký a doposud nebyl upravován předpisy. Přizpůsobení v této kategorii tedy bude možné v blízké budoucnosti a v závislosti na poptávce využití tohoto prostoru.

Pro potřeby využití vzdušného prostoru UAS je možné využít a upravit stávající dělení vzdušného prostoru, jak je popsáno v kapitole 1.2.2. Řízené prostory podle typu použití. Dochází tak k zavádění dalších nových pojmů ve struktuře vzdušného prostoru jako:

- **„No drone zone“** – oblast se zákazem vstupu UAS.
- **„Limited drone zone“** – oblast, kterou je možné využít po splnění specifických podmínek.
- **„Exclusive drone zone pro plánovaný provoz“** – oblast, ze které je vyjmut veškerý další provoz mimo plánovaných UAS letů.
- **„Exclusive drone zone pro přepravu osob“** – oblast, ze které je vyjmut veškerý další provoz mimo městské UAS dopravy.
- **„Vyhrazené UAS trasy“** – trasy pro podporu oddělení bezpilotních letů od pilotovaných, za účelem zvýšení úrovně bezpečnosti ve vzdušném prostoru.

4. Integrace UTM – ATM

Pro popis integrace UTM a ATM je nejprve zapotřebí definovat systém, jeho okolí a důležité, nezbytné vazby mezi prvky okolí a prvky systému. V této kapitole je uveden přehled prvků dle jednotlivých konceptů z předešlé kapitoly. Dále se tato kapitola zaměřuje na rozdělení prvků na samotné prvky systému, prvky okolí a jejich stručný popis. Součástí je i popis vnějších vazeb systému včetně identifikace informací předaných na dané vazbě.

4.1. Definice systému

Systém UTM je popsán v kapitole 3. Koncepty uspořádání řízení letového provozu bezpilotních systémů. Všechny v práci uvedené koncepty pracují s obdobným popisem jednotlivých prvků systému a prvků okolí, jak je vidět v tabulce (Tabulka 4), která představuje shrnutí všech prvků napříč jednotlivými koncepty. Tabulka v prvním sloupci obsahuje seznam prvků bez rozlišení, zda se jedná o prvek systému nebo prvek okolí. Dále je zde uveden seznam konceptů zmíněných v této práci a zaznamenáno, zda s daným prvkem koncept pracuje. V tabulce je také možno pozorovat odlišné používání názvů, kdy starší dokumenty operují s označením UAS poskytovatel služeb (USS – UAS Service Supplier), přičemž se jedná o dnes již nesprávné označení pro U-space poskytovatele služeb (USSP – U-space Service Provider). Pro potřeby této práce je rozlišován pilotovaný provoz s pilotem na palubě a provoz bezpilotních systémů. Ostatně cílem práce je identifikovat právě rozhraní a vazby mezi řízením těchto dvou provozů. Dále je potřeba definovat jednotlivé služby, resp. jejich poskytovatele a určit, zda se budou lišit informace pro letouny s pilotem na palubě od informací poskytovaných UAS.

Tabulka 4 Matice průniku prvků systému a okolí a využití v jednotlivých konceptech

Koncept → Seznam prvků systému a okolí ↓	UTM – a Common Framework with Core Principles for Global Harmonization	NASA UTM koncept	U-Space Blueprint	European ATM Master Plan: Roadmapa pro bezpečnou integraci dronů	UAS ATM Integration - Operational Concept
UAS	X	X	X	X	X
Provozovatel UAS (UAS Operator – UASO)	X	X	X	X	X
Pilot/Supervizor UAS	X	X	X	X	X
DAA	-	X	X	X	X
UAS poskytovatel služeb (UAS Service Supplier – USS)	X	X	-	-	-
Systém správy informací (SWIM)	-	X	X	X	X
UTM	-	X	-	-	-
U-space poskytovatel služeb (U-space Service Provider – USSP)	-	-	X	-	-
Poskytovatel navigačních služeb (ANSPs)	X	X	X	X	X
Poskytovatel služeb řízení letového provozu (Air Traffic Service Provider – ATSP)	X	X	X	X	X
Letadlo s pilotem na palubě	X	X	X	X	X
ATM	X	X	X	X	X
Regulátor, stát	X	X	X	X	X
Terén a informace o něm	X	X	X	X	X
Počasí a informace o něm	X	X	X	X	X
Bezpečnost budov a staveb	X	X	X	X	X
Soukromí a bezpečnost osob	X	X	X	X	X

4.2. Popis prvků systému a jeho okolí

Jako systém jsou uvažovány prvky, které jsou přímou součástí UTM. UTM jakožto soubor specifikovaných služeb a postupů, které slouží k zabezpečenému přístupu UAS do vzdušného prostoru, je celek nadřazený jednotlivým prvkům. Mezi ty patří samotný UAS, jeho provozovatel, detekční systém DAA, sběrný systém správy informací a poskytovatelé specifických U-space služeb. V některých konceptech je soubor služeb popisován zjednodušeně, jako celý systém UTM. Práce se však na tuto oblast zaměřuje detailněji a je zapotřebí tento systém rozebrat na jednotlivé subsystémy. V tabulce (Tabulka 5) jsou stručně popsány jednotlivé prvky, které jsou uvažovány jako nezbytná součást pro možné fungování UTM.

Tabulka 5 Systém UTM - popis prvků systému

Prvek systému	Stručný popis
UAS	Bezpilotní systém skládající se z bezpilotního letadla, řídicí stanice a jakéhokoliv dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, například komunikačního spojení a zařízení pro vypuštění a návrat.
Provozovatel UAS (UAS Operator – UASO)	Provozovatel odpovědný za dodržování legislativních nařízení, případnou registraci UAS do příslušných systémů a procesní zpracování vnějších příkazů a informací [45].
DAA	Systém detekce a vyhnutí, jehož základem je schopnost vidět, vnímat a detekovat konfliktní provoz a jiná nebezpečí a následně přijmout vhodná opatření. Je součástí UAS.
Služba společné správy informací (SWIM/Common Information Service – CIS)	Sběrný systém zajišťující výměnu statických a dynamických informací mezi poskytovateli služeb U-space a poskytovateli letových navigačních služeb, nezbytných pro bezpečný provoz [45].
U-space poskytovatel služeb (U-space Service Provider – USSP)	Poskytuje specifické U-space služby jednotlivým provozovatelům, pilotům či supervizorům a v neposlední řadě i samotným dronům.

Okolím systému jsou chápány veškeré prvky, které nejsou součástí systému, ale musí s ním komunikovat nebo na ně systém musí reagovat. Patří mezi ně jiný provoz než UAS, ATM včetně svých služeb, poskytovatelé navigačních služeb, poskytovatelé služeb řízení letového provozu, státní autoritativní orgán, ale i informace o stavu počasí, terénu, budovách a civilních osobách. V tabulce (Tabulka 6) je uveden seznam prvků okolí a jejich stručný popis.

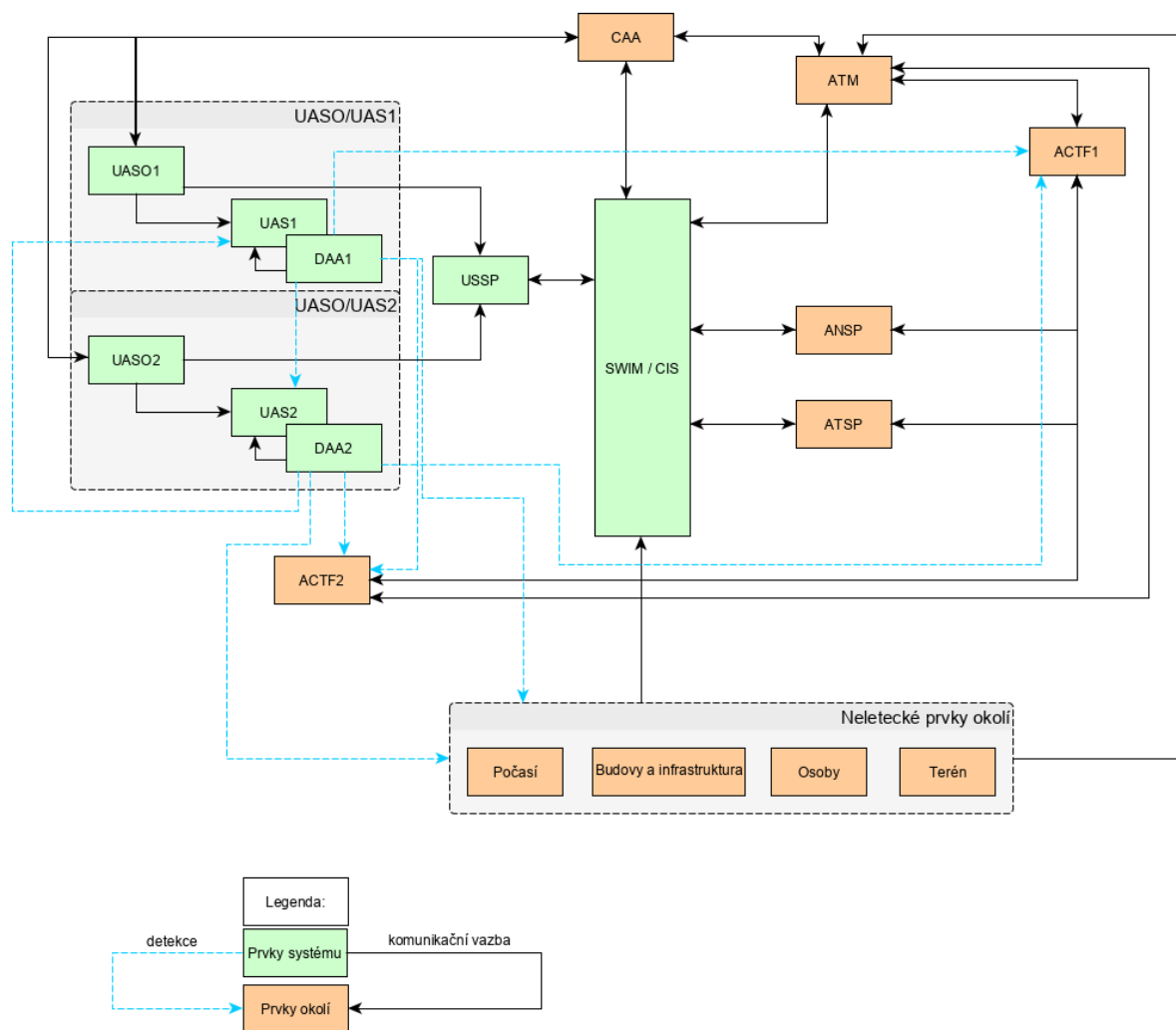
Tabulka 6 Systém UTM - popis prvků okolí

Prvek okolí	Stručný popis
Letadlo s pilotem na palubě (Aircraft - ACFT)	Dle definice předpisu L7 je letadlem myšleno zařízení schopné vyvozovat síly nesoucí jej v atmosféře z reakcí vzduch, které nejsou reakcemi vůči zemskému povrchu.
ATM	Řízení letového provozu konvenčních letounů s pilotem na palubě, včetně služeb popsanych v kapitole 1.3. Oblasti poskytovanych služeb.
Regulátor, stát (CAA)	Nadřazená entita odpovědná za vydávání zákonů, nařízení a opatření, případně jmenování zástupných institucí.
Poskytovatel navigačních služeb (ANSPs)	Komunikuje s ostatními účastníky letového provozu, poskytuje relevantní data pro realizaci provozu, řídí letový provoz v dané oblasti, daném státě či regionu [45].
Poskytovatel služeb řízení letového provozu (Air Traffic Service Provider – ATSP)	Komunikuje s ostatními účastníky letového provozu, poskytuje jim relevantní data týkající se především FIS a AFIS [45].
Terén a informace o něm	Geografické informace zahrnující například informace o zeměpisné šířce a délce, o nadmořské výšce a specifické zástavbě.
Počasí a informace o něm	Meteorologické informace vztahující se k zamýšlené trase letu, místu vzletu a místu přistání.
Bezpečnost budov a staveb	Informace o stavbách, výškových budovách, elektrárnách a jiné kritické infrastruktuře s cílem zajistit bezpečí těchto staveb a zamezit případným srážkám.
Soukromí a bezpečnost osob	Informace o obydlených budovách, výskytu osob a zajištění jejich bezpečí a dodržení zásad soukromí.

4.3. Identifikace vazeb systému a okolí

Mezi jednotlivými prvky existují logické, komunikační a datové vazby. Ty slouží ke komunikaci za účelem předání informací k zajištění bezpečnosti letového provozu. K předávání informací dochází jak uvnitř samotného systému, tak mezi jednotlivými prvky okolí. Vazby uvnitř systému jsou nazývány vnitřními a pro tuto práci není relevantní jejich podrobný přehled. Často také dochází ke komunikaci mezi vnějšími prvky, která nezahrnuje komunikaci směrem do systému. Ani těmito vazbami se tato práce nezabývá. Na obrázku (Obrázek 18) je znázorněn systém

dle popisu z tabulky (Tabulka 5) a z tabulky (Tabulka 6). Ve schématu systému jsou znázorněny vazby mezi jednotlivými prvky systému a okolí.



Obrázek 18 Schéma vazeb systému UTM a okolí systému, var. 1 [vlastní]

Schéma znázorňuje SWIM/CIS jako centrální sběrný bod, ve kterém se setkávají informace pilotovaného letového provozu a poskytovatelů U-space služeb. S ohledem na bezpečnost provozu je velmi důležité předávání informací o aktuální poloze a letovém kurzu v reálném čase. Pokud této podmínky nebude dosaženo, bude zapotřebí oba typy provozu oddělit.

Z obrázku (Obrázek 18) jsou patrné vazby systému a okolí. Jejich výčet je uveden v tabulce (Tabulka 7). Vnitřní vazby a vazby čistě mezi prvky okolí systému jsou z tohoto přehledu vynechány. Součástí výčtu je stručná identifikace přenášených informací, tedy stručný popis, k jaké komunikaci na dané vazbě dochází.

Tabulka 7 Popis vazeb systému a okolí

Odkud	Kam	Popis
CAA	UASO1, UASO2	Poskytnutí registrace, kontrola plnění legislativních požadavků pro provoz.
UASO1, UASO2	CAA	Žádost o registraci, doložení dokumentů ke kontrole.
Počasí	SWIM/CIS	Informace o aktuálním počasí, o jeho předpovědi.
Budovy a infrastruktura	SWIM/CIS	Informace o zástavbě, výškových budovách, významných stavbách.
Osoby	SWIM/CIS	Informace týkající se urbanistických oblastí, míst s vyšší koncentrací osob.
Terén	SWIM/CIS	Informace o reliéfu terénu, geografické informace z mapových podkladů.
ATM	SWIM/CIS	Informace o letovém provozu pilotovaných letadel, předkládaných letových plánech, sdílení NOTAMů.
SWIM/CIS	ATM	Informace o letovém provozu UAS, předkládaných letových plánech.
SWIM/CIS	ANSP	Údaje o polohách UAS a letových plánech.
SWIM/CIS	ATSP	Údaje o polohách UAS a letových plánech.
ANSP	SWIM/CIS	Informace o známém provozu v dané oblasti, daném státě či regionu.
ATSP	SWIM/CIS	Informace týkající se především FIS a AFIS, radionavigační služby.
CAA	SWIM/CIS	Přehled registrovaných UAS, sdílení legislativy.
SWIM/CIS	CAA	Kontrola identifikovaných UAS v provozu a dodržení platných nařízení.

Na základě předešlé tabulky (Tabulka 7) byla sestavena matice sousednosti prvků okolí a systému. V prvním sloupci jsou prvky, odkud vazby vychází. V dalších sloupcích jsou prvky, do

kterých vazby vstupují. Jak je z matice patrné. Nejvíce vazeb začíná a končí právě v centrálním prvku SWIM/CIS.

Tabulka 8 Matice sousednosti vazeb prvků systému a okolí

	CAA	UASO	Počasí	Budovy	Osoby	Terén	ATM	SWIM/CIS	ANSP	ATSP
CAA		1						1		
UASO	1									
Počasí								1		
Budovy								1		
Osoby								1		
Terén								1		
ATM								1		
SWIM/CIS	1						1		1	1
ANSP								1		
ATSP								1		

4.4. Zhodnocení vhodnosti daného řešení

Práce se dále zaměřuje na systém a jeho okolí bez rozlišení právě na prvky systému a prvky okolí. Následující tabulka (Tabulka 9) představuje matici sousednosti všech uvedených prvků.

Tabulka 9 Matice sousednosti

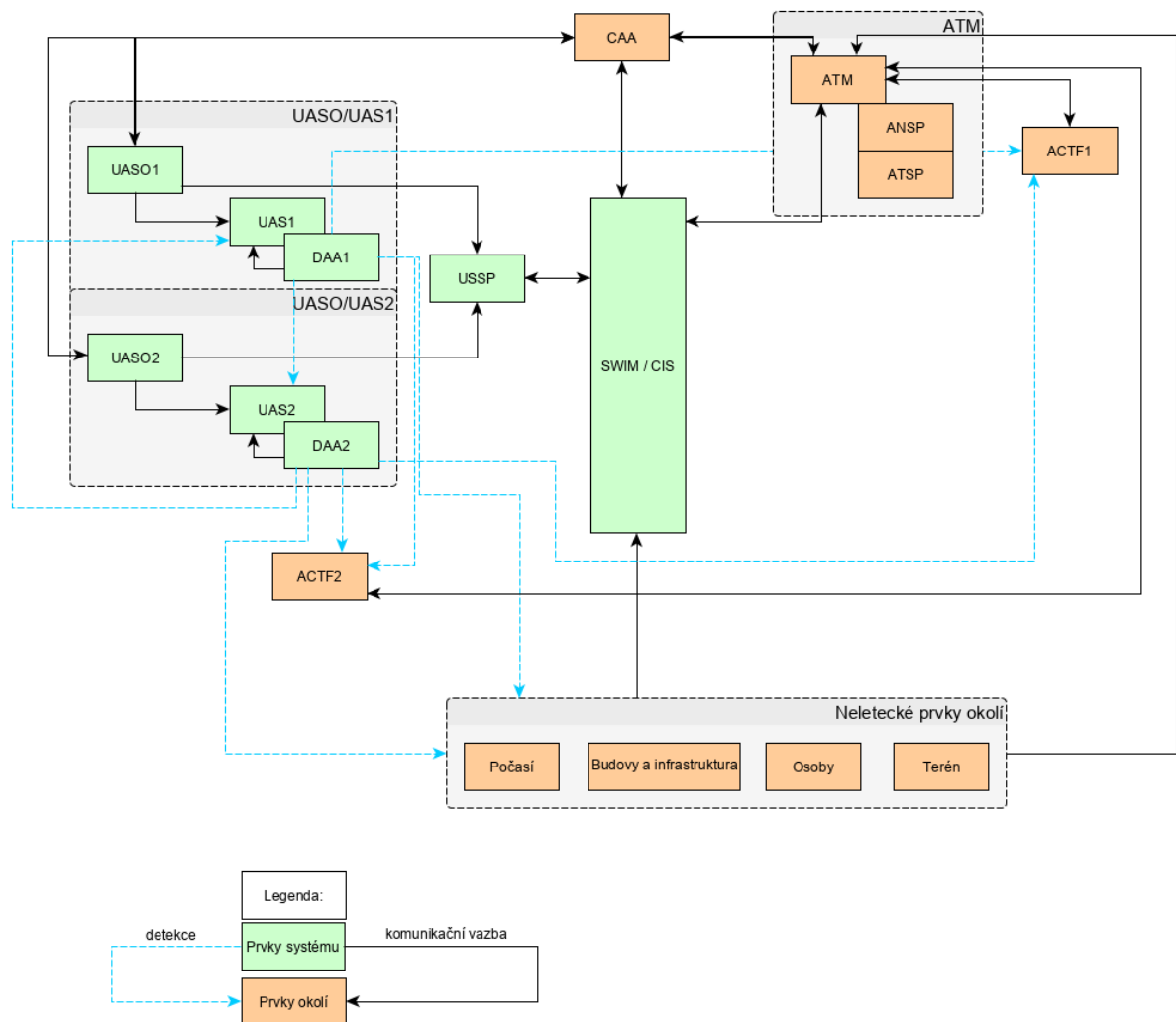
	CAA	UASO/UAS	Počasí	Budovy	Osoby	Terén	ATM	SWIM/CIS	ANSP	ATSP	USSP	ACFT
CAA		1					1	1				
UASO/UAS	1										1	
Počasí							1	1				
Budovy							1	1				
Osoby							1	1				
Terén							1	1				
ATM	1							1				1
SWIM/CIS	1						1		1	1	1	
ANSP								1				1
ATSP								1				1
USSP		1						1				
ACFT							1		1	1		

Nejvíce vazeb vychází z SWIM/CIS, celkem 4 vazby. Dále po 3 vazbách vychází z prvků CAA, ATM a ACFT. S ohledem na skutečnost, že ANSP a ATSP jsou podsystémy ATM, daly by se jejich vazby sloučit. Tím dojde ke snížení počtu vazeb vycházejících z ACFT, jelikož ty budou všechny směřovány přes ATM.

Nejvíce vazeb vstupuje do SWIM/CIS, celkem 9 vazeb. Dále 7 vazeb vstupuje do systému ATM. Po sloučení prvků ATM a sloučení prvků jako je počasí, budovy, osoby, terénní informace, je redukován počet vazeb směřujících do SWIM/CIS na 4 vazby a počet vazeb směřujících do ATM je také 4, jak je znázorněno v upravené tabulce (Tabulka 10) a na aktualizovaném schématu (Obrázek 19).

Tabulka 10 Matice sousednosti, upravená

	CAA	UASO/UAS	Neletecké prvky okolí	ATM	SWIM/CIS	USSP	ACFT
CAA		1		1	1		
UASO/UAS	1					1	
Neletecké prvky okolí				1	1		
ATM	1				1		1
SWIM/CIS	1			1		1	
USSP		1			1		
ACFT				1			



Obrázek 19 Schéma vazeb systému UTM a okolí systému, var. 2 [vlastní]

5. Identifikované překážky integrace

Tato kapitola stručně vyjmenovává možná rizika a oblasti k dalšímu řešení z několika různých pohledů. Zaměřuje se na překážky integrace z pohledu bezpečnosti a spolehlivost, z pohledu na zajištění soukromí osob, z pohledu legislativy a vývoje technologií.

5.1. Bezpečnost a spolehlivost

Na bezpečnost a spolehlivost je v letectví obecně kladen velký důraz. Jednou z velkých hrozeb je bezpečnost systému pro výměnu dat, tedy zajištění kybernetické bezpečnosti na úrovni komunikačních protokolů. Vazby na rozhraní identifikované v předchozí kapitole bez výjimky slouží k předávání informací. Informací o poloze, letovém kurzu, registraci, letových plánech atd. Zároveň uvnitř systému UTM dochází k výměně informací mezi jednotlivými USSP přes CIS. Je tedy zapotřebí sjednotit datové formáty a protokoly pro komunikaci obdobně jako tomu je v ATM. To zajistí i následnou kompatibilitu pro komunikaci mezi ATM a UTM.

Dalším velice důležitým bodem pro zajištění bezpečnosti je vyřešení registračních pravidel a kontrola splnění legislativních požadavků při vstupu konkrétního UAS do vzdušného prostoru. V rámci komerčního využití UAS a kompetitivního přístupu k jednotlivým USSP je zapotřebí upravit stávající postupy, aby byly dostatečně flexibilní, přesto však, aby bylo dosaženo maximální míry bezpečnosti provozu. Je potřeba zajistit stejnou úroveň kvality poskytovaných služeb jednotlivými poskytovateli a jednotné formáty datových výstupů.

Pro plnou integraci s pilotovaným provozem je také potřeba věnovat pozornost úpravě scénářů provozních postupů a to pro běžný provoz, pohotovostní stavy i nouzové situace. Provoz UAS, kdy není přítomna posádka na palubě, sice umožňuje využití v mnoha situacích, kdy by byla ohrožena bezpečnost osob na palubě letadla, zároveň ale klade zvýšený důraz na spolehlivost použitých technologií. Stejně tak je potřeba vzít v úvahu stávající pravidla letu a vertikálních a horizontálních rozstupů mezi letadly. Pro jejich dodržení ze strany UAS je potřeba bezpečných detekčních systémů.

5.2. Soukromí osob

Bezpilotní systémy, které nebudou určeny k přepravě osob, ale například k přepravě zboží nebo průzkumným akcím, budou vybaveny detekčními systémy a kamerami. V souladu s nařízením Evropské komise o ochraně osobních údajů je zapotřebí zajistit, aby nedocházelo k uchovávání citlivých záznamů, které by bylo možné tímto způsobem pořídit. Obdobně jako z pohledu bezpečnosti je i zde kladen důraz na kybernetickou bezpečnost a zajištění ochrany proti protiprávním činům a možnému zneužití UAS a přenášených dat.

5.3. Legislativa

Z pohledu legislativy je potřeba upravit klasifikaci vzdušného prostoru, stanovit certifikační kategorie UAS, zajistit osvědčení pro poskytovatele U-space služeb, postupy pro jejich registraci a ověřování. Jednotnou cestou pro distribuci i ověřování platných legislativních nařízení pak bude CIS, přičemž je potřeba zajistit neustálou kontrolu přijatých a odeslaných informací a jejich aktuálnost. Pro potřeby vyšetřování případných incidentů a nehod je zapotřebí zajistit záznamy a uchování dat jako je tomu v rámci ATC, stanovit kdo za tato data bude odpovědný a připravit právní podklady pro vydání oprávnění přístupu k těmto datům.

5.4. Technologie

Z technologického pohledu je potřeba nastavit bezpečný systém pro výměnu dat, zajištění kybernetické bezpečnosti i minimální požadavky na poskytované informace pro bezpečný provoz UTM. Dále je zapotřebí vyvinout systém pro komunikaci UAS s piloty letadel s posádkou stejně tak, jako systém pro komunikaci s ATC. Pro UAS je zapotřebí vyvinout technologie poskytující přesné informace o pozici, nadmořské výšce, čase pro zajištění přesné navigace. Zároveň je možné, že pro UAS bude zapotřebí vyvinout nové komunikační, navigační a přehledové systémy (CNS – Communication, navigation, surveillance systems). Technologický vývoj jde v posledních letech neustále kupředu. Pro zajištění plné a bezpečné integrace však v současnou chvíli nejsou technologie vyvinuty dostatečně a bude zapotřebí ještě mnoha testů a pokusů.

6. Závěr

Bezpilotní systémy v současné době zažívají obrovský rozmach díky své cenové dostupnosti na trhu i díky novým obchodním příležitostem, které nabízejí. Světové společnosti je chtějí využívat k velmi rozmanitému množství úkonů. Od doručování zásilek, přes využití při inspekci technologických sítí a infrastruktury, přes využití ve zdravotnictví (rychlá přeprava orgánů nebo průzkum na místě dopravní nehody), využití pro pátrání a záchranu, kde by nasazení těchto UAS mohlo znamenat zvážení efektivnosti na těžko dostupných místech až po přepravu osob. Toto zvýšení poptávky po provozu UAS vyžaduje nastavení nových pravidel provozu a zajištění bezpečnostních rizik, která z takového provozu vyplývají.

Úvodní část práce se zabývá popisem současné podoby řízení letového provozu, aby čtenáři byl poskytnut ucelený pohled na problematiku. Řízení letového provozu letadel s posádkou na palubě je velice komplexní systém, který bere ohledy na lidský faktor a pracuje s jeho omezeními. Se vzrůstajícím počtem uživatelů UAS však vzniká potřeba stanovit nová pravidla pro využívání vzdušného prostoru a komunikaci mezi jednotlivými účastníky letového provozu.

V další části práce jsou rozebrány stěžejní dokumenty harmonizace provozu. Toto téma je řešeno na globální úrovni a je tedy patrné, že se jedná o téma velmi aktuální. Tento rozbor přinesl několik zjištění. Téma systému řízení letového provozu bezpilotních prostředků je velmi široké. Hlavním aspektem společným všem organizacím, které se touto problematikou zabývají, je bezpečnost. Ostatně je to jedno z hesel v letectví obecně. V současné době existují roadmapy týkající se postupné integrace, ve většině případů ale vše závisí na rychlosti a úspěšnosti technologického vývoje.

Na základě rozboru jednotlivých konceptů integrace provozu UAS jsou v práci popsány jednotlivé prvky systému a okolí, zpracováno grafické schéma včetně naznačení vazeb pro komunikaci mezi jednotlivými prvky. Zvolený návrh staví UTM a ATM na stejnou úroveň, přičemž pro bezpilotní systémy budou zaváděny specifické služby, které se nedotknou konvenčních letadel. Tyto služby budou mezi UAS distribuovány komerčními poskytovateli USSP, kteří budou neustále propojeni do systému SWIM/CIS. Velký důraz by měl být kladen na bezpečnost, spolehlivost a jednoznačnost těchto předávaných informací.

V závěru práce je uveden stručný souhrn identifikovaných překážek integrace z pohledu bezpečnosti a spolehlivosti, legislativy a soukromí osob a technologického vývoje. Společným jmenovatelem celého systému je přenos informací a zajištění bezpečnosti přenášených dat, jejich předání v reálném čase a správnému cíli.

Není pochyb, že technologický vývoj bezpilotních systémů bude nadále pokračovat a počet prostředků v této kategorii bude dále narůstat.

Seznam použité literatury

- [1] Řízení letového provozu ČR, s.p. ŘLP ČR, Naše služby [online]. Jeneč, 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/sluzby/nase/Stranky/default.aspx>
- [2] Úřad pro civilní letectví: Letecký předpis L 11 - Letové provozní služby. Letecká informační služba [online]. Řízení letového provozu ČR, 27. 02. 2000 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-11/data/print/L11_cely.pdf
- [3] Úřad pro civilní letectví: Letecký předpis L 2 - Pravidla létání. Letecká informační služba [online]. Řízení letového provozu ČR, 04. 12. 2014 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [4] Úřad pro civilní letectví: Letecký předpis L 15 - O letecké informační službě [online]. Řízení letového provozu, 2018 [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [5] Postupy pro letové provozní služby, Uspořádání letového provozu: L 4444 [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2011 [cit. 2020-01-29]. Publikace Letecké informační služby. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [6] Úřad pro civilní letectví: Předpis L 7030 - Evropské (EUR) regionální doplňkové postupy [online]. Praha: Ministerstvo dopravy, 1.10.2008 [cit. 2019-07-02]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L7030/index.htm>
- [7] Letecká informační příručka ČR: AIP ČR [online]. Praha: Letecká informační služba, 2016 [cit. 2019-06-25]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e1-9.pdf
- [8] Řízení letového provozu ČR, s.p. ŘLP ČR: Civilně - vojenská integrace řízení letového provozu v České republice úspěšně dokončena. Řízení letového provozu ČR, s.p. ŘLP ČR [online]. Jeneč [cit. 2020-07-23]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/spolecnost/tisk/aktuality/Stranky/civiln%C4%9B-vojensk%C3%A1-integrace.aspx>
- [9] Řízení letového provozu ČR, s.p. ŘLP ČR: Historie [online]. 2019 [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/spolecnost/profil/Stranky/historie.aspx>
- [10] Výukové materiály Ing. Ladislava Capouška, Ph.D.
- [11] Letecká amatérská asociace ČR: Vertikální rozdělení vzdušného prostoru. Letecká amatérská asociace ČR [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-08-13]. Dostupné z: <http://www.laacr.cz/stranky/provozni-informace/mapa-rozdeleni-vzdusneho-prostoru-cr.aspx>

- [12] Letecká amatérská asociace ČR: Mapa spodního vzdušného prostoru ČR. Letecká amatérská asociace ČR [online]. Praha, 2018, 29. 03. 2018 [cit. 2019-08-13]. Dostupné z: <http://www.laacr.cz/stranky/provozni-informace/mapa-rozdeleni-vzdušneho-prostoru-cr.aspx>
- [13] ICAO: Air Traffic Management (ATM). ICAO [online]. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization [cit. 2019-08-13]. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/air-navigation/Pages/atm.aspx>
- [14] AIM, Řízení letového provozu ČR, s.p.[online]. Praha, 2019 [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/?lang=cz&p=o-nas>
- [15] ICAO: Aeronautical Information Management [online]. [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/information-management/Pages/default.aspx>
- [16] EUROCONTROL: Aeronautical Information Management [online]. [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/concept/aeronautical-information-management>
- [17] GEN-6 LETOVÉ PROVOZNÍ SLUŽBY (ATS): VFR manuál. Řízení letového provozu ČR, s.p.: AIM [online]. 28. 02. 2019 [cit. 2019-08-14]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfr-manual/actual/gen_6_cz.html
- [18] SOLDÁN, Vladimír a Luboš JANKO. Uspořádání toku letového provozu - ATFM [online]. duben 2018 [cit. 2019-07-09]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/50_2018/Soldan.pdf
- [19] EUROCONTROL: Network Manager. EUROCONTROL [online]. 2019 [cit. 2019-08-15]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/network-manager>
- [20] ŽIHLA, Zdeněk, Jana FERENCOVÁ a Vladimír SOLDÁN. Letecké služby. V Praze: Vysoká škola obchodní, 2017. ISBN 978-80-86841-60-1.
- [21] Směrnice ÚCL č. 237: Postupy pro plnění požadavků ATFM. In: Úřad pro civilní letectví [online]. Praha 6, 6. 2. 2018 [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/06/F-sm%C4%9Brnice-%C3%9ACL-237-zm%C4%9Bna-%C4%8D-3.pdf>
- [22] Všeobecná pravidla a postupy: AIP ENR 1.1–1 [online]. In: Letová informační služba, 28. 02. 2019 [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e1-1.pdf

- [23] UTM - a Common Framework with Core Principles for Global Harmonization [online]. In: . Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization [cit. 2019-08-28]. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/UA/Documents/UTM-Framework.en.alltext.pdf>
- [24] SEKYROVÁ, Kateřina. Bezpečnostní aspekty provozu UAV v okolí řízených letišť: diplomová práce. 21. 06. 2018. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2018. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/77612>
- [25] See and Avoid. SKYbrary [online]. 07. 07. 2017 [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/See_and_Avoid
- [26] European aviation in 2040 - Challenges of Growth summary report. In: *EUROCONTROL* [online]. Brusel, 2018, 02. 10. 2018 [cit. 2019-08-31]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/publication/challenges-growth-2018>
- [27] SESAR Joint Undertaking: U-Space Blueprint [online]. Brusel, 2017 [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20Blueprint%20brochure%20final.PDF>
- [28] Prováděcí nařízení komise o pravidlech a postupech pro provoz bezpilotních letadel. In: EASA [online]. 11. 6. 2019 [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN>
- [29] Nařízení Evropské komise o bezpilotních systémech a o provozovateli bezpilotních systémů ze třetích zemí. In: EASA [online]. 11. 6 2019 [cit. 2019-08-20]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=EN>
- [30] About ICAO. *International Civil Aviation Organization* [online]. Montreal [cit. 2019-11-13]. Dostupné z: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
- [31] A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization. *International Civil Aviation Organization* [online]. Montreal [cit. 2019-11-13]. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/UA/Documents/UTM-Framework%20Edition%202.pdf>
- [32] *National Aeronautics and Space Administration: NASA History Overview* [online]. Washington, USA, 2018 [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/nasa-history-overview>
- [33] NASA, Uber to Explore Safety, Efficiency of Future Urban Airspace. *NASA* [online]. Washington, USA, 2018, 8. 5. 2018 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-uber-to-explore-safety-efficiency-of-future-urban-airspace>

- [34] Taking Air Travel to the Streets, or Just Above Them. *NASA* [online]. Washington, USA, 2018, 7. 5. 2018 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/aero/taking-air-travel-to-the-streets-or-just-above-them>
- [35] NASA Tests Urban Drone Traffic Management in Nevada, Texas. *NASA* [online]. Washington, USA, 2019, 19. 2. 2019 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-tests-urban-drone-traffic-management-in-nevada-texas>
- [36] What is Unmanned Aircraft Systems Traffic Management? *NASA* [online]. Washington, USA, 2019, 3. 5. 2019 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/ames/utm>
- [37] PREVOT, Thomas, Joseph RIOS, Parimal KOPARDEKAR, John E. ROBINSON III, Marcus JOHNSON a Jaewoo JUNG. UAS Traffic Management (UTM) Concept of Operations to Safely Enable Low Altitude Flight Operations. 16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference [online]. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2016, 2016-06-13, , - [cit. 2019-11-26]. DOI: 10.2514/6.2016-3292. ISBN 978-1-62410-440-4. Dostupné z: <http://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2016-3292>
- [38] EASA, CIVIL AVIATION AUTHORITY a MINISTRY OF INFRASTRUCTURE AND CONSTRUCTION, POLAND. WARSAW DECLARATION: Drones as a leverage for jobs and new business opportunities [online]. Varšava, Polsko, 24. 11. 2016 [cit. 2019-08-05]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/drones-warsaw-declaration.pdf>
- [39] SESAR JU. Solving big challenges in small packets: SESAR project makes progress on U-space information management [online]. 27. 5. 2019 [cit. 2019-08-05]. Dostupné z: <https://www.sesarju.eu/news/solving-big-challenges-small-packets-sesar-project-makes-progress-u-space-information>
- [40] European ATM Master Plan: Roadmap for the safe integration of drones into all classes of airspace [online]. In: . SESAR Joint Undertaking, 19. 3. 2018 [cit. 2019-08-21]. Dostupné z: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/European%20ATM%20Master%20Plan%20Drone%20roadmap.pdf>
- [41] About us |EUROCONTROL. EUROCONTROL [online]. [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/about-us>
- [42] EASA: The agency. EASA [online]. Brusel: easa.europa.eu, 2019 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/the-agency/the-agency>

- [43] UAS ATM Integration: Operational Concept [online]. Brusel: EUROCONTROL, 2018 [cit. 2019-11-27]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/uas-atm-integration-operational-concept-v1.0-release%2020181128.pdf>
- [44] UTM: Air Traffic Management for Low-Altitude Drones. In: NASA [online]. Washington, USA: NASA, 2015, 11. 5. 2015 [cit. 2019-11-24]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/utm-factsheet-11-05-15.pdf>
- [45] KLE CZATSKÝ, Adam, Šárka HULÍNSKÁ a Jakub KRAUS. The Role of CIS in the U-space Environment. Magazine of Aviation Development [online]. Czech Technical University in Prague Faculty of Transportation Sciences Department of Air Transport, 2020, 8(2):6-10, 2020 [cit. 2020-08-05]. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.14311/MAD.2020.02.01](https://doi.org/10.14311/MAD.2020.02.01). ISSN 1805-7578. Dostupné z: <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/mad/article/view/6628>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Vertikální rozdělení vzdušného prostoru ČR [11]	19
Obrázek 2 Schéma řízení a uspořádání letového provozu (ATM) [vlastní]	21
Obrázek 3 Rozložení vzdušných prostorů ATS pro ČR dle stanovišť pro VFR lety [17]	24
Obrázek 4 Struktura systémů NMOC a datových toků – schéma [21]	27
Obrázek 5 Scénáře vývoje růstu v letectví v závislosti na globalizaci a adaptabilitě Evropy [26].....	31
Obrázek 6 Architektura UTM, jedna z možností [31]	38
Obrázek 7 Grafické zpracování letecké dopravy v obydlených oblastech [33]	39
Obrázek 8 Návrh UTM architektury a toku informací dle NASA [37]	41
Obrázek 9 Detail UTM architektury [37]	42
Obrázek 10 Ilustrace některých U-space služeb [39]	43
Obrázek 11 Blokované schéma komunikačních toků v konceptu U-space [vlastní dle [27]]	46
Obrázek 12 Evoluce integrace U-space a RPAS [40]	47
Obrázek 13 U-Space služby podle jednotlivých fází [vlastní]	48
Obrázek 14 Diagram postupu jednotlivých fází RPAS a U-space [40]	49
Obrázek 15 Regulační cyklus [40]	50
Obrázek 16 Pravidla letu – kategorie [43]	51
Obrázek 17 Časový harmonogram zavádění UAS [43]	52
Obrázek 18 Schéma vazeb systému UTM a okolí systému, var. 1 [vlastní]	58
Obrázek 19 Schéma vazeb systému UTM a okolí systému, var. 2 [vlastní]	62

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vzdušné prostory Letové provozní služby - poskytované služby a požadavky [vlastní dle[2]]	16
Tabulka 2 Vertikální členění UAS vzdušného prostoru [vlastní dle [24]]	32
Tabulka 3 Klíčové dokumenty vydané k problematice bezpilotních prostředků [vlastní dle [24]].....	33
Tabulka 4 Matice průniku prvků systému a okolí a využití v jednotlivých konceptech	55
Tabulka 5 Systém UTM - popis prvků systému.....	56
Tabulka 6 Systém UTM - popis prvků okolí	57
Tabulka 7 Popis vazeb systému a okolí	59
Tabulka 8 Matice sousednosti vazeb prvků systému a okolí.....	60
Tabulka 9 Matice sousednosti	61
Tabulka 10 Matice sousednosti, upravená.....	62