

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ



**PROVOZOVÁNÍ BEZPILOTNÍCH SYSTÉMŮ PODLE
STANDARDNÍCH SCÉNÁŘŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VÍT VOLNÝ

2021



K621 **Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Vít Volný

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Provozování bezpilotních systémů podle
standardních scénářů**

Název tématu (anglicky): Operation of Unmanned Aircraft Systems according to the
Standard Scenarios

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je zhodnotit prostor pro tvorbu standardních scénářů pro specifickou kategorii provozu bezpilotních systémů. Toho bude dosaženo pomocí určení rozhraní otevřené a specifické kategorie a provozu s úrovní rizika odpovídající maximální hodnotě akceptovatelné pro standardní scénář.
- Popište základní kategorie provozu bezpilotních systémů se zaměřením na specifickou kategorii
- Charakterizujte standardní scénáře obecně, také včetně již existujících
- Zhodnoťte prostor pro tvorbu nových standardních scénářů
- Navrhněte možné scénáře pro doplnění současných

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: EASA: Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulations (EU) 2019/947 and (EU) 2019/945)
EASA: Opinion 01/2020 High-level regulatory framework for the U-space

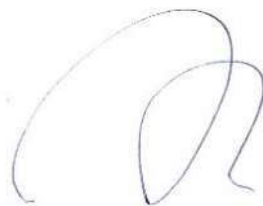
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.**
Ing. Šárka Hulínská

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2020**
(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: **9. srpna 2021**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Vít Volný
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 9. října 2020

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je definování prostoru pro tvorbu standardních scénářů. První část práce popisuje kategorie provozu UAS včetně zařazení standardních scénářů do jedné z těchto kategorií. Následující část se věnuje nalezení hranic prostoru, ve kterém je možné tyto scénáře vytvořit. Toho bylo dosaženo stanovením maximální akceptovatelné úrovně rizika pro provoz na základě prohlášení. V závěru práce bylo navrženo několik nových standardních scénářů.

Klíčová slova

standardní scénář, UAS, provoz UAS, SORA, bezpečnost, riziko

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to define a space for creating standard scenarios. The first part of the thesis describes the categories of UAS operation, including the inclusion of standard scenarios in one of these categories. The following part focuses on the border in which it is possible to create these scenarios. This border was determined by setting a maximum acceptable level of risk for the operation based on declaration. At the end of the thesis, several new standard scenarios were proposed.

Keywords

standard scenario, UAS, UAS operation, SORA, safety, risk

Obsah

Seznam použitých zkratk	5
1 Úvod	6
2 Kategorie provozu bezpilotních systémů	8
2.1 Otevřená kategorie	8
2.1.1 Podkategorie A1	8
2.1.2 Podkategorie A2	9
2.1.3 Podkategorie A3	9
2.2 Specifická kategorie	9
2.2.1 Oprávnění k provozu	10
2.2.2 Prohlášení o provozu	15
2.2.3 Osvědčení provozovatele lehkých UAS	15
2.3 Certifikovaná kategorie	15
3 Standardní scénář	17
3.1 STS-01	18
3.2 STS-02	20
4 Zhodnocení prostoru pro tvorbu nových standardních scénářů	23
5 Tvorba nových standardních scénářů	33
5.1 Posouzení rizika na zemi	34
5.2 Posouzení rizika ve vzduchu	36
5.3 Návrh nových standardních scénářů	37
6 Závěr	41
Použité zdroje	43
Seznam tabulek	44
Seznam příloh	45

Seznam použitých zkratek

AO	Airspace Observer	Pozorovatel vzdušného provozu
ARC	Air Risk Class	Třída rizika ve vzduchu
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight	Mimo vizuální dohled
ConOps	Concept of Operations	Provozní koncepce
EASA	European Union Aviation Safety Agency	Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví
ERP	Emergency Response Plan	Pohotovostní plán
EU	European Union	Evropská unie
GRC	Ground Risk Class	Třída rizika na zemi
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems	Sdružení úřadů pro předpisovou činnost v oblasti bezpilotních systémů
LUC	Light UAS Operator Certificate	Osvědčení provozovatele lehkých UAS
MTOM	Maximum Takeoff Mass	Maximální vzletová hmotnost
OSO	Operational Safety Objective	Cíl provozní bezpečnosti
PDRA	Predefined Risk Assessment	Předdefinované posouzení rizika
SAIL	Specific Assurance and Integrity Level	Specifická úroveň zabezpečení a integrity
SORA	Specific Operations Risk Assessment	Posouzení rizika specifické kategorie provozu
TMPR	Tactical Mitigation Performance Requirement	Požadavky na výkonnost taktických zmírnění
VLOS	Visual Line of Sight	vizuální dohled
UAS	Unmanned Aircraft System	Bezpilotní systém
ÚCL	Civil Aviation Authority	Úřad pro civilní letectví

1 Úvod

Bezpilotní systémy se stávají čím dál tím populárnějšími a jejich počet neustále roste. Pro jejich dostupnost a přijatelnou cenu jsou širokou veřejností využívány například k natáčení a pořizování amatérských snímků z ptačí perspektivy. Technicky pokročilejší typy UAS mohou být vybaveny například termovizí, kamerou pro noční vidění nebo hasícím zařízením k využití záchrannými složkami nebo ke kontrole technického stavu budov. Do budoucna se dokonce předpokládá, že bude možné využít UAS k přepravě lidí. S rostoucím počtem UAS však narůstá i riziko spojené s jejich provozem. Z tohoto důvodu vzešla potřeba sjednotit pravidla týkající se jejich provozu, aby bylo možné toto riziko udržet v akceptovatelných mezích. S účinností od 31. 12. 2021 vyšlo v platnost Nařízení EU 2019/947 „v platném znění“ [4], které tato pravidla sjednocuje. Základním principem tohoto nařízení je rozdělení provozu UAS do tří kategorií na základě rizika, které pro své okolí představuje. Jedná se o otevřenou, specifickou a certifikovanou kategorii provozu. Po zařazení provozu do příslušné kategorie jsou následně definované provozní podmínky, které musí provozovatel dodržovat, aby zajistil dostatečnou úroveň bezpečnosti svého provozu.

Součástí specifické kategorie jsou i takzvané standardní scénáře. Tyto scénáře slouží ke zjednodušení provozu UAS v kategorii, která představuje střední provozní riziko a vyžaduje jinak složitý proces ke schválení provozu. Provozovatel má možnost tento scénář využít a vyhnout se nejen samotnému posouzení rizik, který plánovaný provoz představuje, ale také zdlouhavému procesu vyhodnocení tohoto posouzení příslušným leteckým úřadem. Nové nařízení nabízí pouze dva standardní scénáře, které nemusí vždy vyhovovat potřebám provozovatele vzhledem k jejich limitujícím provozním omezením. V některých členských zemích Evropské unie aplikují příslušné letecké úřady metody posouzení rizik pro specifickou kategorii k tvorbě tzv. národních standardních scénářů. Tyto scénáře jsou platné pouze v těchto zemích s předpokladem, že některé z nich plně nahradí standardní scénáře definované v Evropskou unii. Například Italský národní úřad pro civilní letectví vydal 15. 10. 2020 v platnost dva standardní scénáře IT-STS-01 a IT-STS-02. Švýcarský federální úřad pro civilní letectví naopak uvádí pět národních standardních scénářů, které však mají být v budoucnu plně nahrazeny těmi, které bude uznávat Evropská unie [6] [7].

Motivací pro vypracování této bakalářské práce byla implementace Nařízení EU 2019/947 a sjednocení pravidel pro provoz UAS. Nové nařízení přineslo typ provozu UAS v podobě standardních scénářů, které představují velký potenciál pro provoz ve specifické kategorii, ale pro jejichž tvorbu nebyly přesně definované podmínky.

Cílem práce je zhodnotit prostor pro tvorbu standardních scénářů pro specifickou kategorii provozu bezpilotních systémů.

Celá tato práce vychází z Nařízení EU 2019/947, z doplňujícího Nařízení EU 2019/945 a z poradenského materiálu k těmto nařízením vytvořeného Agenturou Evropské unie pro bezpečnost letectví [2] [3] [4].

2 Kategorie provozu bezpilotních systémů

Evropská Unie (EU – European Union) rozdělila provoz bezpilotních systémů (UAS – Unmanned Aircraft System) do tří kategorií: otevřené, specifické a certifikované. Toto rozdělení je založeno na míře rizika, který daný provoz představuje pro své okolí. Míra rizika závisí především na rozměrech UAS, na prostředí, ve kterém je UAS provozován a na kvalifikaci provozovatele a dálkově řídicího pilota (dále jen pilota). Provoz, který představuje malé provozní riziko spadá do otevřené kategorie, zatímco provoz, který je z hlediska bezpečnosti rizikovější vyžaduje určitá opatření ke zmírnění rizik spojených s daným provozem. Specifická kategorie vyžaduje zohlednění rizik na zemi a ve vzduchu a následné navržení zmírňujících opatření k minimalizaci těchto rizik. Certifikovaná kategorie vyžaduje k dosažení maximální bezpečnosti certifikaci všech prvků zamýšleného provozu od samotné výroby UAS přes schválení provozovatele až po výcvik pilota. Pravidla pro provoz v jednotlivých kategoriích definuje Nařízení EU 2019/947.

2.1 Otevřená kategorie

Otevřená kategorie zahrnuje UAS, které jsou provozovány s nízkým provozním rizikem, a proto nepodléhají potřebě certifikace, ani povolení příslušným úřadem nebo prohlášení o provozu. Z tohoto důvodu je provozování UAS v otevřené kategorii relativně jednoduché. Tato kategorie se dále dělí na tři podkategorie A1, A2 a A3, na základě provozních omezení, požadavků na pilota a technických požadavků na UAS.

Aby bylo možné provozovat UAS v otevřené kategorii bez ohledu na podkategorii ve které je provozován, musí být splněny všechny následující podmínky. Provozovatel musí být zaregistrován na stránkách příslušného úřadu členského státu s výjimkou provozovatele, jehož UAS má maximální vzletovou hmotnost (MTOM – Maximum Takeoff Mass) do 250 gramů a nemá kameru anebo ho lze označit jako hračku. Pilot musí být obeznámen s pokyny výrobce poskytnutými výrobcem UAS a musí být starší 16 let. Dále musí absolvovat online výcvik a složit online zkoušku, čímž prokáže dostatečné znalosti k zajištění bezpečného provozu. UAS musí být provozován ve vizuálním dohledu (VLOS – Visual Line of Sight), do výšky 120 m od nejbližšího bodu terénu a nesmí přesáhnout MTOM 25 kg a maximální rozpětí 3 m.

2.1.1 Podkategorie A1

Podkategorie A1 je určena pro provoz UAS třídy C0 a C1, pro soukromě zhotovené UAS s MTOM do 250 g a pro UAS bez uvedené třídy s MTOM do 500 g, jejichž rychlost nepřesáhne

19 m/s. Parametry UAS pro jednotlivé třídy definuje Nařízení EU 2019/945 „v platném znění“ [3].

Do třídy C0 patří UAS s MTOM nižší než 250 g. Provozovatel nemusí být zaregistrován pouze v případě, že jeho UAS spadá do jedné z výjimek uvedených v předešlé podkapitole. Za těchto okolností není stanovena ani věková hranice pilota. Pilot UAS třídy C0 nemusí absolvovat online výcvik ani skládat online zkoušku. Stejně povinnosti platí pro provozovatele a pilota soukromě zhotovených systémů. UAS může létat nad osobami nezapojenými do provozu, ale nesmí létat nad shromážděním osob.

Do třídy C1 patří UAS s MTOM nižší než 900 g. UAS nesmí létat nad shromážděním osob a pilot by se měl před letem ujistit, že nepoletí nad osobami nezapojenými do provozu. Pro soukromě zhotovené a neoznačené UAS platí stejná provozní omezení.

2.1.2 Podkategorie A2

Podkategorie A2 je určena pouze pro provoz UAS třídy C2, která zahrnuje systémy s MTOM do 4 kg. Pilot, mimo obeznámení se s pokyny výrobce poskytnutými výrobcem UAS a dosažením věkové hranice 16 ti let, musí být držitelem osvědčení o způsobilosti dálkově řídicího pilota vydaného příslušným úřadem členského státu (v České Republice ÚCL – Úřad pro civilní letectví). Toto osvědčení se vydává na základě absolvování online výcviku, složení online zkoušky, absolvování praktického výcviku a složení dodatečné písemné zkoušky. UAS nesmí létat nad nezapojenými osobami a musí udržovat minimální horizontální vzdálenost 30 m od těchto osob. V případě zapnuté funkce nízko rychlostního režimu je tato vzdálenost zkrácena na 5 m.

2.1.3 Podkategorie A3

Podkategorie A3 je určena pro provoz UAS třídy C2, C3 a C4 a soukromě zhotovených UAS do 25 kg. Let v této podkategorii musí být prováděn minimálně 150 m od zastavěných oblastí a pilot by se měl před letem ujistit, že nepoletí nad osobami nezapojenými do provozu. Na rozdíl od provozu v podkategorii A2 se zde nepředpokládá, že bude významná část letu uskutečněna v blízkosti osob.

2.2 Specifická kategorie

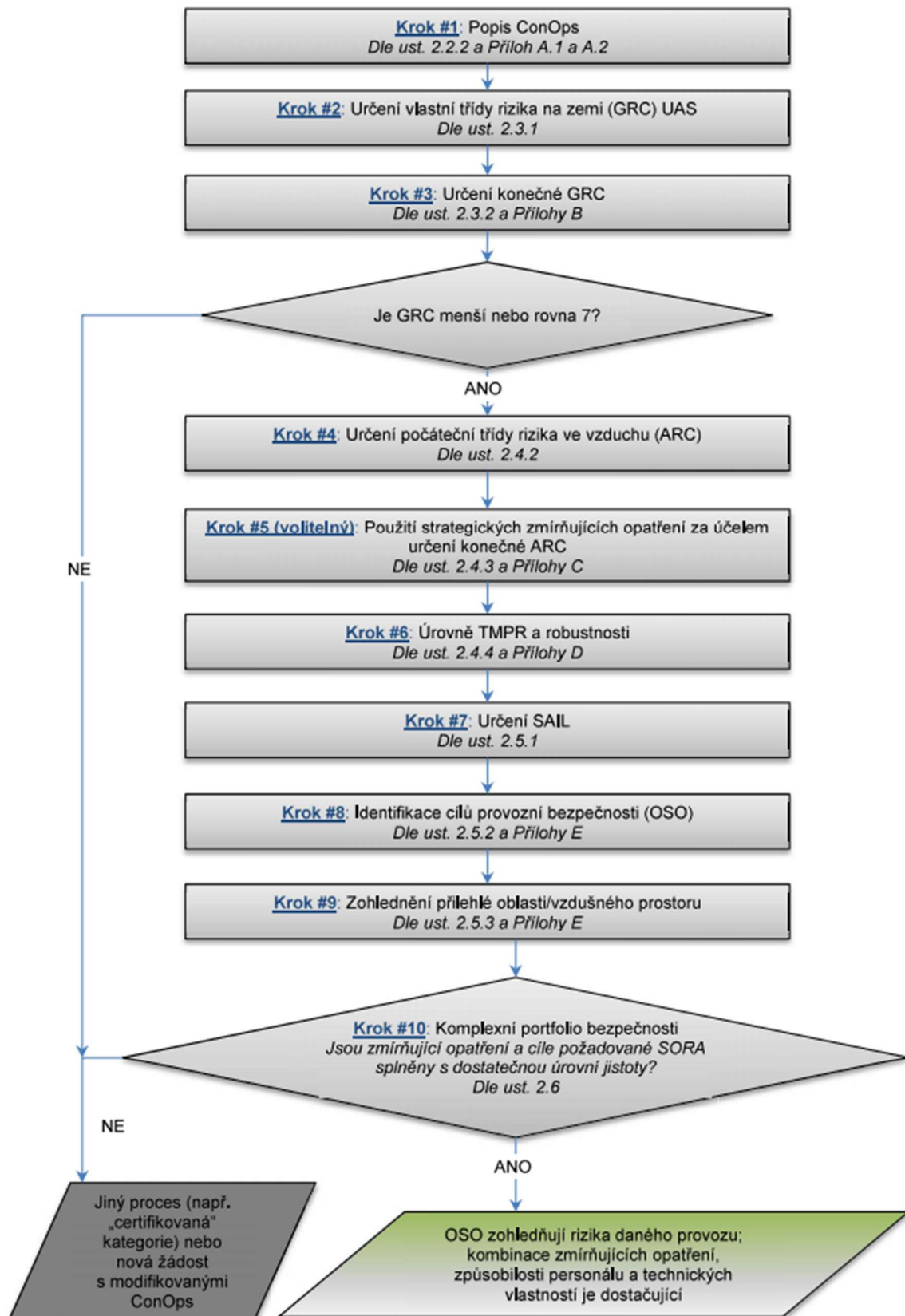
Jestliže provoz UAS zasahuje nad rámec alespoň jednoho z definovaných provozních omezení otevřené kategorie (není provozován ve VLOS, let zasahuje do výšky nad 120 m od nejbližšího bodu terénu, je překročena hodnota MTOM nebo je UAS provozován v obydlených oblastech), spadá provoz do specifické kategorie.

UAS jsou v této kategorii provozovány v rámci středního provozního rizika. S ohledem na rizika spojená s tímto provozem je před uskutečněním provozu vyžadováno povolení příslušného úřadu členského státu. Provoz je možný také na základě prohlášení o provozu nebo v případě, že je provozovatel UAS držitelem osvědčení provozovatele lehkých UAS (LUC – Light UAS Operator Certificate).

2.2.1 Oprávnění k provozu

Provozovatel může získat oprávnění k provozu od příslušného úřadu členského státu za podmínek, že spolu s žádostí předloží vypracované posouzení provozních rizik. Posouzení má za úkol zhodnotit rizika zamýšleného provozu na zemi a ve vzduchu a definovat zmírňující opatření tak, aby byl provoz prováděn s přijatelnou úrovní rizika. Příslušný úřad vyhodnotí, zda je kombinace zmírňujících opatření, způsobilosti zapojeného personálu a technických vlastností UAS schopna zachovat bezpečný provoz s ohledem na zjištěná rizika na zemi i ve vzduchu. Na základě tohoto vyhodnocení úřad rozhodne, zda oprávnění k provozu vydá nebo žádost zamítne.

Jedním z možných způsobů posouzení provozních rizik je využití metody posouzení rizika specifické kategorie provozu (SORA – Specific Operations Risk Assessment). SORA je proces posouzení rizik zaměřený na analýzu rizik spojených s provozem UAS ve specifické kategorii. Tato metoda posouzení rizik byla vytvořena sdružením úřadů pro předpisovou činnost v oblasti bezpilotních systémů (JARUS – Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) a poskytuje náhled na to, jak bezpečně vytvářet, hodnotit a provádět provoz UAS. SORA poskytuje metodiku, která umožňuje provozovateli UAS a příslušnému úřadu zhodnotit, zda je možné provádět provoz UAS bezpečným způsobem. Jak již bylo zmíněno, hlavním cílem posouzení rizik je zhodnotit rizika provozu na zemi a ve vzduchu a navrhnout zmírňující opatření tak, aby byl provoz prováděn s přijatelnou úrovní rizika. Proces SORA umožňuje dosažení tohoto cíle v deseti krocích. Postup a sled těchto kroků je schematicky zobrazen na Obrázku 1.



Obrázek 1 - Proces SORA v deseti krocích [2]

První krok vyžaduje popis zamýšleného provozu UAS tzv. popis provozní koncepce (ConOps – Concept of Operations). Tento popis by měl obsahovat detailní informace o zamýšleném provozu včetně technického popisu zvoleného UAS. Tyto informace jsou základem pro všechny následující kroky procesu.

Druhý krok je určení vlastní třídy rizika na zemi (GRC – Ground Risk Class) neboli rizika, že bude osoba zasažena UAS v případě ztráty kontroly nad řízením. Hodnotu GRC lze získat z Tabulky 1 pokud máme definované rozměry UAS a známe typ zamýšleného provozu.

Tabulka 1 - Určení vlastní GRC [2]

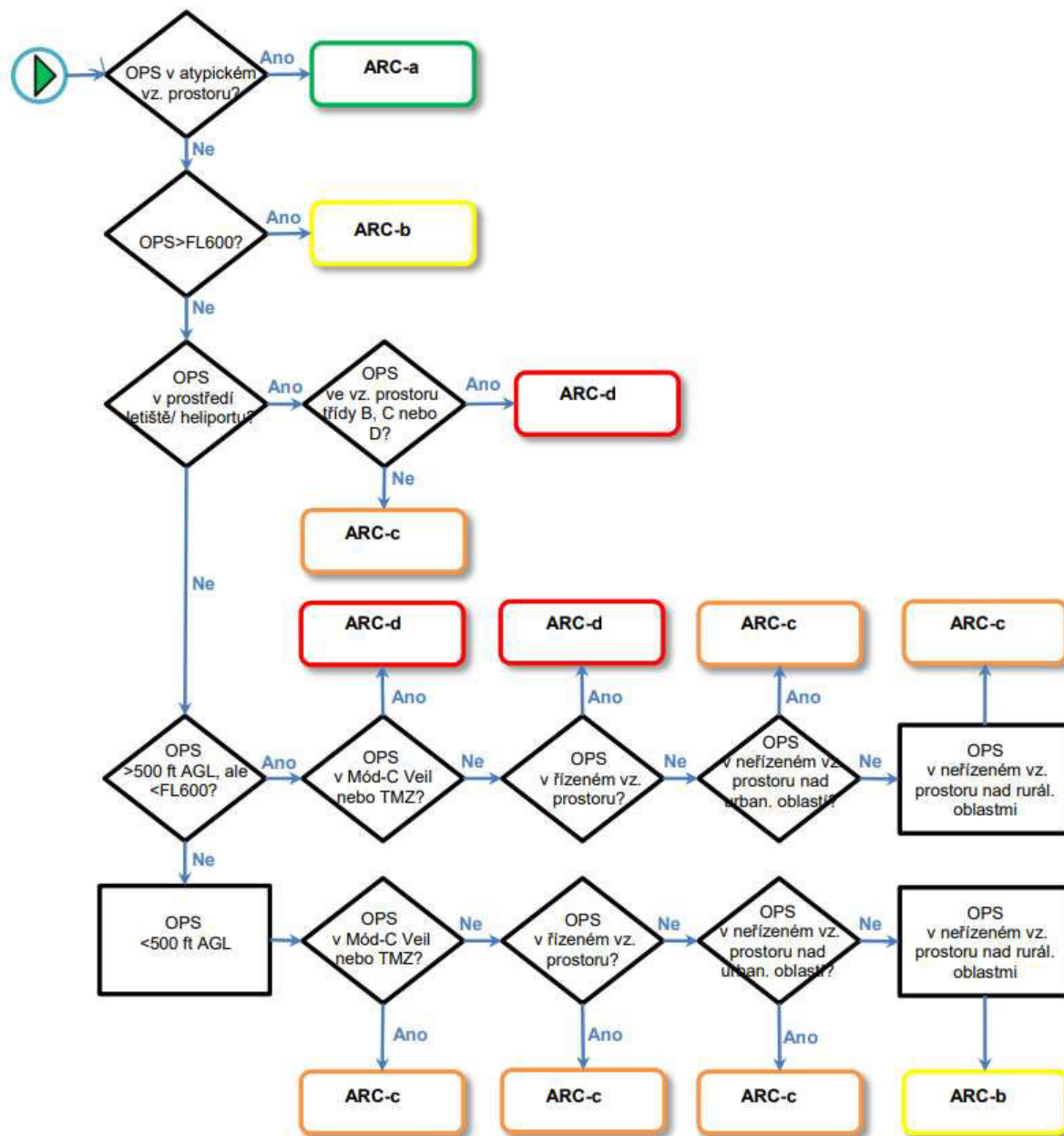
Vlastní třída rizika na zemi UAS				
Max. charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS/BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou ¹⁸	1	2	3	4
VLOS nad řídicí zalidněnou oblastí	2	3	4	5
BVLOS nad řídicí zalidněnou oblastí	3	4	5	6
VLOS nad zalidněnou oblastí	4	5	6	8
BVLOS nad zalidněnou oblastí	5	6	8	10
VLOS nad shromážděním lidí	7			
BVLOS nad shromážděním lidí	8			

Hodnotu vlastní GRC lze snížit zavedením zmírňujících opatření ve třetím kroku. Zmírňující opatření je takové opatření, které minimalizuje nebo zamezí následkům způsobených ztrátou kontroly nad řízením UAS. Příkladem takového opatření může být vybavení UAS záchranným padákem čímž se minimalizuje velikost kinetické energie UAS při dopadu na zem. Z Tabulky 2 můžeme určit pokles (záporné číslo) nebo nárůst (kladné číslo) hodnoty GRC v závislosti na dostupnosti zmírňujících opatření a jejich robustnosti.

Tabulka 2 - Určení konečné GRC [2]

Sled zmírňujících opatření	Zmírňující opatření rizika na zemi	Robustnost		
		Nízká/žádná	Střední	Vysoká
1	M1 – Strategická zmírňující opatření rizika na zemi ²¹	0: žádná -1: nízká	-2	-4
2	M2 – Jsou zmírněny následky nárazu na zem ²²	0	-1	-2
3	M3 – Je zaveden pohotovostní plán (ERP), provozovatel UAS je ověřený a efektivní	1	0	-1

Třída rizika ve vzduchu (ARC – Air Risk Class) je jakousi pravděpodobností, se kterou by se UAS mohlo setkat s letadlem s pilotem na palubě v typickém civilním vzdušném prostoru. Určení počáteční ARC je založeno na využití rozhodovacího stromu na Obrázku 2.



Obrázek 2 - Určení ARC [2]

Pátý krok, určení zbytkové ARC, není povinný. ARC je přiděleno jednotlivým vzdušným prostorům na základě charakteristiky daných prostorů, a ne vždy se riziko srážky shoduje s přidělenou počáteční ARC. Pokud se žadatel domnívá, že je přidělená počáteční ARC pro podmínky v daném provozním prostoru příliš vysoká, může použít strategická zmírňující opatření za účelem snížení počáteční ARC.

Ke zmírnění jakéhokoliv zbytkového rizika srážky pro všechny úrovně ARC se využívají taktická zmírňující opatření (TMPR – Tactical Mitigation Performance Requirement), která je třeba určit v šestém kroku. Za přijatelné TMPR se považuje samotný let ve VLOS, kdy má pilot vizuální přehled nad okolním vzdušným prostorem. Jde o způsob TMPR formou vidět a vyhnout se kdy je pilot schopný včas zareagovat na okolní dopravu pouze na základě vizuálního kontaktu s UAS a jeho okolím. Druhým typem TMPR je řešen formou detekovat a vyhnout se, kdy je UAS vybaven systémy, které jsou schopné detekovat okolní dopravu a následně se jí vyhnout.

V dalším kroku se určí specifická úroveň zabezpečení a integrity (SAIL – Specific Assurance and Integrity Level), což je parametr, který slučuje analýzu rizik na zemi a ve vzduchu a představuje úroveň jistoty, že provoz UAS zůstane pod kontrolou. Po určení konečné GRC a zbytkové ARC lze SAIL odvodit z Tabulky 3.

Tabulka 3 - Určení parametru SAIL [2]

Určení SAIL				
	Zbytková ARC			
Konečná GRC	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Provoz kategorie C			

Posledním krokem samotného procesu SORA je použití SAIL k vyhodnocení cílů provozní bezpečnosti (OSO – Operation Safety Objective) a určit související úroveň robustnosti podle tabulky v Příloze 1. Tyto OSO musí splňovat určitou úroveň integrity a zabezpečení odpovídající hodnotě parametru SAIL. Jednoduše řečeno, čím vyšší je hodnota parametru SAIL tím více je potřeba ověřit za jakých podmínek zůstane provoz bezpečný. Příkladem může být úroveň vyškolení dálkově řídicího pilota a následný způsob jakým bude vyškolení ověřováno.

Na závěr je třeba zohlednit přílehlý prostor. Tato část se zabývá rizikem, které představuje ztráta kontroly nad řízením UAS a s tím spojené narušení oblastí na zemi nebo vzdušného prostoru mimo vymezený provozní prostor.

Pro zjednodušení procesu posouzení provozních rizik a získání samotného oprávnění k provozu nabízí Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví (EASA – European Union Aviation Safety Agency) předdefinovaná posouzení rizik (PDRA – Predefined Risk

Assessment). Tyto PDRA obsahují již vypracovaná posouzení rizik nejběžnějších provozů UAS, která může provozovatel předložit spolu s žádostí oprávnění k provozu. Obsahují podmínky provozu a zmírňující opatření, která je třeba během provozu dodržovat.

2.2.2 Prohlášení o provozu

Provozovatel může provozovat UAS ve specifické kategorii na základě prohlášení o provozu, jestli-že zamýšlený provoz odpovídá jednomu ze dvou definovaných standardních scénářů. Tyto standardní scénáře již počítají se všemi možnými riziky na zemi a ve vzduchu a pouze definují provozní omezení a zmírňující opatření, které je nutné během provozu dodržovat. Na rozdíl od PDRA jsou ve standardních scénářích přesně definovaná provozní omezení a zmírňující opatření, které je třeba dodržovat. Provozovatel by se měl před podáním žádosti oprávnění k provozu ujistit, že jeho provoz nespadá do jednoho ze standardních scénářů. Pokud ano, nemusí tak žádat o oprávnění k provozu a vypracovávat posouzení provozních rizik, ale pouze podat prohlášení o provozu v souladu s jedním ze dvou scénářů, což může výrazně urychlit proces schvalování provozu příslušným úřadem, a tedy celkově i smýšlený provoz.

2.2.3 Osvědčení provozovatele lehkých UAS

Další možnost, jak provozovat UAS ve specifické kategorii bez nutnosti získání oprávnění k provozu je být držitelem LUC. Toto osvědčení opravňuje držitele schvalovat svůj vlastní provoz, aniž by musel předkládat prohlášení o provozu nebo žádat o oprávnění k provozu. Provozovateli však zůstává povinnost vypracovávat posouzení provozních rizik pro každý zamýšlený provoz UAS v případě, že se nejedná o provoz podle standardního scénáře. Provozovatel má navíc povinnost zavést systém řízení bezpečnosti, který odpovídá složitosti provozu a velikosti organizace. Příslušný úřad vydá LUC jestli-že provozovatel prokáže, že je schopen sám posuzovat provozní rizika a dosáhne určité provozní praxe.

2.3 Certifikovaná kategorie

Jak již z názvu vyplývá, provoz v této kategorii bude vyžadovat řadu osvědčení vzhledem k tomu, že jde o kategorii, která je z hlediska bezpečnosti nejrizikovější. Spadá sem provoz, který nelze zařadit ani do jedné z výše uvedených kategorií. Jedná se zejména o provoz UAS s rozpětím větším než 3 m nad shromážděním osob, přepravu nebezpečného zboží a přepravu osob. Provoz, který příslušný úřad členského státu shledal na základě posouzení provozních rizik jako rizikový pro vykonání ve specifické kategorii, bude také podléhat podmínkám provozu v certifikované kategorii.

Z důvodu vysokého rizika provozu se bude certifikace UAS a personálu spojeného s jejím provozem v této kategorii podobat nebo dokonce shodovat s úrovní certifikace dnešní letecké dopravy. Pro dosažení maximální možné úrovně bezpečnosti je nutné ověřit zejména bezpečnost samotného UAS. Certifikaci musí být podroben celý proces výroby UAS včetně projektování a následné údržby. Provozovatel musí být schválený příslušným úřadem členského státu a pilot musí být držitelem osvědčení způsobilosti dálkově řídicího pilota. Do budoucna se však předpokládá, že autonomie UAS nabude takové úrovně, že nebude zapotřebí zásahu pilota. To však nezmění požadavky na certifikaci daného provozu. [1]

3 Standardní scénář

Jednou z možností provozu UAS ve specifické kategorii je provoz na základě prohlášení za využití jednoho ze dvou již definovaných standardních scénářů. „*Standardním scénářem se rozumí druh provozu bezpilotního systému ve specifické kategorii, pro nějž byl určen přesný seznam opatření ke zmírnění rizik, takže se příslušný úřad může spokojit s prohlášeními, v nichž provozovatelé prohlásí, že při provádění tohoto druhu provozu budou tato zmírňující opatření uplatňovat*“ [4]. Standardní scénář je vytvořen na základě posouzení provozních rizik a následným definováním opatření ke zmírnění rizik na zemi a ve vzduchu, podle kterých se provoz musí řídit. Na rozdíl od běžného provozu ve specifické kategorii, nemusí provozovatel vypracovávat posouzení provozních rizik ani podávat žádost o oprávnění k provozu příslušnému úřadu, ale pouze podat prohlášení o provozu v souladu se standardním scénářem. Příslušný úřad následně poskytne provozovateli potvrzení o přijetí a o úplnosti tohoto prohlášení, kdy v tuto chvíli je provozovatel oprávněn zahájit provoz podle standardního scénáře.

Velkou výhodou je zjednodušení a urychlení schvalovacího procesu, kdy příslušný úřad nemusí hodnotit úroveň bezpečnosti na základě posouzení provozních rizik, jelikož standardní scénář již všechna rizika spojená s provozem zohledňuje. Nevýhodou je, že standardní scénáře neposkytují žádnou flexibilitu provozovateli z hlediska provozních omezení. V případě, že některý z provozních parametrů provozovateli nevyhovuje, nemůže standardní scénář použít a musí zvolit jinou alternativu schválení svého provozu.

Nařízení EU 2019/947 definuje dva standardní scénáře STS-01 a STS-02. Jsou určeny pro UAS třídy C5 a C6 o maximálním rozpětí do 3 m a MTOM do 25 kg. Z Tabulky 4 můžeme vyčíst základní rozdíly těchto dvou scénářů.

Tabulka 4 - Seznam existujících standardních scénářů [2]

STS#	Charakteristika UAS	VLOS/ BVLOS	Max. vzdálenost od dálkově řídicího pilota	Maximální výška	Vzdušný prostor
STS-01	Nesoucí označení třídy C5 (maximální charakteristický rozměr do 3 m a MTOM do 25 kg)	VLOS	VLOS	120 m	Řízený nebo neřízený s nízkým rizikem setkání s letadlem s pilotem na palubě
STS-01	Nesoucí označení třídy C6 (maximální charakteristický rozměr do 3 m a MTOM do 25 kg)	BVLOS	2 km s pozorovatelem vzdušného prostoru 1 km bez pozorovatele vzdušného prostoru	120 m	Řízený nebo neřízený s nízkým rizikem setkání s letadlem s pilotem na palubě

Hlavním rozdílem těchto scénářů je typ provozu UAS. STS-01 vyžaduje aby byl UAS provozován ve VLOS zatímco STS-02 je určen pro provoz UAS mimo vizuální dohled (BVLOS – Beyond Visual Line of Sight). K jednotlivým scénářům jsou přiřazeny i třídy UAS, které mohou být pro provoz využité, a které se liší svým vybavením. Pro oba scénáře je však definovaná stejná maximální výška od terénu, do které je možné UAS provozovat. Tato výška je stanovena na 120 m s možným navýšením až na 150 m v případě, že je UAS provozován do 50 m od umělé překážky vyšší než 105 m. Provoz je také uskutečněn v řízeném nebo neřízeném vzdušném prostoru, kde je nízká pravděpodobnost střetu s letadlem s pilotem na palubě.

3.1 STS-01

Standardní scénář STS-01 je prvním ze dvou již vzniklých standardních scénářů. Popisuje a definuje provozní omezení pro provoz ve VLOS nad kontrolovanou pozemní plochou v obydleném prostředí. „Provoz ve vizuálním dohledu (VLOS) je druh provozu bezpilotních systémů, při kterém je dálkově řídicí pilot schopen udržovat nepřetržitý nezprostředkovaný vizuální kontakt s bezpilotním letadlem, který dálkově řídicímu pilotu umožňuje řídit letovou dráhu bezpilotního letadla vůči jiným letadlům, osobám a překážkám s cílem předejít srážkám. Kontrolovanou pozemní plochou se rozumí pozemní plocha, kde je provozován bezpilotní systém a v níž může provozovatel bezpilotních systémů zajistit, že budou přítomny pouze zapojené osoby“ [4]. STS-01 lze tedy použít v případě, kdy má pilot nepřetržitý vizuální kontakt s UAS po celou dobu provozu a kdy je provoz prováděn nad kontrolovanou pozemní plochou. Důležité je zde zmínit nutnost nepřetržitého vizuálního kontaktu pilota s UAS. V případě, že by měla být část provozu uskutečněna mimo VLOS, nelze podle STS-01 tento provoz uskutečnit.

Kontrolovaná pozemní plocha pro provoz upoutaného UAS je plocha vymezena kružnicí o poloměru délky upoutání plus 5 m od místa upoutání. V případě neupoutaného UAS tvoří tuto plochu vymezená zeměpisná oblast, ve které má být UAS provozován, oblast pro řešení nenadálých situací o šířce nejméně 10 m za vymezenou oblastí, která slouží k provedení mimořádných postupů a rezerva za tímto prostorem pro pokrytí rizika na zemi v případě ztráty kontroly nad UAS. Minimální vzdálenost této rezervy získáme z Tabulky 5 známe-li MTOM UAS a maximální výšku od země do které bude UAS provozován. Provoz neupoutaných UAS je dále podmíněn maximální traťovou rychlostí, která nesmí být vyšší než 5 m/s.

Tabulka 5 - Minimální vzdálenost rezervy pro pokrytí rizika na zemi [2]

Maximální výška nad zemí	Minimální vzdálenost, kterou musí pokrývat rezerva pro pokrytí rizika na zemi pro neupoutaná bezpilotní letadla	
	s maximální vzletovou hmotností (MTOM) do 10 kg	s MTOM vyšší než 10 kg
30 m	10 m	20 m
60 m	15 m	30 m
90 m	20 m	45 m
120 m	25 m	60 m

UAS vyhovující podmínkám pro provoz podle STS-01 jsou UAS třídy C5. Tyto UAS mají MTOM do 25 kg, jejich rozměr nepřesahuje 3 m a jsou vybaveny režimem nízké rychlosti, který omezuje maximální traťovou rychlost na 5 m/s. UAS musí poskytovat pilotovi informace o výšce UAS nad terénem nebo bodem vzletu, musí být vybaven systémem ke sledování kvality řídicího a kontrolního spoje a systém umožňující ukončení letu.

Pilot musí prokázat dostatečné teoretické a praktické znalosti pro provoz UAS podle STS-01. Teoretické znalosti pilot prokáže složením zkoušky, která se skládá ze 40 otázek z okruhů týkajících se technických a provozních opatření ke zmírnění rizik na zemi. Po úspěšném složení zkoušky získá pilot osvědčení o teoretických znalostech dálkově řídicího pilota pro provoz ve standardních scénářích. Praktický výcvik pro STS-01 zahrnuje předletovou přípravu týkající se např. plánování provozu a posouzení vzdušného prostoru nebo předletové prohlídky a nastavení UAS, postupy za letu, které zahrnují např. udržování UAS ve VLOS a provádění letových manévrů, a nakonec poletovou kontrolu, která zahrnuje např. vypnutí a zabezpečení UAS. Po absolvování výcviku pro STS-01 získá pilot osvědčení vydané provozovatelem nebo jiným subjektem uznaným příslušným úřadem. Na základě svých teoretických a praktických znalostí je během provozu pilot povinen udržovat UAS ve VLOS a kontrolovat okolní vzdušný prostor, aby nedošlo ke kolizi s cizím objektem. Pilot musí být schopen udržet UAS pod kontrolou a v případě nenadálých či nouzových situací se musí držet

postupů stanovených provozovatelem. Dále nesmí provozovat současně více UAS najednou, nesmí provozovat UAS z jedoucího vozidla a nesmí předat řízení jiné řídicí jednotce.

Úloha provozovatele UAS je především vypracování provozní příručky, podle které je následně provoz v STS-01 proveden a podle které se řídí osoby do provozu zapojené. Tato příručka obsahuje popis koncepce provozu, popis organizace provozovatele UAS, pokyny k údržbě UAS za účelem zajistit jeho bezpečný stav a provozní postupy, které zahrnují např. předletovou přípravu, posouzení okolního prostředí, mimořádné a nouzové postupy. V příručce je také uvedeno prohlášení stvrzené podpisem provozovatele, že příručka vyhovuje požadavkům Nařízení EU 2019/947. Provozovatel, mimo vytvoření provozní příručky také určí provozní prostor včetně rezervy a zajistí kontrolovanou pozemní plochu, která odpovídá minimální vzdáleností a kde jsou všechny přítomné osoby seznámeni s provozními riziky a výslovně souhlasili s účastí na provozu. Také zajistí, aby byl UAS určen k provozu v souladu s STS-01, tedy třídy C5. Provozovatel má také povinnost vytvořit tzv. pohotovostní plán (ERP – Emergency Response Plan), který zahrnuje kritéria pro stanovení nouzové situace, postupy pro případ nouzové situace včetně podmínek kontaktování příslušných úřadů a organizací. Ověří také správnou funkčnost mimořádných a nouzových postupů prostřednictvím simulace nebo specializovaných letových zkoušek.

3.2 STS-02

Druhým standardním scénářem je standardní scénář STS-02. Tento scénář popisuje a definuje provozní omezení pro provoz BVLOS s pozorovateli vzdušného provozu nad kontrolovanou pozemní plochou v řídicí obydlí prostředí. *„Provozem mimo vizuální dohled (BVLOS) se rozumí druh provozu bezpilotního systému, který není prováděn ve vizuálním dohledu“* [4]. Podle definice VLOS zmíněné v předešlé podkapitole, můžeme jako provoz BVLOS označit takový provoz kdy pilot nemá vizuální kontakt s UAS a není tak schopen řídit jeho letovou dráhu pouze na základě vizuálního kontaktu. Jedná se tedy o provoz, během kterého dojde po určité době letu k přerušení vizuálního kontaktu pilota s UAS a který je prováděn nad kontrolovanou pozemní plochou. Kontrolovaná pozemní plocha se jako v případě STS-01 skládá ze tří částí, a to z vymezené zeměpisné oblasti, oblasti pro řešení nenadálých situací a rezervy pro pokrytí rizik na zemi. Jediným rozdílem je, že rezerva pro pokrytí rizik na zemi není tabulková hodnota. Tuto hodnotu uvádí výrobce UAS třídy C6 určeného pro provoz podle STS-02 a je definována jako vzdálenost kterou by s největší pravděpodobností bezpilotní letadlo urazilo po aktivaci prostředků k ukončení letu. Maximální rychlost je omezena maximální možnou rychlostí UAS třídy C6 a činí 50 m/s.

Důležitým prvkem provozu podle STS-02 je v tomto scénáři tzv. pozorovatel vzdušného prostoru (AO – Airspace Observer). Ten má za úkol nahradit absenci vizuálního kontaktu mezi pilotem a UAS a v případě potřeby včas upozornit pilota na možná rizika ve vzduchu. Provozu se může zúčastnit jeden či více AO ale jejich vzdálenost nesmí přesáhnou 1 km od pilota. Zároveň musí být UAS provozován do maximální vzdálenosti 1 km od nejbližšího AO, přičemž maximální vzdálenost UAS od pilota nesmí přesáhnout 2 km. Pozorovatelé musí být rozmístěni tak aby pokryli potřebný prostor určený k provozu UAS a musí být vybaveni vhodným komunikačním prostředkem určeným pro komunikaci mezi všemi AO a pilotem. V případě, že se provozu neúčastní žádný AO musí mít UAS předem naprogramovanou dráhu letu, kterou bude následovat, jestliže je přerušeno VLOS. Maximální vzdálenost UAS od pilota bez AO je omezena na 1 km. V obou případech je však nutné by vypuštění a návrat UAS byl proveden v dohledu pilota a v oblasti byla minimální letová dohlednost 5 km.

UAS vyhovující podmínkám pro provoz podle STS-02 jsou UAS třídy C6. MTOM a maximální rozměr UAS se shodují s UAS třídy C5. Nemusí být vybaveny režimem nízké rychlosti, ale nesmí přesáhnout maximální traťovou rychlost, která je 50 m/s. Mimo poskytování informací o výšce nad terénem nebo bodem vzletu, musí UAS poskytovat pilotovi také informace o zeměpisné poloze a rychlosti. Dále poskytuje prostředky, které umožňují programovat dráhu letu UAS a prostředky k zabránění letu mimo vymezený naprogramovaný provozní prostor. Stejně jako UAS třídy C5 musí poskytovat prostředky ke sledování kvality řídicího a kontrolního spoje a prostředky k ukončení letu.

Pilot musí prokázat dostatečné teoretické a praktické znalosti pro provoz UAS podle STS-02. Teoretické znalosti pilot prokáže stejným způsobem jako pro STS-01, tedy složením zkoušky a získáním osvědčení o teoretických znalostech dálkově řídicího pilota pro provoz ve standardních scénářích. Praktický výcvik je doplněn o oblasti, které se týkají provozu BVLOS prováděného podle STS-02. Jedná se např. o provoz s AO, který zahrnuje umístění AO v oblasti nebo práce s komunikačními prostředky. Po absolvování výcviku pro STS-02 získá pilot osvědčení vedené provozovatelem nebo jiným subjektem uznaným příslušným úřadem.

Stejně jako pro STS-01 vytvoří provozovatel příručku pro STS-02. Tato příručka se obsahově shoduje s příručkou pro STS-01. Obsahuje popis ConOps, popis organizace provozovatele UAS, pokyny k údržbě UAS, provozní postupy a prohlášení stvrzené podpisem provozovatele, že příručka vyhovuje požadavkům Nařízení EU 2019/947. Provozovatel má v rámci STS-02 stejné povinnosti jako v případě STS-01. Navíc má ale za úkol zajistit splnění podmínek týkajících se AO a to především zajistit správný počet a správné rozmístění AO aby nedošlo k překročení povolených vzdáleností mezi AO a pilotem, aby měl každý z AO funkční spojení

s pilotem a aby měl každý z AO nerušený výhled na prostor kde bude UAS provozován. Také zajistí, aby byl UAS určen k provozu v souladu s STS-02, tedy třídy C6.

4 Zhodnocení prostoru pro tvorbu standardních scénářů

Provoz podle standardních scénářů popsany v předešlé kapitole odpovídá poměrně nízké úrovni rizika v porovnání s celou specifickou kategorií, kde v některých případech musí být zavedena velmi robustní zmírňující opatření s odpovídající úrovní integrity, aby bylo možné provoz uskutečnit. Nabízí se však otázka, zda je pro tvorbu nových standardních scénářů tento fakt omezující a zda je možné vytvořit nové standardní scénáře, které představují vyšší úroveň rizika za předpokladu, že je toto riziko náležitě ošetřeno. Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, provoz podle standardních scénářů je typ provozu ve specifické kategorii, který již obsahuje podrobný popis všech zmírňujících opatření, čímž je zajištěna dostatečná úroveň bezpečnosti jak na zemi, tak i ve vzduchu. Z toho lze usoudit, že v případě, že neexistuje hranice, která by vymezila prostor pro tvorbu nových standardních scénářů (dále jen prostor), je možné vytvořit standardní scénář v celé specifické kategorii, dokud budou zmírňující opatření odpovídat úrovni rizika provozu a budou ve standardním scénáři jasně definována. Se zvyšujícím se rizikem, které provoz představuje, se však zvyšuje i počet zmírňujících opatření a míra jejich robustnosti a integrity potřebné k udržení provozu v mezích bezpečnosti, což dává prostor pro možné pochybení a následné ohrožení bezpečného provozu. Není tedy zatím zřejmé, kde ve specifické kategorii se prostor nachází a zda jde pouze o její část. S jistotou však lze říct, že prostor bude vymezen spodní a horní hranicí v rozmezí mezi otevřenou a certifikovanou kategorií.

Co se týče tvorby nových standardních scénářů je třeba nejprve vymezit již zmíněný prostor, který určí, do jaké míry lze nastavit provozní omezení pro tyto scénáře. Následně lze vyloučit prostor, který pokrývají již existující standardní scénáře. V kombinaci těchto dvou kroků lze definovat nové standardní scénáře.

Spodní hranice prostoru je jasně definovaná hranicí otevřené a specifické kategorie provozu UAS. Je to z toho důvodu, že provoz podle standardních scénářů patří do specifické kategorie a vzhledem k tomu, že provoz podle již existujících standardních scénářů představuje nejnižší úroveň rizika v celé specifické kategorii, nemá cenu uvažovat, že by se tato hranice nacházela kdekoli jinde. Tato hranice je definovaná provozním omezením pro otevřenou kategorii jako je např. MTOM do 25 kg, nutnost udržovat UAS ve VLOS nebo překročení MTOM pro provoz v podkategorii A2, tedy v blízkosti lidí, která činí 4 kg. Provozní omezení otevřené kategorie jsou blíže popsána v podkapitole 2.1. V případě, že by bylo porušeno alespoň jedno z těchto omezení, spadal by provoz již do specifické kategorie, a tudíž by bylo možné hovořit o provozu v prostoru, který hledáme. Bez horní hranice však nelze určit do jaké míry lze tato omezení překročit.

Pro nalezení horní hranice je nutné zvolit jiný přístup. Je obtížné určit, kde se ve specifické kategorii bude hranice nacházet a nelze ani říct, zda bude hranicí až certifikovaná kategorie. Provoz ve specifické kategorii blíže k hranici s kategorií certifikovanou představuje stále větší riziko tohoto provozu ať už se jedná o riziko na zemi či ve vzduchu a pro udržení v mezi bezpečnosti jsou vyžadována četná zmírňující opatření. Zpětnou aplikací metody SORA na již existující standardní scénáře lze určit parametr SAIL představující úroveň rizika provozu ve specifické kategorii. Tento parametr by mohl být dobrým nástrojem pro určení horní hranice, jelikož spojuje rizika provozu UAS na zemi a ve vzduchu, na základě čehož stanovuje úroveň zabezpečení a podmínky za jakých je možné tento provoz uskutečnit. Nejvyšší výsledná hodnota parametru SAIL ze dvou již definovaných standardních scénářů vytvoří jednu z možných horních hranic, kterou bude následně třeba ověřit, zda se opravdu jedná o tu nejvyšší možnou.

Prvním standardním scénářem, pro který budeme hledat parametr SAIL aplikací metody SORA je STS-01. Jako první vyžaduje proces SORA popis ConOps. V Případě STS-01 jde o specifikace UAS a definici prostoru, pro který je scénář určen. Jde tedy o UAS třídy C5, který je omezen maximálním rozměrem do 3 m a MTOM do 25 kg. Provoz je ve VLOS nad kontrolovanou pozemní plochou v obydleném prostředí a v řízeném nebo neřízeném vzdušném prostoru.

Na základě popisu provozu včetně parametrů UAS lze určit počáteční GRC. Kombinací typu provozu a maximálního rozpětí UAS pro STS-01 získáme hodnotu 2 počáteční GRC, vyznačenou v Tabulce 6. UAS je sice podle STS-01 provozován v obydleném prostředí, což by odpovídalo hodnotě 5, nicméně je stanovena podmínka, že se musí jednat o kontrolovanou pozemní plochu, čemuž odpovídá hodnota 2. Z definice v předešlé kapitole víme, že jde o plochu, ve které jsou všichni účastníci zapojeni do provozu, a tedy seznámeni s možnými riziky, která tento provoz představuje. Stále se však jedná o obydlené prostředí, ve kterém může provoz ohrozit majetek třetích stran, a proto jsou v tomto standardním scénáři definovaná četná zmírňující opatření.

Tabulka 6 – Určení hodnoty počáteční GRC pro STS-01 [2]

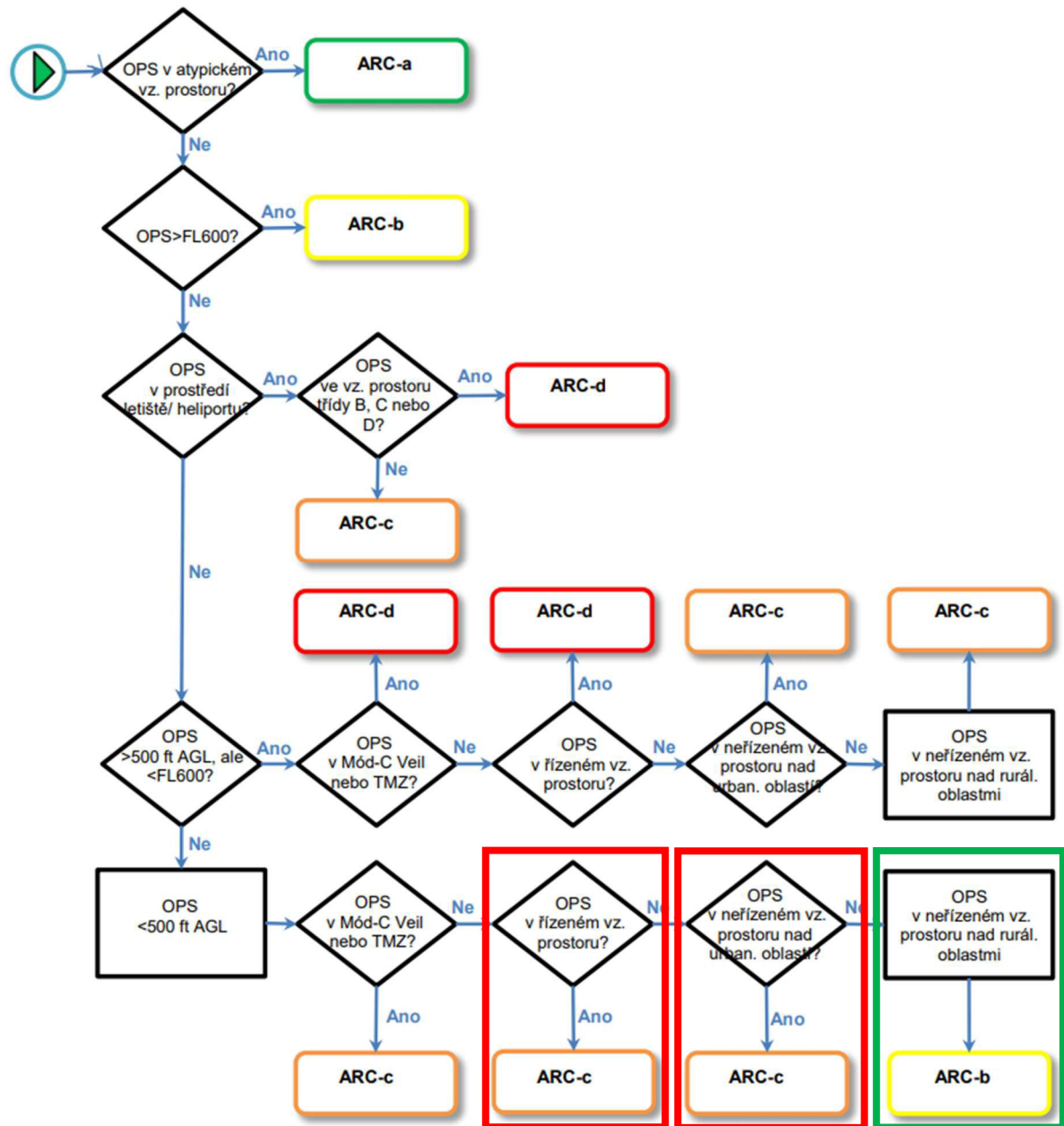
Vlastní třída rizika na zemi UAS				
Max. charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS/BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou ¹⁸	1	2	3	4
VLOS nad řídkce zalidněnou oblastí	2	3	4	5
BVLOS nad řídkce zalidněnou oblastí	3	4	5	6
VLOS nad zalidněnou oblastí	4	5	6	8
BVLOS nad zalidněnou oblastí	5	6	8	10
VLOS nad shromážděním lidí	7			
BVLOS nad shromážděním lidí	8			

Prvním z těchto opatření je nutnost zřízení rezervy pro pokrytí rizik na zemi podle Tabulky 5, která slouží k vypořádání se s nouzovými situacemi. Toto opatření spadá do kategorie M1, které definuje strategická zmírňující opatření rizika na zemi. Zajištění rezervy podléhá nízké úrovni robustnosti. Snižuje tedy počáteční hodnotu GRC o 1 podle Tabulky 7. Dalším zmírňujícím opatřením aplikovaným v STS-01 je vybavení UAS systémem ke snížení následků dynamiky nárazu UAS. Schopnost UAS zmírnit následky nárazu na zem se řadí do kategorie M2. Pro tuto kategorii je vybavení UAS systémem zmírňující následky nárazu hodnoceno jako středně robustní v případě, že je pro nouzový postup předem provedena simulace nebo specializovaná letová zkouška, což STS-01 vyžaduje. Toto opatření snižuje hodnotu počátečního GRC opět o 1 podle Tabulky 7. Posledním zmírňujícím opatřením definovaným pro STS-01 je vytvoření ERP. Již samotné vytvoření ERP vhodného pro danou situaci lze označit jako středně robustní. Počáteční GRC tedy podle Tabulky 7 nezmění. Finální hodnota GRC je tedy 0 (2-1-1+0).

Tabulka 7 – Snížení počáteční GRC pro STS-01 [2]

Sled zmírňujících opatření	Zmírňující opatření rizika na zemi	Robustnost		
		Nízká/žádná	Střední	Vysoká
1	M1 – Strategická zmírňující opatření rizika na zemi ²¹	0: žádná -1: nízká	-2	-4
2	M2 – Jsou zmírněny následky nárazu na zem ²²	0	-1	-2
3	M3 – Je zaveden pohotovostní plán (ERP), provozovatel UAS je ověřený a efektivní	1	0	-1

Po určení finální hodnoty GRC zbývá určit hodnotu ARC. Tento standardní scénář je určen pro provoz v řízeném nebo neřízeném vzdušném prostoru s nízkým rizikem střetu s letadlem s pilotem na palubě. Zde je třeba zdůraznit, že se jedná o prostor s nízkým rizikem střetu s letadlem s pilotem na palubě. *„Za vzdušný prostor s nízkou pravděpodobností setkání s letadlem s pilotem na palubě lze považovat vzdušný prostor s rizikem ve vzduchu, které je klasifikováno jako ne vyšší než ARC-b“ [2].* V případě provozu v neřízeném vzdušném prostoru, je tato hodnota ARC-c, jak je patrné z Obrázku 3. To však nesplňuje výše definovanou podmínku. V obydlené oblasti ale nesmí letadlo s pilotem na palubě sestoupit níže než 300 m, z čehož lze usoudit, že pravděpodobnost srážky s tímto letadlem do výšky 150 m nad terénem bude nízká, a tedy i ARC lze snížit na hodnotu ARC-b. Pro řízený vzdušný prostor vyšla podle Obrázku 3 také hodnota ARC-c. V tomto případě proto STS-01 definuje zmírňující opatření, které snižuje ARC-c na přijatelnou ARC-b. Toto opatření vyžaduje schválení letu UAS v daném prostoru s cílem snížit pravděpodobnost srážky na přijatelnou hodnotu. Tím lze dosáhnout snížení ARC-c na zbytkovou ARC-b.



Obrázek 3 – Určení počáteční ARC pro STS-01 a STS-02

Ze známých hodnot finální GRC a zbytkové ARC nakonec můžeme určit hledaný parametr SAIL. Z Tabulky 8 vyplývá, že pro STS-01 je hodnota parametru SAIL II.

Tabulka 8 – Určení parametru SAIL pro STS-01 [2]

Určení SAIL				
	Zbytková ARC			
Konečná GRC	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Provoz kategorie C			

Zpětné posouzení rizik pro STS-01 posunulo možnou horní hranici na úroveň SAIL II. Je tedy pravděpodobné, že se touto metodou bude jedna z možných hranic nacházet v rozmezí úrovně rizika od SAIL II až po maximální úroveň rizika akceptovatelnou pro specifickou kategorii tedy SAIL VI. Toto rozmezí je stanoveno z toho důvodu, že stále nevíme, jakou úroveň rizika vyjádřenou parametrem SAIL představuje druhý standardní scénář. Aplikací metody SORA i na druhý scénář zjistíme, zda se horní hranice neposune na vyšší úroveň SAIL.

STS-02 je definován jako provoz BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou v řídicí obydlí prostředí a v řízeném nebo neřízeném vzdušném prostoru. UAS musí být pro tento provoz označen jako třída C6, jehož maximální rozměry nepřesáhnou 3 m a MTOM bude do 25 kg.

GRC pro STS-02 lze určit stejně jako v předchozím případě kombinací typu prostoru a maximálních rozměrů UAS. V tomto případě získáme také GRC 2, která je vyznačena v Tabulce 8. Zde nastává obdobná situace jako v předchozím případě. UAS je sice provozován nad řídicí obydlí oblastí, což by odpovídalo hodnotě 4, nicméně se opět musí jednat o kontrolovanou pozemní plochu pro kterou je stanovena hodnota 2 bez ohledu na to, zda je provoz ve VLOS nebo BVLOS. V řídicí obydlí prostředí je také nutné definovat zmírňující opatření, která zvýší úroveň bezpečnosti ochrany majetku třetích stran.

Tabulka 9 - Určení hodnoty počáteční GRC pro STS-02 [2]

Vlastní třída rizika na zemi UAS				
Max. charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS/BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou ¹⁸	1	2	3	4
VLOS nad řídicí zalidněnou oblastí	2	3	4	5
BVLOS nad řídicí zalidněnou oblastí	3	4	5	6
VLOS nad zalidněnou oblastí	4	5	6	8
BVLOS nad zalidněnou oblastí	5	6	8	10
VLOS nad shromážděním lidí	7			
BVLOS nad shromážděním lidí	8			

Zmírňující opatření pro snížení rizika na zemi, které provoz podle STS-02 představuje, zahrnují pouze opatření kategorie M1 a M3. UAS třídy C6 totiž nemusí být vybaven prostředky, které snižují následky dynamiky nárazu, a tudíž nesplňuje požadavky pro střední úroveň robustnosti. Pro kategorii M2 zmírňujících opatření v STS-02 tedy neexistují prvky, které by riziko nárazu UAS na zem zmírnily a tím snížily počáteční GRC. Podle Tabulky 10 zmírňující opatření kategorie M2 výslednou hodnotu GRC nezmění. Strategická zmírňující opatření rizika na zemi jsou řešena stejným způsobem jako v případě STS-01 s tím rozdílem, že minimální vzdálenost rezervy pro pokrytí rizik na zemi uvádí výrobce UAS třídy C6 v pokynech výrobce. Jak již bylo zmíněno, zajištění rezervy podléhá nízké úrovni robustnosti, což podle Tabulky 10 odpovídá snížení počáteční hodnoty GRC o 1. I pro STS-02 je nutné vytvořit ERP odpovídající pro danou situaci. Toto opatření opět počáteční hodnotu GRC nezmění. Finální hodnota GRC je tak pro STS-02 1 (2-1+0+0).

Tabulka 10 - Snížení počáteční GRC pro STS-02 [2]

Sled zmírňujících opatření	Zmírňující opatření rizika na zemi	Robustnost		
		Nízká/žádná	Střední	Vysoká
1	M1 – Strategická zmírňující opatření rizika na zemi ²¹	0: žádná -1: nízká	-2	-4
2	M2 – Jsou zmírněny následky nárazu na zem ²²	0	-1	-2
3	M3 – Je zaveden pohotovostní plán (ERP), provozovatel UAS je ověřený a efektivní	1	0	-1

Určení ARC pro STS-02 bude probíhat obdobným způsobem jako určení ARC pro STS-01. Provoz v řízeném vzdušném prostoru odpovídá stejné hodnotě ARC i v STS-02. Jsou tedy

vyžadována stejná zmírňující opatření pro snížení počáteční ARC na ARC-b. Provoz v neřízeném vzdušném prostoru, ale odpovídá počáteční ARC-b, jak je zeleně vyznačeno na Obrázku 3, vzhledem k tomu, že je provoz provozován v řídké obydleném prostředí. Pro tento provoz nejsou vyžadována žádná zmírňující opatření.

Ze známých hodnot finální GRC a zbytkové ARC nakonec můžeme určit parametr SAIL i pro STS-02. Ten je vyznačen v Tabulce 11 a nabývá hodnoty SAIL II.

Tabulka 11 - Určení parametru SAIL pro STS-02 [2]

Určení SAIL				
Konečná GRC	Zbytková ARC			
	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Provoz kategorie C			

Aplikací metody SORA i na druhý scénář vyšlo najevo, že jedna z možných hranic se bude nacházet právě v hodnotě parametru SAIL II, jelikož pro oba scénáře tato hodnota vyšla stejná. Nyní však nastává otázka, proč je pro tyto scénáře hodnota parametru SAIL právě SAIL II a zda je možné vytvořit scénáře odpovídající hodnotě vyšší. Pro další práci s parametrem SAIL je třeba blíže specifikovat co tento parametr představuje. Z předešlých kapitol víme, že jde o jakousi specifickou úroveň zabezpečení a integrity, která představuje úroveň jistoty, že provoz UAS zůstane po celou dobu pod kontrolou. Parametr SAIL sám o sobě neposkytuje žádné informace o tom, za jakých podmínek lze provoz bezpečně provést. Významnou roli však hraje při určování OSO, které tyto informace již poskytují. OSO se týkají např. technického vybavení UAS, odborné způsobilosti dálkově řídicího pilota nebo zohlednění nepříznivých provozních podmínek. Stupňující se hodnota parametru SAIL zvyšuje úroveň integrity a zabezpečení potřebné ke splnění dané OSO a následného zajištění bezpečného provozu.

Pro ověření, zda se horní hranice prostoru bude opravdu nacházet v hodnotě SAIL II je potřeba najít rozdíl mezi právě touto hodnotou a hodnotou SAIL III, která představuje o stupeň vyšší provozní riziko tak, aby bylo možné zavrhnout možnost posunu hranice na hodnotu SAIL III. Jinými slovy, pokud bude provoz s úrovní rizika SAIL III vyžadovat např. přísnější ověřování za účelem doložení vyšší integrity, které bude v rozporu s pravidly pro provoz na základě prohlášení, tedy standardních scénářů, bude možné určit SAIL II jako nejvyšší možnou hranici

hledaného prostoru. V opačném případě bude možné posunout hranici na hodnotu SAIL III a stejným způsobem porovnat tuto hodnotu s hodnotou následující. Nejprve můžeme porovnat SAIL II a SAIL III ze širšího pohledu na základě kategorií, do kterých parametr SAIL rozděluje Nařízení EU 2019/947 na základě úrovně rizika. SAIL I a II spadá do kategorie s nízkým rizikem provozu, SAIL III a IV do úrovně se středním rizikem provozu, a nakonec SAIL V a VI do úrovně s vysokým rizikem provozu. Vzhledem k tomu, že se SAIL II a SAIL III nachází na rozhraní dvou kategorií, můžeme sloučit hodnoty parametru SAIL do dvou kategorií a nadále porovnávat pouze úroveň s nízkým rizikem provozu a úroveň se středním rizikem provozu.

Postup ověření SAIL II, jako možné horní hranice, se bude skládat z několika kroků. Nejprve je potřeba určit pro které OSO není vyžadované žádné doložení integrity v rozmezí mezi SAIL I a II. Následně je nutné ověřit, zda pro SAIL III a IV toto doložení nutné je. Nakonec je třeba zjistit, za jakých podmínek je tedy vybrané OSO pro SAIL III a IV možné splnit a zda není doložení integrity pro dané OSO v rozporu s pravidly pro provoz na základě prohlášení.

OSO, pro které nejsou dle tabulky v Příloze 1 vyžadovány žádné další bezpečnostní postupy v rozmezí mezi SAIL I a II jsou OSO#02, OSO#04, OSO#05, OSO#18, OSO#19 a OSO#24. Můžeme si všimnout, že se všechny tyto OSO týkají konstrukce, designu nebo samotné výroby UAS. Zároveň jsou tyto OSO v určité míře vyžadovány v rozmezí SAIL III až IV, což splňuje námi definovaná kritéria, která nám umožní s těmito OSO dále pracovat. V souvislosti s designem UAS je se zvyšujícím se rizikem provozu, tedy se zvyšující se hodnotou SAIL, nutné ověřit, že bude zajištěna dostatečná úroveň integrity navržených zmírňujících opatření zahrnutých ve výbavě UAS. Příkladem může být ověření správné funkčnosti padáku, který je zahrnut ve výbavě UAS ke zmírnění rizika na zemi. Pro vyšší úroveň rizika je tento způsob ověření vyžadován, aby byla dosažena požadovaná úroveň bezpečnosti a příslušný úřad měl jistotu, že systém ve výbavě UAS zmírňující riziko na zemi během provozu neselže a nezpůsobí tak škodu třetí straně. *„Pokud je úroveň robustnosti kteréhokoli z OSO spojených s designem střední (tj. SAIL III a IV), příslušný vnitrostátní orgán by měl požadovat ověření konstrukce UAS od EASA“ [5].* Kapitola III Nařízení EU 2019/945 pak definuje podmínky, za kterých příslušný úřad již ověření konstrukce UAS vyžadovat musí. Zajímavé však je, že zmíněné nařízení vyjímá nutnost ověřování konstrukce UAS v případě, že jde o provoz na základě prohlášení, tedy na základě standardních scénářů. *„Kapitola III tohoto nařízení se vztahuje na bezpilotní systémy provozované na základě pravidel a podmínek platných pro certifikovanou a specifickou kategorii provozu bezpilotních systémů podle prováděcího nařízení (EU) 2019/947 kromě případů, kdy jsou provozovány na základě prohlášení“ [3].* Ve stejném článku je pak uvedena informace, která sjednocuje UAS pro otevřenou kategorii a UAS určené pro provoz na základě prohlášení. *„Kapitola II tohoto nařízení se vztahuje na bezpilotní systémy určené k provozování na základě pravidel a podmínek platných pro*

otevřenou kategorii provozu bezpilotních systémů nebo na základě prohlášení o provozu v rámci specifické kategorie provozu bezpilotních systémů podle nařízení (EU) 2019/947“ [3]. Tato informace je pro určení horní hranice stěžejní. Jestliže je pro provoz UAS představující úroveň rizika nad SAIL III včetně vyžadováno ověření UAS, je tedy možné vyloučit možnost využití UAS určeného pro provoz v otevřené kategorii vzhledem k tomu, že tyto UAS nepodléhají žádnému ověřování. Nařízení EU 2019/945 následně slučuje UAS pro otevřenou kategorii a UAS pro provoz na základě prohlášení, což vylučuje nutnost ověřování také pro UAS určené pro provoz na základě prohlášení. Horní hranice hledaného prostoru je tedy omezena na úroveň rizika SAIL II.

Určením spodní a horní hranice prostoru pro tvorbu standardních scénářů byl vymezen prostor, ve kterém je možné provozovat UAS s úrovní rizika akceptovatelné pro standardní scénář. Spodní hranice je omezena otevřenou kategorií, pro kterou není nutné definovat standardní scénáře, protože provoz v této kategorii představuje velmi malé riziko. Horní hranice byla na základě analýzy již existujících standardních scénářů a stanovením potenciální hranice, která byla následně ověřena způsobem porovnání míry rizika představující provoz s nízkou úrovní rizika a provoz se střední úrovní rizika se specifické kategorie provozu UAS, stanovena hodnotou parametru SAIL II. Parametr SAIL byl zvolen z toho důvodu, že sjednocuje míru rizika na zemi a ve vzduchu a následně stanovuje způsob ověření integrity a způsoby splnění OSO, které se pro jednotlivé úrovně SAIL liší. Vzhledem k tomu, že UAS provozovány nad SAIL III včetně vyžadují ověření konstrukce, aby byla zajištěna dostatečná bezpečnost rizikovějšího provozu, nelze proto využít UAS pro otevřenou kategorii a UAS pro provoz na základě prohlášení, jelikož ty ověření konstrukce nepodléhají.

5 Tvorba nových standardních scénářů

V předchozí kapitole byl definován prostor pro tvorbu standardních scénářů. V tomto prostoru je možné vytvořit nové standardní scénáře, které pokryjí širší provoz a poskytnou více možností provozu na základě prohlášení, než poskytují stávající scénáře STS-01 a STS-02. Na základě poznatků z předešlé kapitoly lze definovat podmínky, které nesmí být během tvorby standardních scénářů porušeny. První podmínkou je samotná hranice prostoru. Ať už se jedná o spodní či horní hranici nesmí být ani jedna překročena. V návaznosti na tuto podmínku je důležité, aby byl provoz uskutečněn UAS, který nepodléhá žádné formě ověření EASA. Jinými slovy, musí se jednat o UAS splňující podmínky pro provoz v otevřené kategorii. Jestliže jsou splněny tyto dvě podmínky, je možné vytvořit pro daný provoz standardní scénář.

Hranice prostoru můžeme popsat pouze parametrem SAIL. Horní hranici jako SAIL II a spodní hranici jako SAIL I vzhledem k tomu, že je tato hodnota nejnižší ve specifické kategorii a nižší úroveň rizika představuje už jen provoz v otevřené kategorii. Před označením provozu parametrem SAIL I je nutné se ujistit, zda provoz nespadá ještě do otevřené kategorie. Tabulka 12 poskytuje grafický náhled prostoru pro tvorbu standardních scénářů. Z tabulky je patrné, že maximální hodnota konečné GRC musí pro splnění první podmínky nabývat hodnotu ne vyšší než 3 a zároveň hodnota zbytkové ARC nesmí přesáhnout ARC-b.

Tabulka 12 – Znázornění prostoru pro tvorbu standardních scénářů [2]

Určení SAIL				
	Zbytková ARC			
Konečná GRC	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Provoz kategorie C			

Pro příklad, provoz s úrovní rizika na zemi odpovídající konečné GRC 3 a úrovní rizika ve vzduchu odpovídající zbytkové ARC-c nelze zařadit do prostoru pro tvorbu standardních scénářů, a tudíž pro něj nelze vytvořit standardní scénář. Ovšem v případě, že na stejný provoz budou aplikována dostatečná zmírňující opatření, která sníží hodnotu ARC-c na ARC-b, bude již pro tento provoz možné standardní scénář vytvořit. Tento příklad dává najevo, že správná kombinace zmírňujících opatření v závislosti na popisu provozní koncepce je pro zařazení provozu do prostoru pro tvorbu standardních scénářů stěžejní.

5.1 Posouzení rizika na zemi

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, parametr SAIL slučuje úroveň rizika na zemi a ve vzduchu. Co se týče rizika na zemi je nutné, aby konečná hodnota GRC nepřesáhla hodnotu 3 a nedošlo tak k překročení hranice prostoru, ve kterém je možné vytvořit standardní scénáře. To ale neznamená, že počáteční GRC musí mít hodnotu 3 nebo méně. Pro vyšší hodnoty GRC je důležité vytvořit dostatečné zmírňující opatření, díky kterým lze na hodnotu 3 GRC snížit. Co je však pro určení počáteční hodnoty GRC omezující je druhá definovaná podmínka, která omezuje maximální rozměr UAS. UAS v otevřené kategorii totiž nesmí přesáhnout MTOM nad 25 kg, a co je pro určení GRC důležitější, jeho rozměr nesmí přesáhnout 3 m. V Tabulce 13 jsou vyznačeny hodnoty počáteční GRC, se kterými lze dále pracovat po zohlednění druhé podmínky. V této tabulce můžeme vidět, že hodnoty počáteční GRC nabývají hodnot od 1 do 8. Pro hodnoty 1 až 2 není dle první počáteční podmínky nutné definovat zmírňující opatření, protože i bez nich provoz nepřekročí horní hranici. Otázkou je, pro jakou maximální hodnotu je možné navrhnout zmírňující opatření, aby mohl být provoz zařazen mezi standardní scénáře.

Tabulka 13 – Akceptovatelné hodnoty počáteční GRC pro tvorbu standardních scénářů [2]

Vlastní třída rizika na zemi UAS				
Max. charakteristický rozměr UAS	1 m / cca 3 ft	3 m / cca 10 ft	8 m / cca 25 ft	> 8 m / cca 25 ft
Očekávaná specifická kinetická energie	< 700 J (cca 529 ft lb)	< 34 kJ (cca 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (cca 800 000 ft lb)
Provozní scénáře				
VLOS/BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou ¹⁸	1	2	3	4
VLOS nad řídké zalidněnou oblastí	2	3	4	5
BVLOS nad řídké zalidněnou oblastí	3	4	5	6
VLOS nad zalidněnou oblastí	4	5	6	8
BVLOS nad zalidněnou oblastí	5	6	8	10
VLOS nad shromážděním lidí	7			
BVLOS nad shromážděním lidí	8			

Dalším úkolem je určit o jakou maximální hodnotu lze snížit počáteční GRC. Počáteční GRC lze snížit několika způsoby. Prvním ze zmírňujících opatření je strategické zmírňující opatření rizika na zemi s označením kategorie M1. „Zmírňující opatření M1 jsou strategická zmírňující opatření, jejichž cílem je snížit počet osob vystavených riziku na zemi“ [2]. Snížení počtu osob vystavených riziku lze např. stanovením rezervy pro nouzové situace nebo zahájením provozu v době kdy se v provozním prostoru neočekává přítomnost většího počtu osob nezapojených do provozu. Míra robustnosti tohoto zmírňujícího opatření pak závisí na způsobu provedení a doložení provozovatelem, že zmírňující opatření odpovídají požadované úrovni integrity.

Vysoká úroveň robustnosti pro standardní scénář ale nelze uplatnit. Ověření integrity totiž provádí třetí strana, což by bylo v rozporu s provozem na základě prohlášení, kdy provoz nemusí být schvalován. Druhé zmírňující opatření se týká zmírnění následků nárazu na zem a lze ho zařadit do kategorie M2. „Cílem zmírňujících opatření M2 je zmírnit následky nárazu na zem po ztrátě řízení letu. To je řešeno zmírněním následků dynamiky nárazu UAS“ [2]. Zmírnění následků dynamiky nárazu je řešeno zabudováním systémů do UAS, které dokážou snížit jeho kinetickou energii před dopadem na zem. Míra robustnosti závisí na faktu, zda je UAS tímto systémem vybaven či do jaké míry následky dynamiky nárazu snižuje a na doložení provozovatelem, že systém je funkční a lze ho uplatnit v provozu. Vysoká míra robustnosti opět vyžaduje ověření integrity. V tomto případě je nutné ověření EASA, zda systém splňuje potřebnou úroveň integrity. UAS pro provoz na základě prohlášení tomuto ověření nepodléhají, a proto zmírňující opatření M2 s vysokou robustností opět nelze uplatnit. Poslední zmírňující opatření je zavedení ERP v kategorii M3. Toto opatření je určeno ke zmírnění stupňujících se následků havárie UAS. Příkladem může být havárie UAS při které dojde ke vznícení a následného ohrožení majetku či zdraví třetích stran. Na základě ERP by na místo měly být přivolány záchranné složky první pomoci, aby bylo zamezeno šíření požáru. Míra robustnosti závisí v tomto případě na faktu, zda je ERP pro provoz zaveden a do jaké míry případně snižuje počet osob vystavených riziku. Stejně jako v prvním případě je pro doložení vysoké robustnosti nutnost ověření efektivity a nácviku ERP třetí stranou. Nelze proto ERP s vysokou úrovní robustnosti pro standardní scénář uplatnit.

Ani jedno ze zmírňujících opatření nelze uplatnit s nejvyšší úrovní robustnosti, protože tato opatření vyžadují určitý typ ověření třetí stranou. V Tabulce 14 jsou vyznačeny hodnoty, o které lze počáteční GRC snížit. Můžeme si všimnout, že v případě uplatnění všech zmírňujících opatření se střední robustností nelze počáteční GRC snížit o více než 3.

Tabulka 14 – Hodnoty snížení počáteční GRC pro tvorbu standardních scénářů [2]

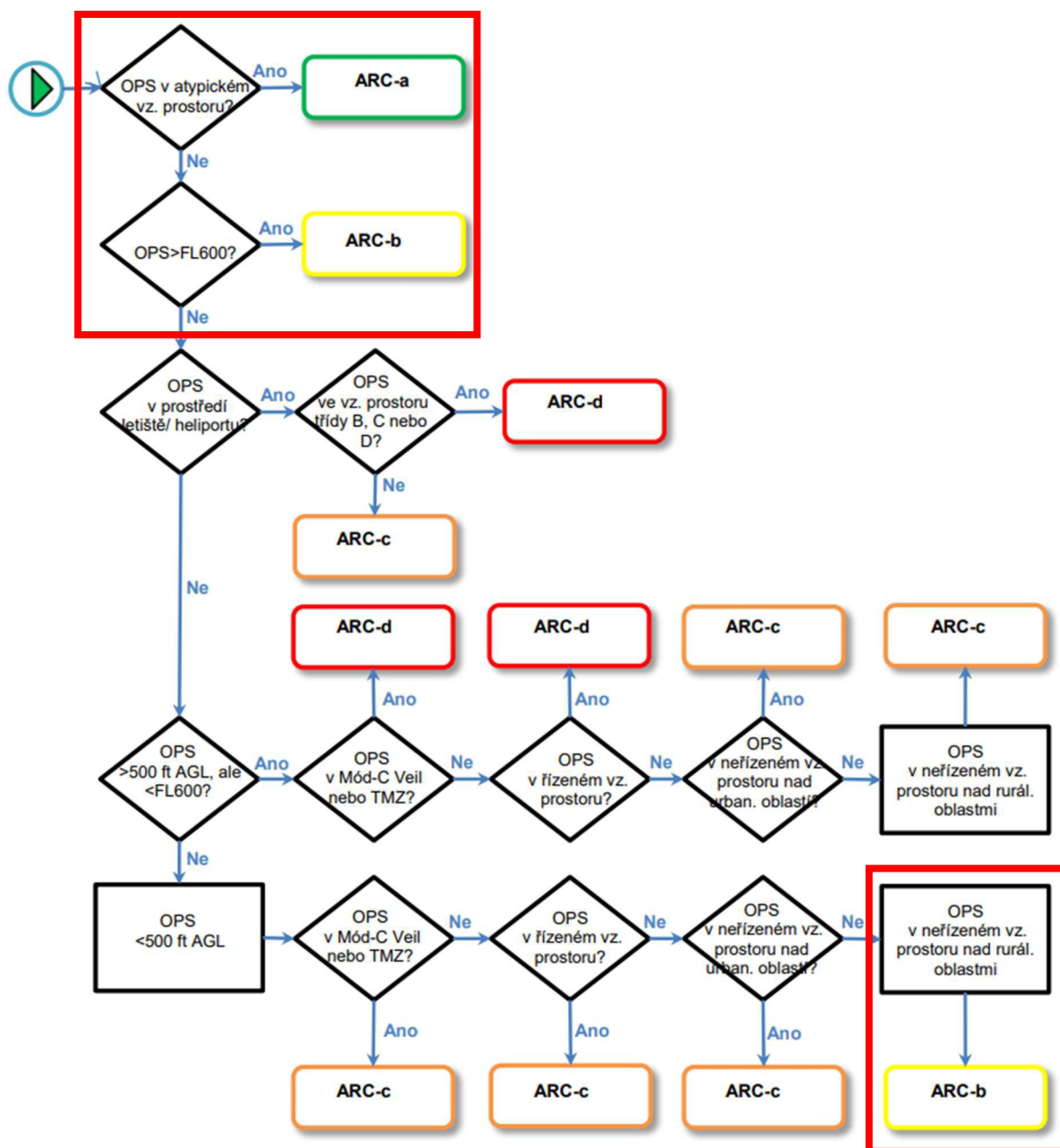
Sled zmírňujících opatření	Zmírňující opatření rizika na zemi	Robustnost		
		Nizká/žádná	Střední	Vysoká
1	M1 – Strategická zmírňující opatření rizika na zemi ²¹	0: žádná -1: nízká	-2	-4
2	M2 – Jsou zmírněny následky nárazu na zem ²²	0	-1	-2
3	M3 – Je zaveden pohotovostní plán (ERP), provozovatel UAS je ověřený a efektivní	1	0	-1

Vrátíme-li se zpět k Tabulce 13 a k hodnotám počáteční GRC, vidíme, že pro provoz nad shromážděním lidí nelze vytvořit standardní scénář. Hodnotu počáteční GRC lze snížit

maximálně o 3 což by znamenalo, že tato hodnota musí být nejvýše 6, aby bylo možné snížit počáteční GRC na přijatelnou hodnotu pro vytvoření standardního scénáře.

5.2 Posouzení rizika ve vzduchu

Určení rizika ve vzduchu je druhým kritériem potřebným k určení hodnoty parametru SAIL. Pro naše potřeby je nutné zajistit, aby ARC nepřesáhla hodnotu ARC-b. Bez stanovení zmírňujících opatření je možné provozovat UAS ve třech případech, jak je vidět na Obrázku 4.



Obrázek 4 – Počáteční ARC bez zavedení zmírňujících opatření [2]

Z předchozích kapitol víme, že prostor ARC-b je prostor, ve kterém je pravděpodobnost srážky s letadlem s pilotem na palubě nízká a pokud lze dokázat, že je tato pravděpodobnost nízká i

ve vyšších hodnotách ARC, lze počáteční hodnotu snížit na hodnotu nižší. To platí pro všechny hodnoty ARC. „ARC je kvalitativní klasifikací četnosti, se kterou by se UAS mohlo setkat s letadlem s pilotem na palubě v typickém zevšeobecněném civilním vzdušném prostoru. ARC je počáteční přidělení celkového rizika srážky pro vzdušný prostor, před použitím zmírňujících opatření. Skutečné riziko srážky konkrétního místního provozního prostoru by mohlo být zcela odlišné a může být nalezeno s pomocí použití strategických zmírňujících opatření ke snížení ARC“ [2]. Příkladem takového opatření může být provoz pouze v určitou denní dobu, kdy je v daném vzdušném prostoru výrazně nižší pravděpodobnost setkání s letadlem s pilotem na palubě, než je pro tento prostor běžné. Nebo v případě existujících standardních scénářů je provoz předem ohlášen, což umožňuje vyhnout leteckého provozu a následné snížení pravděpodobnosti setkání s letadlem s pilotem na palubě. Co se týče snížení počáteční ARC, je tedy možné prokázat nízké riziko v řízeném i neřízeném vzdušném prostoru s použitím strategických zmírňujících opatření a snížit tak ARC na zbytkovou ARC-b.

5.3 Návrh nových standardních scénářů

V Tabulce 15 je výpis všech možných kombinací provozních scénářů a zmírňujících opatření, které vedou ke snížení GRC na přijatelnou hodnotu 3. Vybrané byly pouze ty provozní scénáře, pro které lze hodnotu GRC snížit natolik, aby je bylo možné použít k vytvoření standardních scénářů. V některých případech není nutné zavádět zmírňující opatření, protože hodnota počáteční GRC tohoto provozu je již dostačující. Důležité je ale vzít v potaz, že absence některých zmírňujících opatření naopak hodnotu GRC zvýší. Na základě této tabulky lze jednoduše vybrat provozní scénář a zjistit jaká zmírňující opatření je potřeba vytvořit, aby byl provoz dostatečně bezpečný pro použití k tvorbě standardních scénářů.

Tabulka 15 – Výpis kombinací provozních scénářů a zmírňujících opatření ke snížení GRC na požadovanou hodnotu (maximální rozměr UAS)

Provozní scénář	Počáteční GRC	Zmírňující opatření rizika ne zemi	Konečné GRC	SAIL
VLOS/BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou (1 m)	1	Nejsou vyžadována žádná zmírňující opatření.	2	II
VLOS/BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou (3 m)	2	Nejsou vyžadována žádná zmírňující opatření.	3	II

Provozní scénář	Počáteční GRC	Zmírňující opatření rizika ne zemi	Konečné GRC	SAIL
VLOS nad řídkce zalidněnou oblastí (1 m)	2	Nejsou vyžadována žádná zmírňující opatření.	3	II
VLOS nad řídkce zalidněnou oblastí (3 m)	3	Může být vytvořena rezerva pro nouzové situace nebo zaveden ERP.	3	II
BVLOS nad řídkce zalidněnou oblastí (1 m)	3	Může být vytvořena rezerva pro nouzové situace nebo zaveden ERP.	3	II
BVLOS nad řídkce zalidněnou oblastí (3 m)	4	Může být vytvořena rezerva pro nouzové situace a zaveden ERP nebo vytvořena rezerva a zajištění zmírnění následků nárazu UAS na zem. Dostačující může být také vytvoření rezervy, přičemž bude zohledněno i chování UAS během nouzových situací.	3	II
VLOS nad zalidněnou oblastí (1 m)	4	Může být vytvořena rezerva pro nouzové situace a zaveden ERP nebo vytvořena rezerva a zajištění zmírnění následků nárazu UAS na zem. Dostačující může být také vytvoření rezervy, přičemž bude zohledněno i chování UAS během nouzových situací.	3	II
VLOS nad zalidněnou oblastí (3 m)	5	Může být vytvořena rezerva pro nouzové situace, UAS může být vybaven systémem pro zmírnění následků nárazu na zem a zaveden ERP. Nebo může být vytvořena rezerva pro nouzové situace, přičemž bude zohledněno i chování UAS během těchto situací a UAS může být vybaven systémem pro zmírnění následků nárazu na zem. Nebo může být vytvořena rezerva pro nouzové situace, přičemž bude zohledněno i chování UAS během těchto situací a zaveden ERP.	3	II

Provozní scénář	Počáteční GRC	Zmírňující opatření rizika ne zemi	Konečné GRC	SAIL
BVLOS nad zalidněnou oblastí (1 m)	5	Může být vytvořena rezerva pro nouzové situace, UAS může být vybaven systémem pro zmírnění následků nárazu na zem a zaveden ERP. Nebo může být vytvořena rezerva pro nouzové situace, přičemž bude zohledněno i chování UAS během těchto situací a UAS může být vybaven systémem pro zmírnění následků nárazu na zem. Nebo může být vytvořena rezerva pro nouzové situace, přičemž bude zohledněno i chování UAS během těchto situací a zaveden ERP.	3	II
BVLOS nad zalidněnou oblastí (3 m)	6	Je nutné vytvořit rezervu pro nouzové situace, přičemž bude zohledněno i chování UAS během těchto situací. Zároveň je nutné vybavit UAS systémem pro zmírnění následků nárazu UAS na zem a provést zkoušku těchto systémů. Nakonec je nutné zavést ERP.	3	II

Předchozí tabulka počítá s ARC-b. Ta byla pro zjednodušení stanovena na tuto hodnotu pro všechny provozní scénáře. Strategická zmírňující opatření mohou být různá pro jednotlivé typy vzdušného prostoru, a proto tato opatření nelze přehledně zanést do tabulky. Všechna tato opatření mají ale společný cíl, a to snížení pravděpodobnosti setkání UAS s letadlem s pilotem na palubě na přijatelnou hodnotu ARC-b či nižší. Efektivním snížením ARC může být např. ohlášení provozu, jak je aplikováno pro již existující standardní scénáře pro provoz v řízeném vzdušném prostoru.

Nové standardní scénáře lze nyní vytvořit definováním provozního scénáře a výpisem zmírňujících opatření z Tabulky 15. Následně lze určit vzdušný prostor, ve kterém může být UAS na základě tohoto scénáře provozován. Již existující standardní scénáře STS-01 a STS-02 pokrývají provoz ve VLOS a BVLOS nad kontrolovanou pozemní plochou. Tyto provozní scénáře můžeme tedy při tvorbě nových standardních scénářů vyloučit.

Jedním z možných standardních scénářů, který lze vytvořit je provoz ve VLOS nad řídicí zalidněnou oblastí s použitím UAS s rozpětím do 1 m. Tento provoz by mohl být provozován do výšky 150 m v neřízeném vzdušném prostoru. Navržení takového scénáře nevyžaduje žádná zmírňující opatření, která musí provoz splňovat. Konečná hodnota GRC je 3 a hodnota ARC je ARC-b, která odpovídá neřízenému vzdušnému prostoru.

Dalším takovým standardním scénářem může být provoz BVLOS nad řídicí zalidněnou oblastí s použitím UAS s rozpětím do 3 m. Tento provoz by mohl být opět provozován do výšky 150 m v neřízeném vzdušném prostoru. Takový provoz již vyžaduje zmírňující opatření. Tato opatření musí zmírnit GRC o 1, čehož lze dosáhnout několika způsoby správnou kombinací zmírňujících opatření. Jednou možností je vytvoření rezervy pro nouzové situace a zavedení ERP. Druhá možnost je také vytvoření rezervy pro nouzové situace a zajištění zmírnění následků nárazu UAS na zem. Poslední možností, jak snížit GRC o 1 je vytvoření rezervy, přičemž bude zohledněno i chování UAS během nouzových situací. Pro neřízený vzdušný prostor nejsou stanovena žádná zmírňující opatření. Opět se jedná o hodnotu ARC-b.

Nejnebezpečnějším provozním scénářem, pro který může být vytvořen standardní scénář je provoz BVLOS nad zalidněnou oblastí s použitím UAS s rozpětím do 3 m. Tento provoz by mohl být provozován do výšky 150 m a tentokrát v řízeném vzdušném prostoru. Pro tento provoz musí být aplikovány všechny zmírňující opatření aplikovatelné na provoz na základě prohlášení, aby pro něj mohl být vytvořen standardní scénář. Pro provoz je nutné vytvořit rezervu pro nouzové situace, přičemž bude zohledněno i chování UAS během těchto situací. Zároveň je nutné vybavit UAS systémem pro zmírnění následků nárazu UAS na zem a provést zkoušku těchto systémů. Nakonec je nutné zavést ERP. Ke snížení rizika ve vzdychu bude nutné provoz předem ohlásit.

6 Závěr

Přestože jsou bezpilotní systémy záležitostí převážně 21. století, představují již v této době obrovský potenciál, díky jejich rychlému technologickému vývoji a jednoduché konstrukci. Rychlý vývoj a velký nárůst počtu těchto systémů však přináší určitá rizika spojená s jejich provozem. Nový legislativní rámec Evropské unie v podobě Nařízení EU 2019/947 a Nařízení EU 2019/945 slučuje provoz všech UAS a určuje pravidla, za kterých je možné UAS provozovat s cílem zajistit dostatečnou úroveň bezpečnosti a zmírnit rizika, která jejich provoz přináší. Proces zajištění dostatečné úrovně bezpečnosti pro rizikovější provoz, ale vyžaduje zdoluhavý proces posouzení provozních rizik, což může odradit některé provozovatele. Evropská unie proto přišla spolu s novou legislativou i s novým typem provozu v podobě standardních scénářů, které pro rizikovější provoz přesně stanovují podmínky, za jakých je možné zajistit dostatečnou úroveň bezpečnosti. Tyto scénáře zatím ale pokrývají jen malou část provozu a pro tvorbu nových nebyl přesně definován prostor.

Cílem práce bylo vytvořit prostor pro tvorbu standardních scénářů pro specifickou kategorii provozu bezpilotních systémů. Byl popsán provoz podle standardních scénářů a následně pro něj byla přiřazena úroveň rizika, který tento provoz ve specifické kategorii představuje. Na základě tohoto rizika byla stanovena hranice, kterou provoz nesmí překročit, aby mohl být uznán jako standardní scénář.

První část práce se zabývá rozdělením provozu UAS do tří kategorií, jak je definuje nové Nařízení EU 2019/947, jehož cílem je vytvořit unifikovaná pravidla provozu UAS za účelem zvýšení bezpečnosti tohoto provozu. V rámci této, části byl představen provoz na základě prohlášení, který spadá do specifické kategorie provozu, a pro který byly určeny dva standardní scénáře. Ty byly následně popsány v samostatné kapitole.

Druhá část popisuje proces, jakým byl nalezen prostor pro tvorbu standardních scénářů. Proces vychází z analýzy již existujících standardních scénářů, pro které byla nalezena hodnota parametru, který slučuje rizika na zemi a ve vzduchu. Tento parametr byl použit ke stanovení maximálního rizika, které je akceptovatelné pro provoz na základě prohlášení, tedy podle standardních scénářů. Následně byla tato pomyslná hranice ověřena legislativní cestou. Bylo zjištěno, že úroveň rizika, které určitý provoz představuje je přímo úměrné počtu zmírňujících opatření a jejich robustnosti. Zmírňující opatření nad stanovenou hranici byla v rozporu s podmínkami pro provoz podle standardních scénářů, jelikož uznání vyšší úrovně robustnosti vyžaduje ověření, kterému UAS určené pro tento provoz nepodléhají.

V nalezeném prostoru byly následně stanoveny provozní scénáře, které v kombinaci s dostatečně robustními zmírňujícími opatřeními odpovídají přijatelné úrovni rizika pro tvorbu standardních scénářů. Ty byly použity k tvorbě několika doplňujících standardních scénářů.

Určením maximální úrovně rizika akceptovatelné pro provoz na základě prohlášení a s tím spojené definováním prostoru pro tvorbu standardních scénářů bylo dosaženo požadovaného cíle této bakalářské práce.

Použité zdroje

- [1] Certified Category - Civil Drones. *Easa.europa.eu* [online]. [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/certified-category-civil-drones>
- [2] Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems. *Easa.europa.eu* [online]. Copyright © June 2021 [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy%20Access%20Rules%20for%20Unmanned%20Aircraft%20Systems.pdf>
- [3] EUR-Lex - 32019R0945 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32019R0945>
- [4] EUR-Lex - 32019R0947 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32019R0945>
- [5] Guidelines on Design verification of UAS operated in the 'specific' category and classified in SAIL III and IV. *Easa.europa.eu* [online]. 31 March 2021 [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/guidelines_design_verification_uas_medium_risk.pdf
- [6] CH-STC. *Federal office of civil aviation FOCA* [online]. [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.bazl.admin.ch/bazl/en/home/good-to-know/drohnen/wichtigsten-regeln/bewilligungen/standardverfahren/ch-stc.html>
- [7] Standard scenarios. *D-flight* [online]. [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: https://www.d-flight.it/new_portal/en/scenari-standard/

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Určení vlastní GRC	12
Tabulka 2 - Určení konečné GRC	12
Tabulka 3 - Určení parametru SAIL	14
Tabulka 4 - Seznam existujících standardních scénářů	18
Tabulka 5 - Minimální vzdálenost rezervy pro pokrytí rizika na zemi	19
Tabulka 6 – Určení hodnoty počáteční GRC pro STS-01	25
Tabulka 7 – Snížení počáteční GRC pro STS-01	25
Tabulka 8 – Určení parametru SAIL pro STS-01	28
Tabulka 9 - Určení hodnoty počáteční GRC pro STS-02	29
Tabulka 10 - Snížení počáteční GRC pro STS-02	29
Tabulka 11 - Určení parametru SAIL pro STS-02	30
Tabulka 12 – Znázornění prostoru pro tvorbu standardních scénářů	33
Tabulka 13 – Akceptovatelné hodnoty počáteční GRC pro tvorbu standardních scénářů ...	34
Tabulka 14 – Hodnoty snížení počáteční GRC pro tvorbu standardních scénářů	35
Tabulka 15 – Výpis kombinací provozních scénářů a zmírňujících opatření ke snížení GRC na požadovanou hodnotu	37

Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulka cílů provozní bezpečnosti (OSO) [2]

Číslo OSO		SAIL					
		I	II	III	IV	V	VI
	Technické záležitosti UAS						
OSO#01	Zajistit, že provozovatel UAS je odborně způsobilý a/nebo prověřený	O	L	M	H	H	H
OSO#02	UAS vyroben odborně způsobilým a/nebo prověřeným subjektem	O	O	L	M	H	H
OSO#03	UAS udržován odborně způsobilým a/nebo prověřeným subjektem	L	L	M	M	H	H
OSO#04	UAS vytvořen podle úřadem uznávaných projekčních standardů ²³	O	O	L	L	M	H
OSO#05	UAS je navrženo s ohledem na bezpečnost a spolehlivost systému	O	O	L	M	H	H
OSO#06	Výkonnost C3 spojení je přiměřená danému provozu	O	L	L	M	H	H
OSO#07	Prohlídka UAS (výrobní kontrola) k zajištění souladu s ConOps	L	L	M	M	H	H
OSO#08	Provozní postupy jsou definovány, ověřeny a dodržovány	L	M	H	H	H	H
OSO#09	Dálkově řídicí posádka vyškolená, výcvik je aktuální a je schopna kontrolovat mimořádné situace	L	L	M	M	H	H
OSO#10	bezpečné vybrání technického problému	L	L	M	M	H	H
	Degradace externích systémů podporujících provoz UAS						
OSO#11	Zavedeny postupy řešení degradace externích systémů podporujících provoz UAS	L	M	H	H	H	H
OSO#12	UAS je navržen tak, aby se vyrovnal s degradací externích systémů podporujících provoz UAS	L	L	M	M	H	H
OSO#13	Externí služby podporující provoz UAS odpovídají provozu	L	L	M	H	H	H
	Lidská chyba						
OSO#14	Provozní postupy jsou definovány, ověřeny a dodržovány	L	M	H	H	H	H
OSO#15	Dálkově řídicí posádka vyškolená, výcvik je aktuální a je schopna kontrolovat mimořádné situace	L	L	M	M	H	H

OSO#16	Spolupráce ve vícečlenné posádce	L	L	M	M	H	H
OSO#17	Dálkově řídicí posádka je pro provoz (zdravotně) způsobilá	L	L	M	M	H	H
OSO#18	Automatická ochrana letové obálky před lidskou chybou	O	O	L	M	H	H
OSO#19	Bezpečné vybrání z následků lidské chyby	O	O	L	M	M	H
OSO#20	Bylo provedeno hodnocení lidských činitelů a nalezeno vhodné rozhraní člověka a stroje (HMI) pro daný úkol	O	L	L	M	M	H
	Nepříznivé provozní podmínky						
OSO#21	Provozní postupy jsou definovány, ověřeny a dodržovány	L	M	H	H	H	H
OSO#22	Dálkově řídicí posádka je vyškolená, aby identifikovala kritické podmínky prostředí a vyhnula se jim	L	L	M	M	M	H
OSO#23	Podmínky prostředí pro bezpečný provoz jsou definovány, změřitelné a dodržovány	L	L	M	M	H	H
OSO#24	UAS je navrženo a způsobilé pro nepříznivé podmínky prostředí	O	O	M	H	H	H