

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

LUKÁŠ DVOŘÁČEK

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza a hodnocení balistických záchranných systémů v provozu letounů kategorie  
Ultralight a LSA  
Bakalářská práce

2024

Lukáš Dvořáček

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)**

Jméno a příjmení: **Lukáš Dvořáček**  
Osobní číslo: **D21370**  
Studijní program: **B0716P040001 Technika, technologie a řízení letecké dopravy**  
Téma práce: **Analýza a hodnocení balistických záchranných systémů v provozu letounů kategorie Ultralight a LSA**  
Zadávací katedra: **Katedra letecké dopravy**

## Zásady pro vypracování

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu a hodnocení balistických systémů u Ultralightů a lehkých sportovních letadel. V první části budu popisovat funkci a vlastnosti systému, dále analyzovat letecké nehody, při kterých byl použit záchranný systém. Ve druhé části se pokusím vytvořit statistiky a porovnat, který typ systému se nejčastěji používá a jaký má procento úspěšnosti při záchraně života. Na závěr bych chtěl ještě popsat použití záchranných balistických systémů u bezpilotních letounů.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce:

**minimálně 35 stran  
dle pokynů vedoucího práce  
tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

EWING, E. G.; BIXBY, H. W.; KNACKE, T. W. Recovery system design guide. [Department of Defense], Department of the Air Force, Systems Command, Air Force Wright Aeronautical Laboratories, Air Force Flight Dynamics Laboratory, 1978.

<https://uzpln.cz/>

Galaxy GRS [online]. [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/>

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. David Řeha**  
Katedra letecké dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **13. října 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2024**

L. S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Petr Mrázek, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2024

Prohlašuji: Práci s názvem Analýza a hodnocení balistických záchranných systémů v provozu letounů kategorie Ultralight a LSA jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 13. května 2024

Lukáš Dvořáček

## **Poděkování**

Velice rád bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práci panu Ing. Davidu Řehovi, za odborné vedení bakalářské práce, připomínky, cenné rady, trpělivost a pomoc při tvorbě práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině, spolužákům a kamarádce z Prahy za pomoc a podporu při tvorbě práce.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu a hodnocení balistických systémů u Ultralightů a lehkých sportovních letadel. V první části budu popisovat funkci a vlastnosti systému, dále analyzovat letecké nehody při kterých byl použit záchranný systém. Ve druhé části se pokusím vytvořit statistiky a porovnat, který typ systému se nejčastěji používá a jaký má procento úspěšnosti při záchraně života. Na závěr bych chtěl ještě popsat použití záchranných balistických systémů u bezpilotních letounů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Záchranný systém, padák, letoun, softpack, kontejner, slider

## **TITLE**

Analysis and evaluation of ballistic rescue systems in operation of ultralight and LSA aircraft

## **ANNOTATION**

The bachelor thesis is focused on the analysis and evaluation of ballistic systems in Ultralights and light sport aircraft. In the first part, I will describe the function and characteristics of the system, then analyze the aviation accidents in which the rescue system was used. In the second part, I will try to create statistics and compare which type of system is most commonly used and what the percentage of success in saving a life is. Finally, I would like to describe the use of rescue ballistic systems in drones.

## **KEYWORDS**

Rescue system, parachute, airplane, softpack, container, slider

# Obsah

Úvod.....	13
1 Historie padákových záchranných systémů ve světě.....	14
1.1 Historie u nás .....	15
2 Předpis pro záchranné systémy .....	17
2.1 Maximální provozní zatížení .....	17
2.2 Maximální provozní rychlost.....	17
2.3 Hlavní části padákového systému.....	17
2.3.1 Záchranný padákový systém.....	18
2.3.2 Funkčně otevřen.....	18
2.4 Druhy systému .....	18
2.4.1 Obecné provozní meze.....	18
2.4.2 Záchranné padákové systémy .....	18
2.5 Požadavky .....	18
2.5.1 Konstrukce a vazby.....	19
2.5.2 Značení.....	19
2.5.3 Vnější obal .....	19
2.5.4 Zkouška vlivu prostředí a stlačení obalu .....	19
2.5.5 Zkouška pevnosti .....	20
2.5.6 Záchranné padákové systémy .....	20
2.6 Zkoušky klesavosti .....	20
2.6.1 Záchranné padákové systémy .....	20
2.6.2 Zkoušky stability.....	21
2.7 Zkouška minimální bezpečné výšky.....	21
2.7.1 Záchranné padákové systémy .....	21
2.7.2 Zkouška ZPS při aktivaci raketovým motorem nebo aktivacním zařízením.....	21
3 Záchranný systém od firmy Galaxy GRS.....	22
3.1 Řešení.....	22
3.2 Konstrukce .....	24
3.3 Odpálení systému .....	24

3.4	Nevýhody GRS systému.....	25
3.5	Porovnání.....	27
3.6	Skladování.....	27
3.7	Druhy a umístění systému.....	27
4	Záchranný systém od firmy Stratos.....	32
4.1	Typy provedení systému.....	32
4.2	Aktivace a funkce záchranného systému.....	33
4.3	Minimální účinná výška.....	35
4.4	Typy systému pro různé letouny.....	35
4.5	Umístění záchranného systému na SLZ.....	36
4.6	Účinnost záchranného systému.....	36
4.7	Provozní kontroly systému.....	37
5	Analýza a hodnocení systémů.....	40
5.1	Nehody ULL a SLZ.....	41
5.1.1	Postup pro aktivaci systému.....	41
5.1.2	Možné důvody použití systému.....	42
5.2	Úspěšnost záchrany systému Galaxy GRS.....	43
5.3	Úspěšnost záchrany systému Magnum.....	45
5.4	Příčiny nehod.....	46
6	Bezpilotní letadla.....	49
6.1	Dělení dronů.....	49
6.1.1	Multikoptéry.....	49
6.1.2	Letouny.....	49
6.2	Záchranný systém u dronů.....	49
	Závěr.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	52
	ZDROJE POUŽITÝCH NEHOD.....	53
	ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK.....	55

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

<b>Obrázek 1:</b> Rok 1984 motorové rogallo MZK - 2 s prvním balistickým systémem .....	16
<b>Obrázek 2:</b> Vnitřní uspořádání systému GRS .....	23
<b>Obrázek 3:</b> Odpálení systému GRS.....	25
<b>Obrázek 4:</b> Otevírání ZS pomocí slideru.....	26
<b>Obrázek 5:</b> Otevírání ZS pomocí středové šňůry .....	27
<b>Obrázek 6:</b> Směry vystřelení systému .....	28
<b>Obrázek 7:</b> Montáž na letoun .....	28
<b>Obrázek 8:</b> Montáž na rogallo .....	28
<b>Obrázek 9:</b> Montáž do letounu .....	29
<b>Obrázek 10:</b> Montážní sestava výtažného systému.....	30
<b>Obrázek 11:</b> Modifikace B a B-2.....	31
<b>Obrázek 12:</b> Modifikace B a B-2/R.....	31
<b>Obrázek 13:</b> Správné vystřelení systému .....	34
<b>Obrázek 14:</b> Druhy systémů.....	35
<b>Obrázek 15:</b> Balení raketového motoru Magnum .....	38
<b>Obrázek 16:</b> Systém Softpack .....	39
<b>Obrázek 17:</b> Systém kontejner .....	39
<b>Obrázek 18:</b> Nehody od roku 2004 do roku 2021 .....	41
<b>Obrázek 19:</b> Úspěšnost použití systému Galaxy .....	44
<b>Obrázek 20:</b> Úspěšnost záchrany osob systémem Galaxy .....	44
<b>Obrázek 21:</b> Úspěšnost použití systému Magnum .....	45
<b>Obrázek 22:</b> Úspěšnost záchrany osob systémem Magnum .....	46
<b>Obrázek 23:</b> Příčiny nehod s nainstalovaným záchranným systémem na palubě letounu .....	47
<b>Tabulka 1:</b> Provozní meze systémů analyzovaných u leteckých nehod.....	40
<b>Tabulka 2:</b> Použití systému Galaxy .....	43
<b>Tabulka 3:</b> Úspěšnost záchrany osob systémem Galaxy .....	44
<b>Tabulka 4:</b> Úspěšnost použití systému Magnum.....	45
<b>Tabulka 5:</b> Úspěšnost záchrany osob systémem Magnum .....	45
<b>Tabulka 6:</b> Technické parametry systému GBS 10.....	50

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

MZK – motorový závěsný kluzák

PG – padákový kluzák

ZK – závěsný kluzák

ULL – ultralehké letadlo

LAA – letecká amatérská asociace

EAS – ekvivalent airspeed

SLZ – sportovní letecké zařízení

PPG – Motorový padákový kluzák bez podvozku

MPG – motorové padákové kluzáky s motorem na podvozku

ULLa – ultralehký letoun řízený aerodynamickými silami

ULLt – ultralehký letoun řízen změnou těžiště

MPK – souhrnné označení pro PPG a MPG

ULV – ultralehký vrtulník

ULK – ultralehký kluzák

ULH – ultralehký vrtulník

UB – ultralehký balón

MSA – mezinárodní standartní atmosféra

TPH – tuhá pohonná hmota

ZS – záchranný systém

## TERMINOLOGIE

**Vrchlík** – horní látková část padáku

**Patronová jednotka** – výbušný mechanismus, který pomocí raketového motoru vystřeluje sedačku nad letoun

**Pyromechanismus** – je to pyrotechnický prvek, který při zapálení způsobí rychlý výbuch nebo hoření. To generuje tlak nebo teplo, které pohání píst nebo raketový motor

**Kontejner** – obal na vrchlík

**Bowden** – ocelové lanko, které vede skrz ochranou trubičku od rukojeti záchranného systému až k raketnici motoru

**Raketnice** – kryt pro raketový motor

**Pyroiniciátor** – je to součástka, která iniciuje spouštění chemických reakcí nebo procesů při aktivaci záchranného zařízení pomocí zábleskové složky (jiskry)

## Úvod

Vzhledem k rychlému nárustu ultralehkých letadel a leteckých sportovních zařízení v leteckém prostředí se práce zaměřuje na balistické záchranné systémy. Tyto systémy se stávají častější součástí letounů, mohou výrazně zvýšit bezpečnost posádky při vyskytnutí kritické situace za letu. Cílem práce je popsat funkci a vlastnosti balistických záchranných systémů, analyzovat skutečné nehody, které se staly a vytvořit statistiky úspěšnosti záchrany posádky při použití systému.

V první části bude popsána teoretická část systému od dvou výrobců Galaxy GRS a Stratos 07. Autor vybral tyto dvě firmy, protože jsou nejrozšířenější v České republice. Dále bude vysvětlen princip funkčnosti, typy provedení a meze použití systému. Poté bude popisována analýza nehod a systémů, které byly na letounech použity.

Druhá část práce se zacílí na statistiky úspěšnosti použití systému a záchrany osob, příčiny nehod a jejich stručný popis. Statistiky budou rozděleny podle výrobce.

Na závěr se autor zacílí na balistické záchranné systémy u bezpilotních letounů.

Cílem práce není pouze zobrazit přehled balistických záchranných systémů, ale také porozumět jejich využití, a hlavně zhodnocení účinnosti při záchranně lidského života.

# 1 Historie padákových záchranných systémů ve světě

Zkonstruovat padák pro letoun spadá do roku 1930. Pilot Vance Breese z Deotroitu létal svoji akrobacii na leteckém dni, kde na svém letounu měl připevněný padák, který poté roztáhnul a s letounem na padáku úspěšně přistál. Ovšem tato myšlenka byla pouze pro pobavení návštěvníků leteckého dne. Více se padákové systémy začaly rozvíjet až za druhé světové války, přesto největší rozmach měly ale ruční padáky. V té době nebyl padákový systém pro letouny ještě na kreslicím stole. Dlouho po válce, až s příchodem konstrukce a stavbou ultralehkých letadel, nastala ta pravá chvíle začít zkoušet padáky pro letouny. (ŠORF, Oldřich, 2015.)

V roce 1980 se rozhodl Jim Handbury z Ameriky vytvořit pokus, při kterém si na svém letounu Quicksilver MX záměrně poškodil křídla, aby vyzkoušel, zda při nekontrolovatelnému pádu lze použít padák, který pak ručně otevře a přistane na něm i s letounem. Tento celý pokus natočil na video. Po delší době zvládnul udělat i další úspěšný pokus, při kterém se stejným letounem použil padák s raketovým systémem nad vodní plochou ve výšce 23 metrů a přistál s ním. Od té doby založil společnost Handbury parachutes na výrobu padákových systémů. Jim Handbury zemřel při neúspěšném pokusu s Cessnou 150 v roce 1984. Po jeho smrti byla společnost přejmenována na Free Flight Enterprise. (ŠORF, Oldřich, 2015.)

Ve stejné době objevil myšlenku zkonstruovat padák Boris Popov z Minnesoty, když nad svým rogalem ztratil kontrolu a začal ze 400 metrů padat k zemi. Stihl však roztáhnout padák, který měl na zádech a pád přežil. Tato událost vedla k dalšímu vývoji padákového záchranného systému pro letadla a založil v roce 1980 společnost Ballistic Recovery Systems (BRS). V roce 1982 představila společnost svůj model padáku pro ultralehká letadla. O rok později se poprvé zachránilo letadlo s pasažéry při použití právě tohoto padákového systému. Roku 1993 získala jako první společnost od Federálního úřadu pro letectví certifikát pro instalaci padáku na letoun Cessna 150/152. Největší úspěch byl v roce 1994, kdy společnost zahájila spolupráci s výrobcem letadel firmou Cirrus, do kterých začali montovat padákové systémy. (BRS AVIATION, c1998-2014.)

V roce 2002 byla vytvořena certifikace pro letadlo typu Cessna 172 a v roce 2004 pro Cessna Skylane. V té době už létalo 1500 letounů typu Cirrus se zamontovaným záchranným

padákem. V roce 2007 měla společnost prodaných přes 25 tisíc padákových systémů, z toho více jak 3 tisíce kusů do certifikovaných letounů. (BRS AVIATION, c1998-2014.)

## 1.1 Historie u nás

Druhým největším výrobcem záchranných balistických systémů ve světě je česká firma Galaxy GRS. V tehdejší Československu byl průkopníkem Milan Bábovka, jenž v roce 1975 začal vyrábět a létat na závěsných kluzácích. Společně s kamarády začali konstruovat rogal a kopírovat mnohé konstrukce letounů, přes které se postupně zdokonalovali, až dokázali zhotovit vlastní křídla. (GALAXY GRS)

S příchodem roku 1983 byl v Libereckém Delta klubu zhotoven první dvoumístný letoun a zároveň vyroben nový záchranný balistický systém. Rok poté, když nastal rozmach v motorových rogalech, začala z Delta klubu postupně vznikat firma Galaxy GRS. S vývojem rogal přišly i první smrtelné nehody. To vyvolalo myšlenku zkonstruovat padák založený na balistickém systému pro rychlejší vytažení padáku v malé výšce a pro větší šanci na záchranu pilota. To byl impuls pro partu kamarádů společně s Milanem Bábovkou z Delta klubu, kteří začali vyrábět záchranné systémy. Pomohly jim vyřazené vrchlíky z armády nebo z doby svazarmu a pustili se do montáže padáků na rogal. První zlom nastal v roce 1985, když se zachránil první pilot pomocí nově vyvinutého balistického systému. (GALAXY GRS)

Konstruktéři se inspirovali sedačkami z MiGů, které byly na bázi patronových jednotek. Vyrobili první balistické systémy, které doplnili protiváhou a tlumičem. Po roce 1989 spustili první výrobu vlastních vrchlíků a rozdělení systému na GBS-1 pro jednomístné a GBS-2 pro dvoumístné MZK. (GALAXY GRS)

Koncem osmdesátých let přišly nové možnosti, a to paragliding. S jeho rozmachem byla založena škola paraglidingu a závěsného létání, kterou prošlo přes 700 pilotních studentů, a ti se postupně přeškolili na instruktory a inspektory. V rozmezí mezi roky 1989 a 2002 firma vyrobila na dva tisíce padákových kluzáků. Dále začali vyrábět doplňky, jako jsou sedačky, kombinézy a elektronické přístroje. Ovšem velký rozkvět pro firmu nastal v roce 1992, kdy se k firmě připojil zkušený konstruktér a vynálezce vystřelovací sedačky do letounu L-39 Albatros Jirí Janeček. Přinesl do firmy návrh na konstrukci univerzálního raketového motoru a výtazného systému s novými padáky. (GALAXY GRS)

Firma Galaxy GRS je soběstačná a není vázána na cizí účasti. Vyrábí 59 modifikací raketových systémů a přes 39 různých typů padáků. Od odhazovacích pro PG a ZK, až po

balistické záchranné systémy ultralightů. Dodnes firma vyrobila přes 11 tisíc padáků všech druhů, z toho kolem 7 tisíc raketových padákových záchranných jednotek a na 2 tisíce padákových kluzáků. (GALAXY GRS)



**Obrázek 1:** Rok 1984 motorové rogallo MZK - 2 s prvním balistickým systémem

Zdroj: (GALAXY GRS)

## **2 Předpis pro záchranné systémy**

Vydává a spravuje LAA. Je to organizace, která je tvořena sdružením občanů pro nekomerční, rekreační a sportovní létání. Je delegována Ministerstvem dopravy České republiky. Tato asociace je pověřenou organizací a vydává různé certifikace pro pilotní oprávnění a provoz SLZ v ČR. Do SLZ spadá PK, MPK, UB, ZK, ULV, ULH, ULK, ULLt, ULLa, které musí být do vzletové hmotnosti 600 Kg. V Evropě s tímto složením je LAA jedinečná. Organizace zaručuje co nejlepší podmínky pro bezpečnost, dostupnost letectví SLZ a jejich provozní a organizační postupy. Zajišťuje i jejich vývoj, kvalitu konstrukce a stavbu. Předpis popisuje i padákové komplety SLZ, ale tato práce popisuje pouze záchranné systémy. (LAA, 1998)

### **2.1 Maximální provozní zatížení**

Znamená maximální nosnost záchranného padáku při dodržení požadavků na pevnost a klesavost. Tato nosnost se rovná celkové hmotnosti posádky, SLZ a záchranného systému. (LAA, 1998)

### **2.2 Maximální provozní rychlost**

„Rovná se max. provozní rychlosti v okamžiku otevření padáku nebo uvedení systému do činnosti v km/h EAS.“ (LAA, 1998. s. 4)

### **2.3 Hlavní části padákového systému**

- 1) Zařízení pro aktivaci otevření systému: rukojeť odhazovacího kontejneru, rukojeť uvolňovače systému, rukojeť aktivace pyromechanismu nebo raketového motoru, výtažný padák.
- 2) Zařízení pro regulaci otevírání vrchlíku: vak vrchlíku, kontejner, brzdící plátno nebo rovnocenná část.
- 3) Padák, vrchlík, včetně nosných šňůr, středových šňůr a spojovacích členů.
- 4) Volné konce nosného postroje: kotevní a spojovací lana, nosné popruhy, nosný systém ULL, karabiny.
- 5) Obal padáku: textilní obaly, kovové obaly a pouzdra z umělých hmot.
- 6) Nosné postroje: pro osoby, leteckou techniku, závěsná zařízení.
- 7) Primární uvolňovací zařízení: uvolňovací lanko nebo systém, nebo funkčně rovnocenná část. (LAA, 1998)

### **2.3.1 Záchranný padákový systém**

- 1) Úplný záchranný padákový systém se skládá ze záchraného padáku, aktivačního zařízení a je pomocí spojovacích a upevňovacích prvků spojen s SLZ. Je určen k záchraně posádky a SLZ. (LAA, 1998)

### **2.3.2 Funkčně otevřen**

„Znamená, že padák je plně otevřen tak, aby zajistil průměrnou vertikální rychlost klesání (VRK) rovnou nebo menší než 6,8 m/s v posledních 30 metrech nad terénem pro záchranné padákové systémy (ULLa, ULV, ULLt, MPK, ZK).“ (LAA, 1998. s. 4)

## **2.4 Druhy systému**

Rozdělení systému podle počtu osob v letadle. Systémy vymezují minimální požadavky letové a technické způsobilosti padákových systémů k záchraně pilota a osádky SLZ. (LAA, 1998)

### **2.4.1 Obecné provozní meze**

Musí být prokázáno, že záchranné systémy splňují požadavky tohoto předpisu, tím získají typový průkaz. Záchrannému systému musí být vystaven typový průkaz pro libovolnou provozní hmotnost a rychlost rovnou nebo větší, než je uvedeno níže. (LAA, 1998)

### **2.4.2 Záchranné padákové systémy**

- 1) „Záchranný padákový systém pro jednu osobu včetně ULLa, ULLt, MPK, ULV. Provozní zatížení nesmí být menší než max. vzletová hmotnost SLZ, tj. 90 kilogramů pilota a maximální hmotnosti SLZ včetně paliva. Otevírací rychlost systému nesmí být menší než 160 km/h EAS.“ (LAA, 1998. s. 5)
- 2) „Záchranný padákový systém pro dvě osoby včetně ULLa, ULV, ULLt, MPK. Provozní zatížení nesmí být menší než max. vzletová hmotnost SLZ, tj. 180 kilogramů hmotnosti posádky a max. hmotnosti SLZ včetně paliva. Otevírací rychlost nesmí být nižší než 170 km/h EAS.“ (LAA, 1998. s. 5)

## **2.5 Požadavky**

Musí zajistit spolehlivou funkci systémů při běžném používání po dobu minimálně 36 měsíců. „Musí být takové jakosti, která byla prokázána jako vhodná pro výrobu padáků dokumentovanou zkouškami. Všechny materiály musí zachovávat funkčnost při skladování od

– 40 až do + 90 °C od 0 do 100 % relativní vlhkosti. Všechny galvanicky pokovené součásti musí být zpracovány tak, aby byla minimalizována vodíková křehkost.“ (LAA, 1998. s. 5)

### **2.5.1 Konstrukce a vazby**

„Pevnostní zatížení konstrukce musí odpovídat navrženému zatížení násobeného koeficientem bezpečnosti  $k = 1,5$ . Materiály musí být navrženy tak, aby snesly bez trvalé deformace zatížení předepsané předpisem, normou a úspěšným absolvováním zkoušek pro průkaz způsobilosti. Šití musí být takového druhu, aby se nepáralo při přetržení nitě.“ (LAA, 1998. s. 5)

### **2.5.2 Značení**

Všechny informace musí být čitelně a trvale vyznačeny na každé hlavní součásti a zároveň v místě, kde je minimální předpoklad smazání. Informace musí obsahovat:

- 1) Typové označení
- 2) Výrobní číslo
- 3) Jméno a adresa výrobce
- 4) Datum výroby (rok a měsíc)
- 5) Číslo typového průkazu
- 6) Provozní omezení

Ostatní součásti (nosné postroje, spojovací popruhy apod.) musí být označeny typovým označením, výrobním číslem, datem výroby a jménem výrobce. (LAA, 1998)

### **2.5.3 Vnější obal**

Kryt systému musí zajišťovat spolehlivou ochranu před mechanickým poškozením a meteorologickými vlivy. Jeho náhodné uvolnění musí být vyloučeno. Kontejnery montované na drak ULL musí odolávat uvažovanému přetížení a vibracím při provozu ULL bez deformací (přistávací ráz pádové rychlosti podle požadavku letové způsobilosti). (LAA, 1998)

### **2.5.4 Zkouška vlivu prostředí a stlačení obalu**

Musí být provedeny dvě zkoušky při minimální použitelné rychlosti a provozní hmotnosti. Po dobu 16 hodin ochlazovat soupravu nebo systém na teplotu mínus 40 °C nebo nižší, nechat ustálit na teplotu prostředí a provést shoz se zkušební zátěží. Výstřelem funkční zkoušky systému na zkušebním vozidle. Ohřívat na teplotu plus 50 °C po dobu 16 hodin, nechat ustálit na teplotu prostředí, zatížit obal padáku silou minimálně 800 N na 150 hodin. Pak provést zkoušku se zkušební zátěží. Zkoušku není nutno provádět v případě, že jsou použity běžné

vyráběné materiály pro tyto účely od renomovaných firem a v praxi se již osvědčily. (LAA, 1998)

### **2.5.5 Zkouška pevnosti**

Nesmí se použít žádné materiály nebo zařízení tlumící rázy, které nejsou nedílnou součástí záchranného systému nebo součástí, na které se vystavuje osvědčení. Zkoušky se provádí s úplným systémem. Při zkouškách nesmí být zjištěny poruchy materiálu, šití nebo funkce ovlivňující způsobilost záchranného systému. Otevírací síla se musí měřit při všech zkouškách v místě spoje se zkušební zátěží. Padák musí být funkčně otevřen v čase tak, jak se používá v provozu. Záchranné padákové systémy se musí zkoušet podle rozpisu. (LAA, 1998)

### **2.5.6 Záchranné padákové systémy**

- 1) Záchranný padákový systém pro jednu osobu ULLa, ULV, ULLt a MPK, zkušební hmotnost zátěže = maximální provozní zatížení nebo větší podle **2.1**. Zkušební rychlost v okamžiků uvedení do činnosti = 170 km/h nebo vyšší. Typový průkaz se vystaví pro ověření maximální provozní zatížení a provozní rychlost 160 km/h.
- 2) Záchranný padákový systém do 450 kg ULLa, ULV, ULLt a MPK, zkušební hmotnost zátěže = maximální provozní zatížení nebo větší podle **2.1**. Zkušební rychlost v okamžiku uvedení do činnosti = 180 km/h nebo vyšší. Typový průkaz bude vystaven pro ověření maximální provozní zatížení a provozní rychlost 170 km/h nebo vyšší.
- 3) Záchranný padákový systém pro vzletovou hmotnost nad 450 kg do 525 kg se zkouší se zkušební zátěží dle uvažované provozní hmotnosti. Zkušební hmotnost = maximální vzletová podle **2.1**. Zkušební rychlost = mez maximální provozní rychlosti x 1,05. Typový průkaz se vystaví pro uvažovanou maximální provozní hmotnost a maximální provozní rychlost. (LAA, 1998)

## **2.6 Zkoušky klesavosti**

Do této kapitoly patří zkoušky shozů systémů podle předepsaných limitů LAA pro všechny SLZ. (LAA, 1998)

### **2.6.1 Záchranné padákové systémy**

„Pro všechny druhy musí být provedeny nejméně 3 shozy se zkušební zátěží, jejíž hmotnost je rovná max. provozní hmotnosti. Průměrná rychlost klesání nesmí být vyšší než 6,8 m/s pro padákové systémy ULLa, ULV, ULLt, MPK přepočteno na MSA. Měření klesavosti

musí být provedeno v intervalu nejméně 30 metrů od terénu. Tyto zkoušky je možno spojovat s jinými zkouškami této části.“ (LAA, 1998. s. 7)

### **2.6.2 Zkoušky stability**

- 1) „Záchranné systémy musí být provedeny 3 zkoušky se zátěží min. provozní hmotnosti. Kývání nesmí překročit 15° od vvislice v konfiguraci po otevření padáku. Tyto zkoušky lze spojovat s jinými zkouškami této části. Vrchlík musí prokazovat vlastnosti útlumu kyvů max. výchylky 15° od vvislice.“ (LAA, 1998. s. 8)

## **2.7 Zkouška minimální bezpečné výšky**

Zde se provádí zkoušky shozu z minimální bezpečné výšky, při které je šance na vytáhnutí padáku a záchraně posádky. (LAA, 1998)

### **2.7.1 Záchranné padákové systémy**

Zkouška minimální bezpečné výšky použití. Musí být provedeny 2 zkoušky s maximální provozní hmotností zátěže podle 2.1 při minimální provozní rychlosti. Čas klesání na plně otevřeném padáku musí být minimálně 2 sekundy a musí být splněn bod 2.3.2. Maximální přípustný čas pro otevření padáku je 3 sekundy a navýší se pro padáky s maximální provozní hmotností větší než 450 kg o 0,01 s na každý kilogram. Pro záchranné padákové systémy aktivované raketovým motorem nebo rovnocenným aktivačním zařízením platí bod níže. (LAA, 1998)

### **2.7.2 Zkouška ZPS při aktivaci raketovým motorem nebo aktivačním zařízením**

„Zkoušky se provádějí s kompletním ZPS připraveným pro použití ve SLZ (musí odpovídat zástavbě ZPS v SLZ). Spojovací prvky (lana) ZPS určené k upevnění na SLZ se připevní ke zkušebnímu vozidlu trhacím členem o pevnosti 2/3 síly zjištěné při zkoušce podle bodu 2.5.5 (případně se použije stahovací zátěž 50 % max. provozní hmotnosti zjištěná výše uvedeným trhacím členem). Kontejner ZPS s aktivačním zařízením musí být upevněn v úhlu 90° k podélné a příčné ose letu (směru jízdy zkušebního vozidla) tak, aby aktivace vytažení vrchlíku zaručila překonání překážky vysoké 2 metry ve vzdálenosti 4 metry, měřeno od roviny uzávěru kontejneru. Tato zkouška se prokazuje 1 x při rychlosti 100 km/h.“ (LAA, 1998. s. 8)

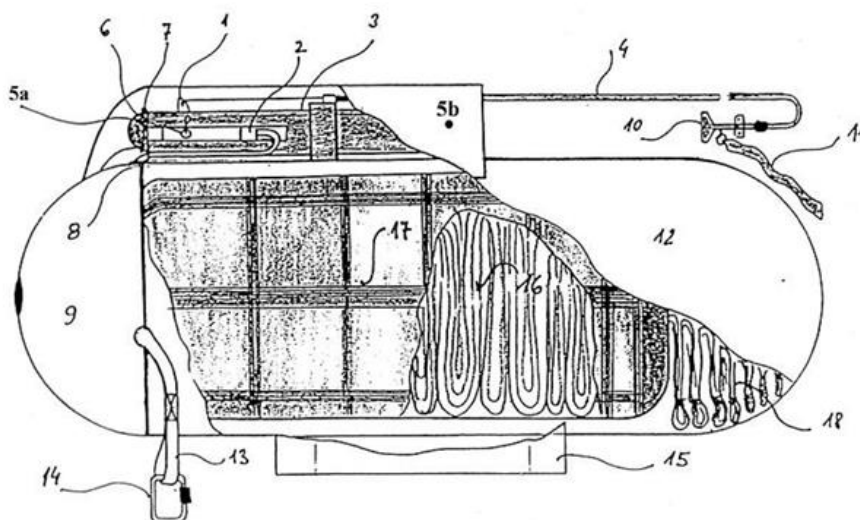
### **3 Záchranný systém od firmy Galaxy GRS**

Tyto záchranné systémy fungují pomocí aerodynamického odporu, jenž zbrzdí letoun z vyšší rychlosti na nižší a umožní bezpečné přistání letounu v krizových situacích. Padák s letounem klesá na určitou rychlost, která se nazývá klesací rychlost a udává se v metrech za sekundu. Tím se zajistí minimální zranění posádky nebo poškození letounu. K otevření padáku se využívá balistické zařízení, které se používá převážně na menších a lehčích letounech. Je to zároveň nejrychlejší a nejspolehlivější metoda záchrany lidského života a letounu. (GALAXY GRS, 2016)

Systém se skládá z padáku a kontejneru na odpalování raket na tuhé palivo, který je obvykle umístěn v zadní ocasní části trupu letadla. Od kontejneru vede kabel k ovládací rukojeti umístěné obvykle nad pilotem ve střeše kabiny. Kabel prochází kabinou skrytý nad stropním obložení. Po zatáhnutí za rukojeť raketa prorazí křehkou část trupu (podobně jako vzduchový vak ve vozidle) a zrychlí přibližně na 50 m/s. Poté, co je padák zcela vytažen a vystaven větru, se začne nafukovat a vytvářet odporové síly, které zpomalují letoun. (GALAXY GRS, 2016)

#### **3.1 Řešení**

„Vrchlík není vytahován postupně z kontejneru, ohýbán proudem vzduchu a jinak deformován, jako u jiných dosud používaných systémů, ale je bezpečně vytažen v čase od 0,4 - 0,7 sec. ve vzdálenosti 15–18 m (podle velikosti) ve směru nad letounem ve speciálním kontejneru, a to významně snižuje riziko průniku trosek letounu do vrchlíku. Celá konstrukce vrchlíku je cíleně konstruována pro co nejrychlejší otevření a tím umožnění záchrany posádky i letounu v co nejmenší výšce.“ (GALAXY GRS, 2016. s. 5)



1. Spoušť
2. Raketový motor
3. Raketnice
4. Bowden s lankem
5. Převodní pojistka A, B
6. Krytka raketnice
7. Sekundární pojistka víka
8. Primární pojistka víka
9. Víko kontejneru
10. Rukojeť vytahovače
11. Provozní pojistka s praporkem
12. Vnější kontejner
13. Kotvící popruh
14. Ocelová šroub. karabina
15. Držák kontejneru
16. Vrchlík
17. Vnitřní kontejner
18. Šňůry

**Obrázek 2:** Vnitřní uspořádání systému GRS

Zdroj: (Galaxy GRS, 2016)

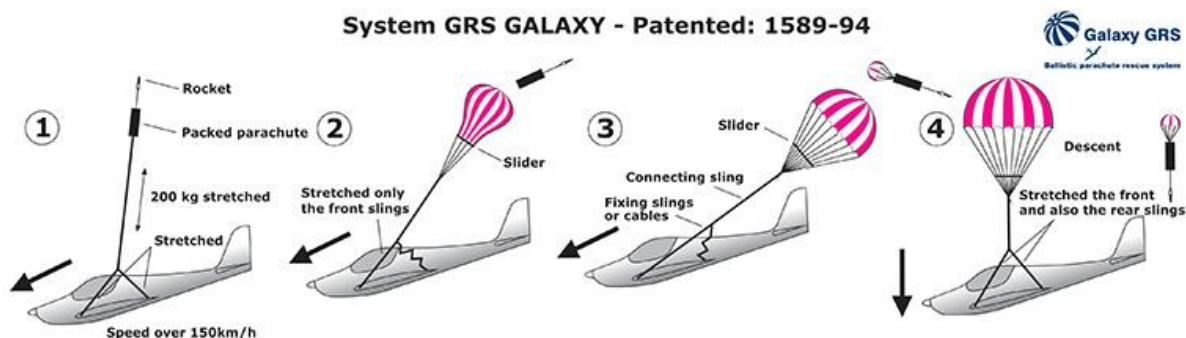
## 3.2 Konstrukce

„System GRS je konstruován jako duralový válec s laminátovou zadní a čelní odklápěcí kopulí nebo textilním boxem u měkkého balení. Na spodní části a na bocích je namontován držák pro montáž na letoun. Uvnitř kontejneru je ve speciálním vnitřním kontejneru umístěn vrchlík, který je vytahován pomocí raketového motoru umístěného v raketnici a zakryt laminátovým krytem na horní části duralového kontejneru nebo textilními chlopněmi a zajištěn jehlou. Motor je spojen s vnitřním kontejnerem pomocí popruhů. Raketový motor se odpaluje pomocí rukojeti, která je spojena s odpalovacím palcem pomocí bowdenu, který je ochráněn proti násilnému protažení a tím i náhodnému odpálení pojistným lankem umístěným na jedné straně v rukojeti a na druhé straně v ukotvení bowdenu na raketnici motoru.“ (GALAXY GRS, 2016. s. 5)

## 3.3 Odpálení systému

„System je odpalován mechanicky rukou – zatažením za aktivační rukojeť spouštěče při vynaložené síle 11 kg, kdy dojde k vyvrácení odpalovacího palce a odpálení dvou zážehových zápalek dvojitým úderníkem, které vznítí prachovou nálož a ta zapálí tuhou pohonnou hmotu raketového motoru. Raketový motor postupně odjistí kryt raketnice, sekundární pojistku víka, primární pojistku hlavice a vytáhne vnitřní kontejner se záchranným padákem nad letoun. Při odpálení dochází k minimálnímu zpětnému nárazu z toho důvodu, že na rozdíl od jiných systémů není plamen v raketnici vržen zpět do směru letu rakety, aby způsobil velký zpětný náraz, ale je volně odveden zadní částí do trubice pro odvod spálených plynů. Toto řešení umožňuje plně využít podmínky akce a reakce. Po otevření vrchlíku nad letounem ve výšce kolem 18 - ti metrů pokračuje raketový motor ve své dráze se svojí zbytkovou energií, kde je dobrzděný a snesen společně s vnitřním kontejnerem odděleně po vlastní dráze k zemi. Hlavní vrchlík záchranného systému je otevřen a zcela naplněn 15-18 metrů nad letounem, nebo ve směru výstřelu v čase 1,5 – 3,2 sec. (podle velikosti a typu vrchlíku). Výstřel lze směřovat kterýmkoliv směrem, nejlépe 90° kolmo na podélnou osu letounu směrem nahoru, nebo mírně šikmo dozadu. Při odpálení systému nehrozí nebezpečí vniknutí trosek, úlomků nebo k zachycení některých částí letounu o vrchlík, neboť se otvírá v dostatečné vzdálenosti od letounu. System GRS je záchranné padákové zařízení projektované pro použití na ultralehkých letadlech v extrémně malých výškách a v minimálním čase při společné záchraně pilota a stroje.

System byl navržen s dostatečně silným pohonným zařízením tak, aby mohl posádku s letounem zachránit i v extrémních podmínkách.“ (GALAXY GRS, 2016. s. 5)



Obrázek 3: Odpálení systému GRS

Zdroj: (GALAXY GRS)

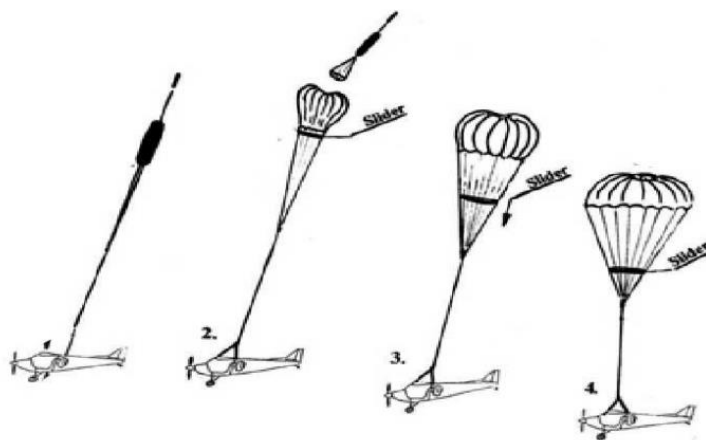
### 3.4 Nevýhody GRS systému

Padákový záchranný raketový systém je vytvořen, aby vás zachránil, v co nejmenší výšce nad zemí. U vyšší rychlosti při otevření padáku se více namáhá konstrukce. Při nižší rychlosti není zatěžována konstrukce, ale zase trvá delší otevření padáku a je potřeba větší výška nad zemí. U motorových rogall a motorových paragliderů musí být pevně přichyceno křídlo ke konstrukci SLZ, aby se při aktivaci systému neodlomilo a nebyla překročena maximální rychlost. Pádová rychlost by neměla přesáhnout se zborceným křídlem 140 km/h. Křídlo se vždy upevní k podvozku pojistným lankem nebo popruhem. Lze také využít vrchlík do 160 km/h, který zajistí záchranu posádky v minimální výšce od 30 do 50 metrů, ale s vyšším rázem otevírání. Nebo může být použit vrchlík se sliderem do rychlosti 260 km/h s nižším otevíracím nárazem, ale je zapotřebí větší výšky použití pro záchranu od 60 do 80 metrů. Je nutné vždy nasadit čtyřbodový pásy pro osádku, protože náraz do konstrukce je 3,5 až 5,5 G. (GALAXY GRS, 2016)

U ultralehkých dvoumístných letounů lze aplikovat konstrukce s opatřeními lany nebo vzpěrami, které zmírní nebezpečí, aby nedošlo k úplnému oddělení některé části. Systém s rychlým sliderem, který zaručeně zachráni osádku do 190 km/h při výšce použití od 50 do 75 metrů. U rychlejších dvoumístných dolnoplošníků je nutné použít systém GRS 5 a 6 do 260 km/h až 320 km/h, protože kdyby došlo k odlomení nosné plochy letounu, aby i při zvýšené rychlosti pádu dokázal systém správně zafungovat. Minimální výška použití je od 60 do 80 metrů. Náraz může dosáhnout 3,5 až 5,5 G. Tento vrchlík je opatřen sliderem pro snížení

rychlosti rázu. U jednomístných letounů lze použít systém GRS 4 se sliderem do rychlosti 230 km/h, při rázu konstrukce 3,5 až 5 G s výškou záchrany 60 až 80 metrů nad zemí nebo s pevnějším vrchlíkem se sliderem s označením GRS 5 do 250 km/h. Tím je zajištěno bezpečné otevření padáku při vyšších i nižších rychlostech v nízkých výškách a zaručena co největší bezpečnost osádky. (GALAXY GRS, 2016)

„Slider je zpravidla tvaru mezikruží, které je po svém obvodu vybaveno průchodkami pro nosné šňůry vrchlíku. V okamžiku otevírání je slider umístěn nahoře u vrchlíku v místě napojení nosných šňůr k látce vrchlíku. V úvodní fázi otevírání vrchlíku je slider svým aerodynamickým odporem držen v pozici napojení šňůr a brání tak rychlému roztažení vrchlíku a zároveň omezuje proudění vzduchu do vrchlíku. V okamžiku, kdy roztahující se vrchlík překoná aerodynamický odpor slideru a třecí síly mezi průchodkami a nosnými šňůrami, začne se slider pohybovat směrem dolů k volným koncům vrchlíku. Metoda řízení otevírání pomocí slideru je výhodná díky své konstrukční jednoduchosti a zejména automatickosti celého procesu. Díky tomu patří k nejbezpečnějším metodám řízení otevírání kruhových vrchlíků.“ (ŠORF, 2015, s. 37).



**Obrázek 4:** Otevírání ZS pomocí slideru

Zdroj: (ŠORF, Oldřich, 2015)

„Další možností je otevírání pomocí středové šňůry. „Podstatou této metody je stažení středové šňůry vrchlíku a tím vtažení jeho vrcholu dovnitř. Tím se zmenší odporová plocha vrchlíku. Po uvolnění středové šňůry potom vrchlík nabude plného tvaru.“ (ŠORF, 2015, s. 39).



**Obrázek 5:** Otevírání ZS pomocí středové šňůry

Zdroj: (ŠORF, Oldřich, 2015)

### 3.5 Porovnání

Když se použije ruční vyhazovaný padák, tak doba otevření je minimálně 8 sekund, za to u GRS systému to je 1,5 až 3 sekundy u sportovních letounů. GRS zaručuje mnohem vyšší zabezpečení osádky i letounu. (GALAXY GRS, 2016)

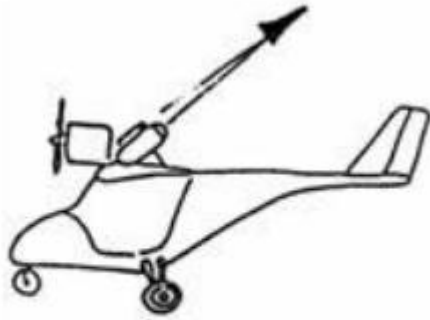
### 3.6 Skladování

Systém GRS má životnost 30 let při pravidelném ošetřování a kontroly podle pokynů příručky. Každých 6 let, pokud nedošlo k odpálení, je majitel letounu povinen předat systém výrobci ke kontrole. Výrobce vyvětrá a přebalí vrchlík, zkontroluje všechny systémy a vymění raketový motor za nový. Původní motor zreviduje a provede znovu kontrolu v laboratoři. Optimální teplota skladování je mezi 14–24 °C při vlhkosti 35 až 73 %. Systém je konstruován pro hodnoty od mínus 40 do plus 60 °C. (GALAXY GRS, 2016)

### 3.7 Druhy a umístění systému

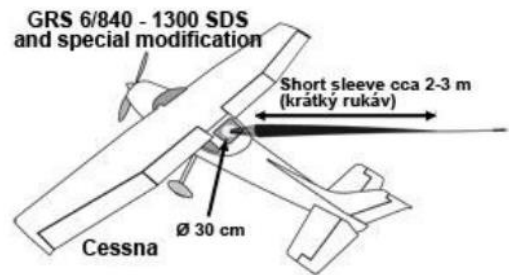
#### a. Typ OUT

- 1) Montáž na letoun s tažnou vrtulí, systém střílející ve směru šikmo dozadu přes kormidla cca. 30° až 45° mimo směrovou svislou ocasní plochu nebo minimálně její dvojnásobek výšky nad horní hranou svislé ocasní plochy (obrázek č. 4) nebo šikmo nahoru ve směru letu (obrázek č. 5). Montáž na letoun s tlačnou vrtulí lze použít systém s otočným kontejnerem, směr výstřelu 45° až 80° směrem nahoru mimo okruh vrtule. (GALAXY GRS, 2016)



**Obrázek 6:** Montáž na letoun

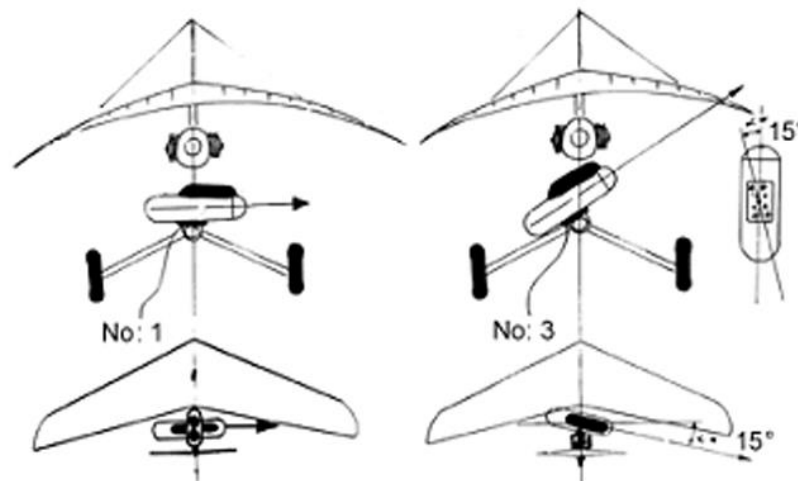
Zdroj: (GALAXY GRS, 2016)



**Obrázek 7:** Směry vystřelení systému

Zdroj: (GALAXY GRS, 2016)

- 2) Montáž na motorové rogallo se provádí s osou výstřelu šikmo nahoru nebo do strany v úhlu přibližně  $45^\circ - 60^\circ$  mezi vrtulí a nosnou plochou rogallo. Možný příklad montáže systému v horizontální poloze, použití držáku č. 1, standart. Další příklad montáže systému pro směr výstřelu do horní polosféry, použití držáku č. 3. (GALAXY GRS, 2016)

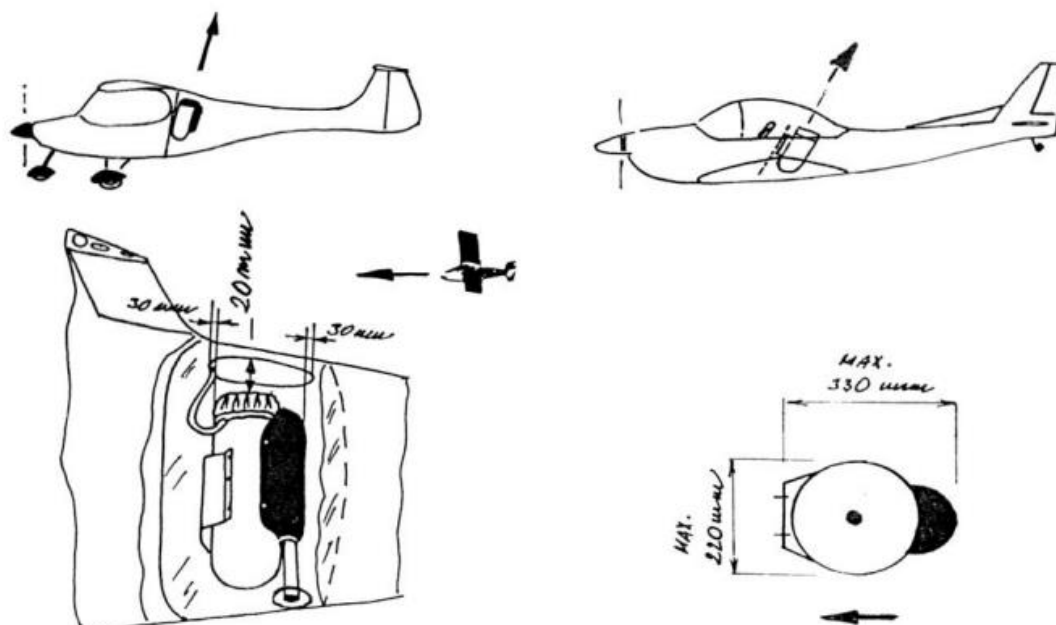


**Obrázek 8:** Montáž na rogallo

Zdroj: (GALAXY GRS, 2016)

### **b. Montáž typu IN**

Systém je nainstalován do letounu a opatřen textilním krytem, který nepotřebuje zvláštní prostor, je pouze nutné dodržet rozměr minimálně 20 mm od vrcholu kontejneru ke stropu trupu a dalších 20 mm od obvodu kontejneru a rakety od povrchu trupu letounu nebo jiné části



**Obrázek 9:** Montáž do letounu

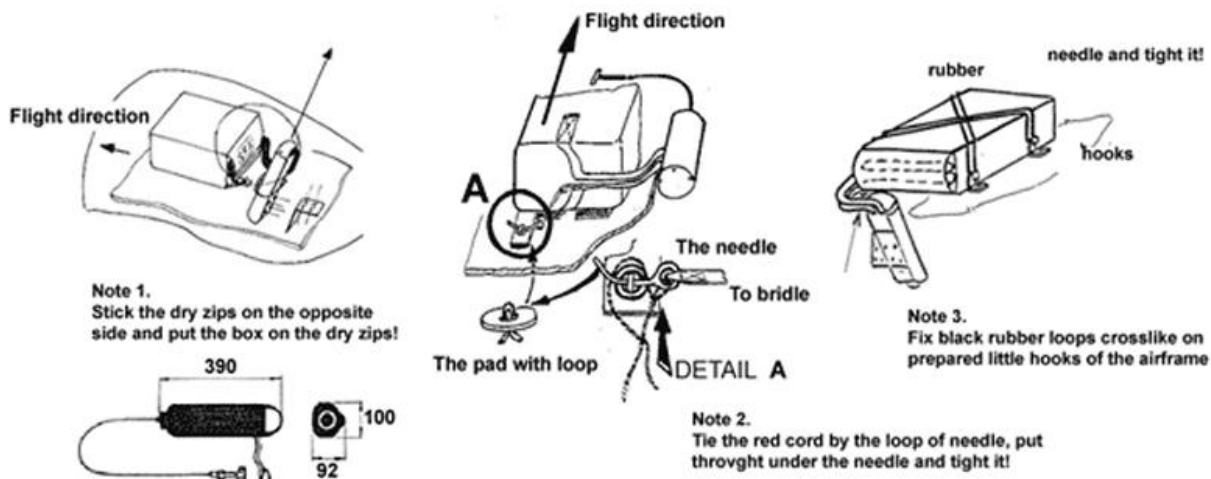
Zdroj: (GALAXY GRS, 2016)

konstrukce. Tento systém je zakázáno montovat na letoun a vystavovat ho nepříznivým meteorologickým podmínkám. (GALAXY GRS, 2016)

### c. Systém typu SOFT B a B2

Tento systém lze použít tam, kde je připravený prostor pro upevnění raketového motoru s vrchlíkem zabaleným v textilním obalu. Tato modifikace je plně funkční v souladu s ostatními typy výrobků GRS. Pouze vnější duralový kontejner je nahrazen novým modifikovaným textilním krytem, který je vložen do krytu nebo trupu letounu. To umožňuje umístit vrchlík tam, kde nelze dát normální schránku. Nutnou podmínkou pro montáž tohoto typu je utěsněná schránka v trupu proti vniknutí vody nebo prostoru trupu, nainstalovaný systém může být přidělaný k překážce nebo zavěšen na popruzích. Po aktivaci systém odhazuje motor a celý kryt nad textilním kontejnerem. (GALAXY GRS, 2016)

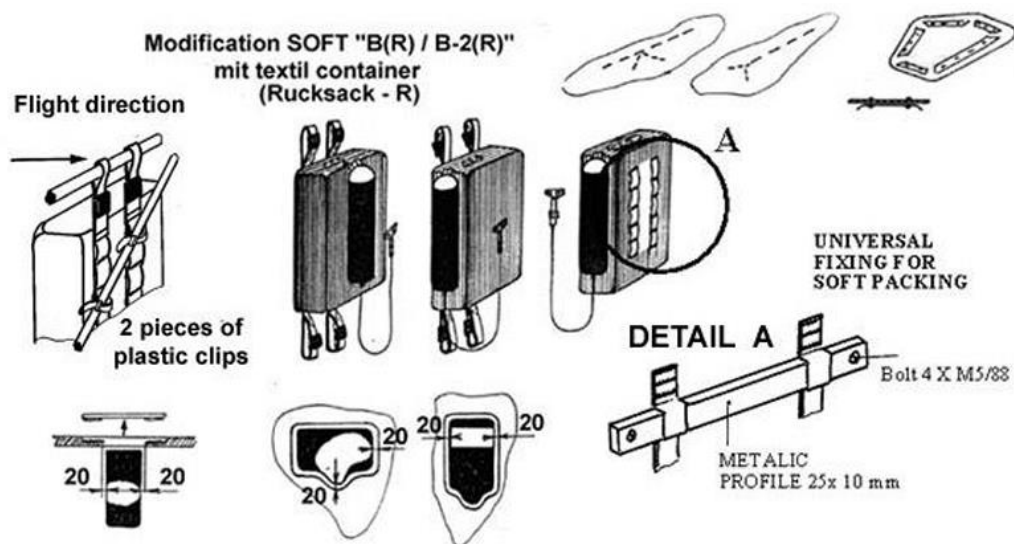




Obrázek 11: Modifikace B a B-2

Zdroj: (GALAXY GRS, 2016)

ruksaku, značení R. Motor je přímo uchycen na vnějším kontejneru. Po aktivaci a vynesení SOFT kontejneru zůstává vnější kryt v letounu. Nabízené varianty jsou s motorem na přední straně uprostřed nebo s možností montáže po stranách ruksaku. (GALAXY GRS, 2016)



Obrázek 12: Modifikace B a B-2/R

Zdroj: (GALAXY GRS, 2016)

## 4 Záchranný systém od firmy Stratos

Záchranné systémy řady Magnum jsou řešeny tak, aby jejich konstrukce s rezervou zabezpečovala bezchybnou funkci a dávala co největší šanci na záchranu bez větších následků. Vrchlíky padáků jsou podle typu vytahovány speciálně zkonstruovanými a vyladěnými raketovými motory. Doba potřebná k jejich vytažení se pohybuje od 0,6 až 1,2 sekund. Raketový motor je umístěn v raketnici, kde po jeho aktivaci dochází k pohybu rakety směrem od letounu a tažné lanko na raketě uvolňuje uzávěr kontejneru padáku. Z kontejneru je vytahován padák. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

„Padáky v záchranných systémech Magnum jsou konstruovány tak, aby k jejich nalití docházelo, co v nejkratší době, ale s maximálním možným utlumením rázu při naplnění vrchlíku. Je třeba mít na zřeteli, že záchranné systémy konstruované na vyšší rychlosti mají delší dobu otevření. Musí se otvírat plynule a postupně tak, aby docházelo k postupnému snížení rychlosti a co nejmenšímu dynamickému rázu.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 10)

### 4.1 Typy provedení systému

- a) Systémy Magnum se dodávají v provedení, kdy jsou zalisovány do duralového válcového kontejneru zakrytého krytem, s raketnicí upevněnou na pevně na kontejneru nebo s pohyblivou raketnicí, se kterou je možno mířit do stran. Kontejner se připevňuje prostřednictvím nerezových pásek a nerezového držáku k letounu pomocí šroubů.
- b) Systém v provedení softpack má padák umístěn v látkovém kontejneru. Ten je na zadní části opatřen dvěma na několika místech prošitými popruhy, které umožňují přichycení k letounu za variabilní místa popruhu, která vyhovují konstrukci toho letounu, kam má být zabudován. Kontejner musí být uchycen na každé straně minimálně ve dvou místech, celkově tedy minimálně na čtyřech místech, a to pevnostní páskou, popruhem či šňůrou. Ty musí být pečlivě zajištěny proti uvolnění. Softpack by měl ležet na podložce, aby nebyly jeho závěsy nadměrně namáhány. Raketnice s raketou se upevňuje šrouby k tuhé konstrukci letounu. Propojení mezi padákem a raketnicí je zajištěno ocelovým lankem ve tvaru „V“. Lano rakety je spojeno s výtažným lanem padáku šroubovatelnou pevnostní karabinkou. Aktivační rukojeť je spojena s odpalovacím zařízením raketového motoru vysoko pevnostním bowdenem opatřeným uvnitř teflonovým povrchem. Bowden této konstrukce zabezpečuje hladký chod lanka uvnitř a brání v dostatečné míře náhodnému odpálení systému v důsledku jeho nechtěného zatížení vnější silou.

- c) Systém vsazen v laminátovém kontejneru je určen pro plovákové letouny. Raketnice je flexibilní a uchycena na zadní straně kontejneru. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

## 4.2 Aktivace a funkce záchranného systému

Před letem během předstartovních úkonů se musí odstranit zámek nebo pojistný kolík z aktivační kličky, čím je po dobu trvání letu záchranný systém odjištěn. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

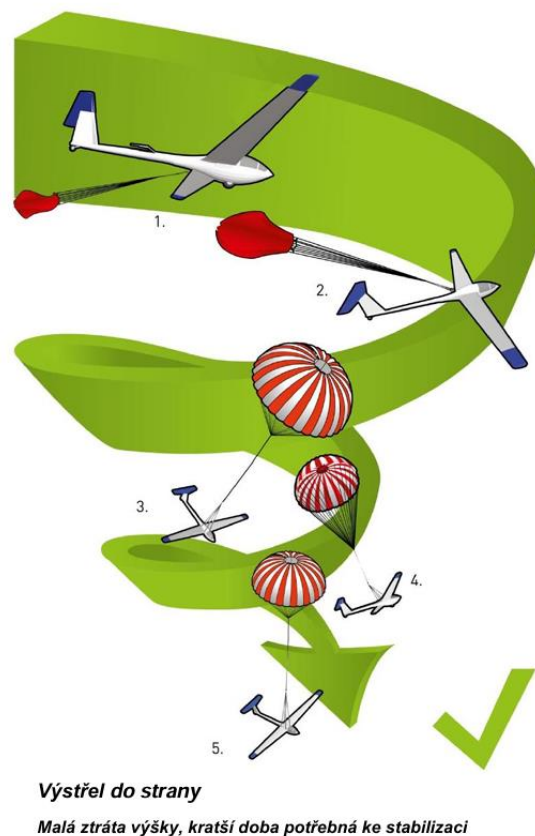
„Zatažením za aktivační rukojeť dojde k jejímu uvolnění z bezpečnostní pojistky držáku. Následuje volný bezpečnostní chod v délce cca 3 až 5 cm. Během pokračování zátahu narůstá mírný odpor do maximální síly 12 kg. Pohyb přenášený bowdenovým lankem k odpalovacímu zařízení natahuje mechanické bicí zařízení, které, když se dostane do horní úvratě, kdy je bicí pružina maximálně stlačena, spouští úderník, jenž aktivuje zážeh do dvou zápalek a ty iniciují zážeh posilovače do zážehu hoření TPH.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 11)

Plyny vycházející z rakety tryskou ženou raketu vpřed. Ta proráží speciálně uzpůsobený kryt otvoru v potahu. Raketa je opatřena řezacím hrotem, který zajišťuje její průnik měkkými materiály. Následně opustí raketnici a za lanko, které je přichyceno za její zadní část, táhne padák mimo letoun, aby se správně rozvinul. Doba hoření závisí na použitém typu raketového motoru. Firma v současné době disponuje sedmi typy raket, přičemž každou z nich je možno naladit efektivně na požadovaný typ padáku. Doby hoření u různých typů raket mohou být tedy od 0,5 do 1,6 sekund. Raketové motory s delší dobou hoření dosahují vysokého výkonu a jsou větších rozměrů. Používají se k vytažení velmi velkých padáků, či několika padáků najednou. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

„Zpětný ráz vznikající nárazem plynů, při zahoření rakety do dna raketnice je přiměřený a odpovídá konstrukci a uchycení raketnice. Plyny není nutné odvádět mimo letoun. Je však třeba brát zřetel na blízkost palivové nádrže či palivového potrubí, které je nutné náležitě chránit. Tažné lano rakety uvolní kontejner a raketa postupně vytáhne vrchlík, chráněný vakem vrchlíku, mimo letoun. Postupně se uvolňují šňůry, natahuje závěsné lano, sjíždí vak vrchlíku a dochází k nalití padáku.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 22)

„U záchranných systémů určených pro letouny s vyšší rychlostí dochází k tlumení plnicí síly sliderem. Ta může dosáhnout krátkodobých hodnot blížících se až 6G. Veškeré tyto fáze probíhají velmi rychle.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 22)

„Výstřel záchranného systému musí směřovat na tu stranu letounu, kde se listy vrtule pohybují směrem nahoru. Je-li to možné, tak se záchranný systém aktivuje vodorovně kolmo na směr letu. Při takovém nasměrování výstřelu dochází k minimální ztrátě výšky a nejrychlejší stabilizaci padáku. Eliminuje se tedy významně kývání při sestupu.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 22)



**Obrázek 13:** Správné vystřelení systému

Zdroj: (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

Celé toto zařízení je navrženo tak, aby fungovalo spolehlivě, bylo co nejjednodušší a bez zbytečných konstrukčních komplikací. Při odpálení raketového motoru z něj nic neodpadá, kromě plastové vymežovací vložky a gumové krytky raketnice, která chrání raketu před meteorologickými podmínkami. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

### 4.3 Minimální účinná výška

Záchranné padáky typu Magnum, ve kterých jsou použity padáky bez slideru se středovou šňůrou, jsou konstruovány pro letouny s nízkou maximální rychlostí. Tyto se otvírají velice rychle a jsou účinné při záchranách i z velmi malých výšek. Je třeba si uvědomit, že úspěšnost záchrany v malé výšce bude vždy záležet na součiniteli horizontální a vertikální rychlosti letounu při použití záchranného systému. Jsou však zaznamenány i záchrany z výšky menší než 80 metrů nad zemí. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

Padáky konstruovány pro vyšší rychlosti, zvláště pak ty bez středové šňůry na maximální rychlosti 260 km/h, 300 km/h nebo vyšší, se budou otevírat déle, aby postupně zbrzdily pád letounu z vysoké rychlosti a nepřekročily přípustné násobky pevnosti na úchytné body letounu tak, aby nedošlo k jejich destrukci. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

Je třeba mít na zřeteli, že v krizové situaci je třeba záchranný systém aktivovat hned. V mnoha krizových situacích dochází velice rychle k úbytku výšky a strmému nárůstu rychlosti. Tyto faktory snižují radikálně šanci na záchranu. Doporučuje se aktivovat systém ve výškách nad 200 metrů nad zemí. Ale i v menších výškách dokáže systém zachránit životy. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

### 4.4 Typy systému pro různé letouny

„Záchranné systémy jsou vyráběny pro letouny různých hmotností a pro různé maximální rychlosti. Ideální volba záchranného systému by měla být taková, aby se jeho parametry vešly do letové obálky letounu, na který má být instalován. Pro pomalé letouny je



Obrázek 14: Druhy systémů

Zdroj: (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

třeba instalovat záchranný systém na takovou povolenou maximální rychlost a hmotnost, která odpovídá technickým parametrům daného letounu. Nedoporučuje se instalovat záchranné systémy, které jsou konstruovány na významně vyšší max. rychlosti a hmotnosti než vykazuje letoun, kam má být záchranný systém instalován. Důležitá je i volba typu kontejneru. Zde záleží na volbě místa instalace systému v letounu.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 14)

#### **4.5 Umístění záchranného systému na SLZ**

Pro typy SLZ, které jsou trubkové konstrukce, se používá záchranný systém v plechovém kontejneru, jako je Magnum 250 nebo 300 pro jednosedadlové letouny. Pro dvousedadlové jsou typy Magnum 450 a 450 Speed nebo Magnum 601. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

„Systém se musí umístit tak, aby byl namířen mimo vrtulový disk a mimo nosné plochy SLZ. Směr výstřelu se doporučuje vést do strany kolmo na směr letu, mírně nahoru, a to na tu stranu letounu, kde se listy vrtule pohybují směrem nahoru. Uchycení kotevního lana záchranného padáku je ve stejném místě, jako je zachycen závěsný kluzák či klouzavý padák. Uchycení do kotevního lana do tříkolky pro motorový paragliding musí být do dvou bodů hlavního závěsu, za pomoci nosného lana ve tvaru „V“, který dodává firma.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 41)

„Protože jsou tyto konstrukce v případě otevření padáku vystaveny v místě uchycení křídla dalšímu extrémnímu namáhání, zvláště pak když dojde k destrukci závěsného kluzáku, mohlo by dojít k jejich oddělení. Proto je třeba od místa závěsu vést jistící lana do podvozku, případně i sedadel pilotů. Pevnost každého lana a úchyty jistících lan minimálně 6 G.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 41)

#### **4.6 Účinnost záchranného systému**

Při konstrukci systému firma vycházela ze zkušeností armádních odborníků a výrobce vystřelovacích sedadel do stíhacích letounů. Na počátku byla velice významná spolupráce s armádou se zkušebními padáky. Záchranné systémy jsou konstruovány a vyráběny s tou nejvyšší pečlivostí a důrazem na jejich bezpochybnou kvalitu a funkčnost při maximálním možném rozsahu kritických situací, které by mohly při letu nastat. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

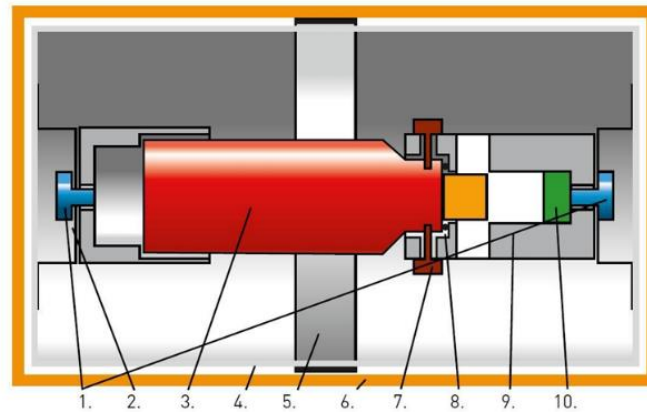
„Balistická obsluha je řešena individuálně vzhledem ke každému typu záchranného systému. Vrchlíky konstruované na vysoké rychlosti mají utlumen otvírací ráz na minimální možnou míru, aby nedošlo k poškození konstrukce letadla a následnému zranění posádky. Při konstrukci nových záchranných systémů napomáhají dlouholeté zkušenosti z vývoje nových materiálů vhodných na použití pro záchranné systémy. Jedná se o padákovou tkaninu, lemovky, padákové šňůry, závěsná lana a nitě. V konstrukci raketových motorů používáme konstrukcí, které jsou nové, jedinečné a významně zvyšují spolehlivost záchranných systémů Magnum. Velmi důležitým a náročným prvkem je skládání padáku a jeho správné lisování do kontejneru. Při výrobě uplatňujeme vícestupňovou kontrolu. Firma je nositelem certifikace ISO 9001.“ (STRATOS 07 S.R.O., 2014. s. 23)

Ze všech dosavadních poznatků ze záchran, kdy byl použit systém Magnum vyplývá, že vzniklou kritickou situací za letu je zapotřebí řešit ihned. A to z důvodu, aby se pilot nedostal pod limitní výšku nad zemí potřebnou k otevření záchranného systému a také, aby letoun nepřekročil maximální konstrukční rychlost systému. Při překročení těchto limitů by mohl být systém neúčinný. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

#### **4.7 Provozní kontroly systému**

Životnost systémů je stanovena na dobu 18 let u padáků se sliderem a 15 let u padáků bez slideru. Během této doby je nutné provést každých 5 a 6 let revize. Systém je tedy zapotřebí vložit do původního přepravního boxu, který je certifikován pro tento druh přepravy, a dopravit zpět výrobci. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

Při revizi se celý systém rozbalí, provětrá a provede se jeho důkladná kontrola. Raketový motor se demontuje a vymění se důležité části zajišťující bezchybný chod motoru, případně se vymění za nový. Na padáku, je-li to nutné, se provedou výměny důležitých součástí v případě, že byly poškozeny jakýmkoliv způsobem. (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

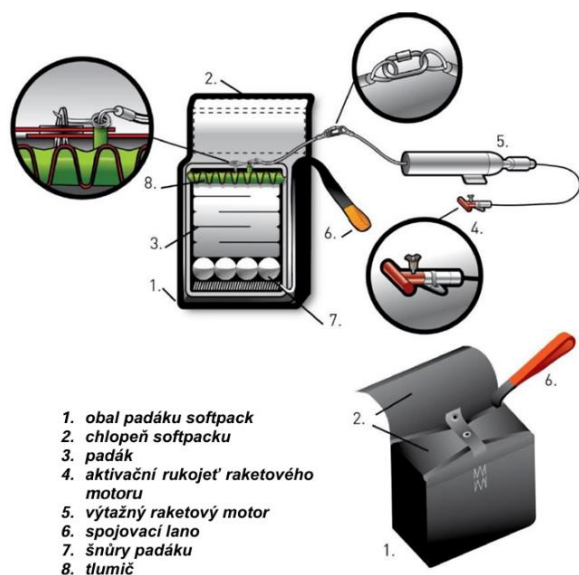


**Balení RM řady Magnum**

- |                                       |                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>instalační šroub</i>            | 6. <i>kartonový obal</i>            |
| 2. <i>dnová opěra</i>                 | 7. <i>šroub eliminátoru(M6)</i>     |
| 3. <i>raketový motor</i>              | 8. <i>těsnící pryžový o kroužek</i> |
| 4. <i>bezpečnostní klec - sestava</i> | 9. <i>eliminátor tahu - sestava</i> |
| 5. <i>ocelový pásek</i>               | 10. <i>tlumící vrstva</i>           |

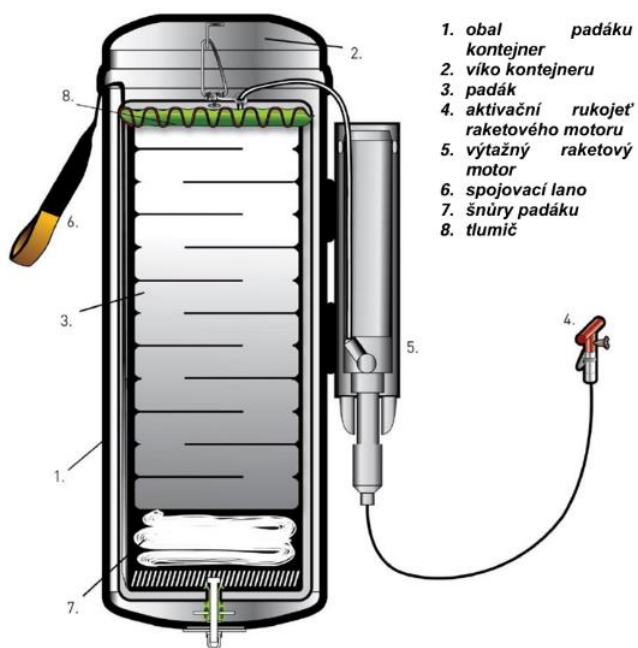
**Obrázek 15:** Balení raketového motoru Magnum

Zdroj: (STRATOS 07 S.R.O., 2014)



**Obrázek 16:** Systém Softpack

Zdroj: (STRATOS 07 S.R.O., 2014)



**Obrázek 17:** Systém kontejner

Zdroj: (STRATOS 07 S.R.O., 2014)

## 5 Analýza a hodnocení systémů

Tato kapitola se zaměřuje na systémy, které měly letouny při leteckých nehodách. Popisuje rozdíly v použití mezi firmami a společně s nehodami je analyzuje.

Systém Galaxy popisuje výstřel systému kterýmkoliv směrem, ale doporučuje kolmo na podélnou osu směrem nahoru nebo mírně šikmo dozadu, zatímco systém Magnum popisuje výstřel systému na stranu, kde se listy vrtule pohybují směrem nahoru. Výstřel by měl mířit vodorovně kolmo na směr letu, aby došlo k co nejrychlejšímu otevření padáku a k minimalizaci naklánění letounu a k jeho ustálení do klidné polohy. Proto systémy Magnum mají o trochu kratší otevření vrchlíku než GRS.

Každý druh systému má funkci použití na určitým typu letounu, ať už se jedná o SLZ nebo ULL. Typy letounů určují různé hodnoty systému. Převážně pak maximální a minimální hmotnostní a rychlostní parametry, které při dodržení zaručují úspěšnou záchranu života. S větší maximální rychlostí vzniká i větší dynamický ráz, který ovlivňuje namáhání konstrukce letounu a bezpečnost posádky. K docílení snížení rázu je nutné prodloužit dobu otevírání vrchlíku. Delší doba otevření padáku potřebuje i větší výšku použití. K tomu se využívá slider, který je součástí systémů. Systémy pro menší rychlosti používají středové šňůry. Viz kapitola 3.4.

**Tabulka 1:** Provozní parametry systémů analyzovaných u leteckých nehod

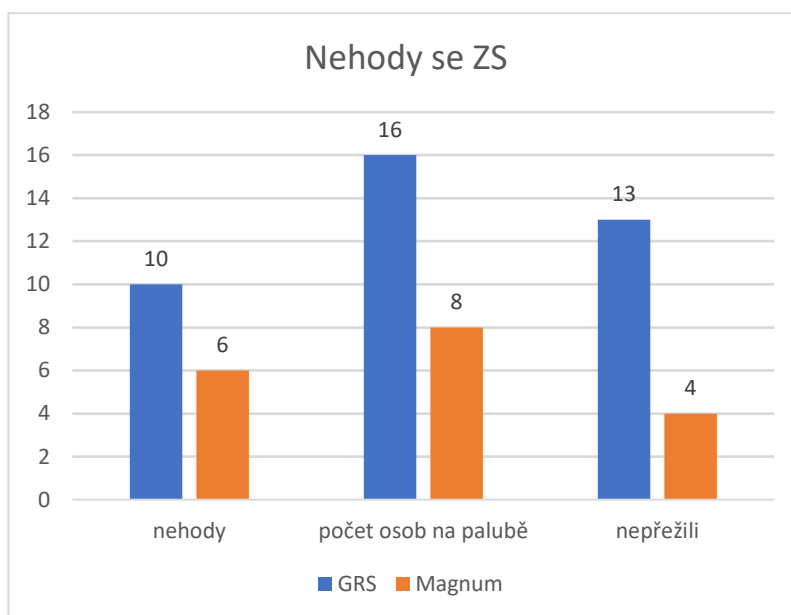
	jednotky	GRS 6/473	Magnum 501	GRS 5/450	GRS 6/600	Magnum 450 Softpack	Magnum 601 S-LSA
maximální povolená hmotnost letounu <b>MTOW</b>	Kg	473	475	450	600	450	759
povolená maximální nepřekročitelná rychlost použití <b>VNE</b>	Km/h	325	300	260	315	160	320
maximální otevírací ráz při <b>MTOW</b> a <b>VNE</b>	kN/G	23,8	25,6	22,5	26,7	22	35,56
čas plného rozvinutí vrchlíku při <b>MTOW</b>	s	5	3	3,2	5,6	2,8	3
klesavost s <b>MTOW</b>	s	7,7	7,3	6,5	7,4	6,3	7,9
minimální bezpečná výška použití nad zemí při horizontálnímu letu	m. km/h	110/90	180/100	60/45	110/90	80/60	nedefinováno

Zdroj: tvorba autora

## 5.1 Nehody ULL a SLZ

Tato část se zaměří na nehody se záchranným systémem, které byly analyzovány od roku 2004 do roku 2021 a rozděleny na skupiny podle výrobce na Galaxy GRS a Stratos 07.

Většina nehod se stala pod minimální výškou úspěšnosti záchrany systému. V kritických fázích během vzletu, přiblížení na přistání a samotném přistávání. Dále při nebezpečných obratech v malých výškách a přecenění schopnosti pilotáže a zvládnání krizových situací. Na grafu lze vidět počet nehod, celkový počet osob na palubě a počet úmrtí.



Obrázek 18: Nehody od roku 2004 do roku 2021

Zdroj: tvorba autora

### 5.1.1 Postup pro aktivaci systému

Autor vybral výrobce Galaxy pro lepší vysvětlení popisu postupu pro aktivaci systému, přestože i firma Magnum má obdobný popis. Výrobci doporučují aktivovat systém v nebezpečných situacích ohrožující život nebo při srážce bez ohledu na výšku nad terénem. Po upoutání do kabiny vždy odjistit systém. Nacvičit si pohyb k aktivaci rukojeti záchranného systému. (GALAXY GRS, 2016)

#### a. Postup při odpálení záchranného systému

- 1) Silně trhnout za aktivační páku v minimální délce 10 cm.
- 2) Vypnout motor a zastavit přívod paliva.
- 3) Je-li čas, dotáhnout pásy.

- 4) Chránit tělo, zakrýt si obličej a končetiny držet u sebe.
- 5) Pokud to lze vysunout podvozek.
- 6) Před přistáním do vody otevřít nad hladinou kryt kabiny a být připravený rozepnout pásy. (GALAXY GRS, 2016)

#### **b. Působící síly při vystřelení záchranného systému**

Doporučuje se z důvodu maximální bezpečnosti vybavit posádku čtyřbodovými pásy, protože síly vznikající při otevření vrchlíku mohou dosahovat od 2,5 G do 5,5G.

Padákový systém je spojen popruhy s karabinou. Celý systém je dimenzován pro jednotlivé váhy a velikosti. Popruhy musí být upevněny do takových bodů, které mají minimálně takovou pevnost, jako popruhy samy. (GALAXY GRS, 2016)

#### **c. Naplnění padáku**

Systém zaručuje vynesení vrchlíku v kontejneru až do úplného natažení a napnutí popruhu a teprve v bezpečné vzdálenosti od letounu je řízeně otevřen. Barvy vrchlíku jsou voleny ve svítivých odstínech, bílá, žlutá, červená, růžová nebo různé kombinace. (GALAXY GRS, 2016)

### **5.1.2 Možné důvody použití systému**

#### **a. Oheň na palubě**

V případě vypuknutí požáru během letu je nezbytné, aby pilot přijal opatření k minimalizaci rizika pro pasažéry. Pokud dojde k požáru v motorovém prostoru, doporučuje se letět ve výkluzovém režimu. Tento manévr zajišťuje, že plameny a kouř jsou odváděny mimo kabinu letadla, čímž se snižuje pravděpodobnost zasažení pasažérů ohněm nebo kouřem. (GALAXY GRS, 2016)

#### **b. Kolize ve vzduchu**

Ve výjimečných případech může dojít ve vzduchu ke kolizi s jiným letounem. V této situaci je nutné systém ihned odpálit. (GALAXY GRS, 2016)

c. **Selhání konstrukce**

Selhání konstrukce letounu není tak časté, ale přesto se vyskytne. Zde je taky nutné použít systém okamžitě, jakmile dojde ke ztrátě říditelnosti letounu. (GALAXY GRS, 2016)

d. **Zneschopnění pilota**

Situace, při níž se naskytne zdravotní indispozice pilota. V tomto případě musí záchranný systém neprodleně aktivovat pasažér, který by měl být o funkci systému ponaučen před začátkem letu. (GALAXY GRS, 2016)

e. **Pád do vývrtky nízko nad terénem**

Většina nehod je způsobena nezkušeností pilota při přistávacím manévru pádem do vývrtky. Pilot by neměl v tu chvíli zkoušet vývrtku vybrat, ale okamžitě zatáhnout za záchrannou rukojeť. (GALAXY GRS, 2016)

f. **Vysazením motoru**

Záchranný systém lze použít tehdy, kdy není možné standardní přistání v bezpečném terénu nebo při špatném počasí a viditelnosti. (GALAXY GRS, 2016)

g. **Dezorientace pilota**

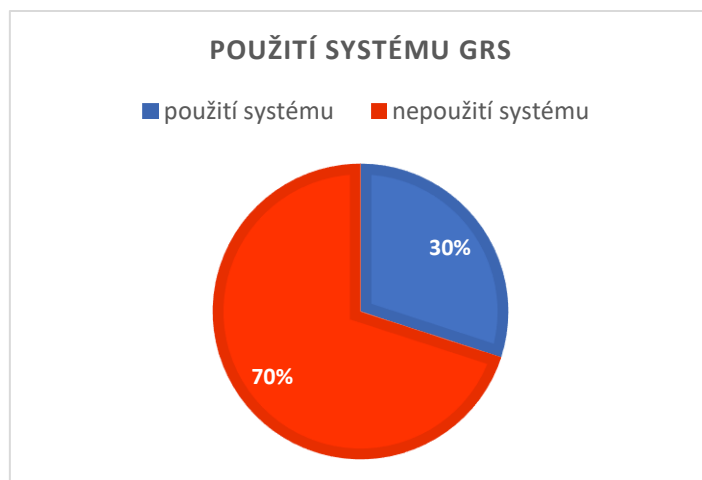
Můžou nastat případy závratě, prostorové dezorientace, ztráty dohlednosti země při špatném počasí, hrozí vyčerpání paliva z nádrží nebo ztráta v horském terénu, když oblačnost zakryje vrcholky hor nebo turbulence v údolí hor. V neúspěšném zvládnutí situace, lze použít systém pro záchranu posádky. (GALAXY GRS, 2016)

## 5.2 Úspěšnost záchrany systému Galaxy GRS

**Tabulka 2:** Použití systému Galaxy

System	počet nehod	použití systému	procento použití
Galaxy GRS	10	3	30 %

Zdroj: tvorba autora



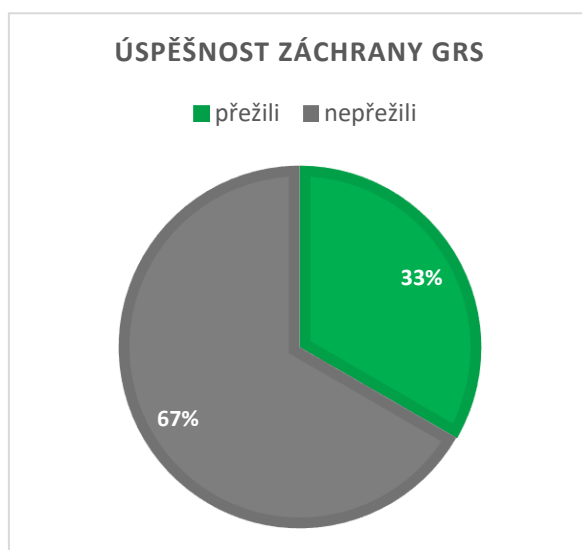
**Obrázek 20:** Úspěšnost použití systému Galaxy

*Zdroj: tvorba autora*

**Tabulka 3:** Úspěšnost záchrany osob systémem Galaxy

počet osob na palubě	přežili	procento úspěšnosti záchrany
6	2	33 %

*Zdroj: tvorba autora*



**Obrázek 19:** Úspěšnost záchrany osob systémem Galaxy

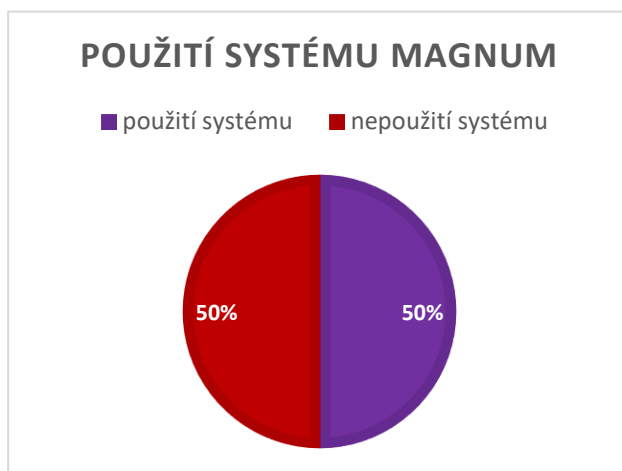
*Zdroj: tvorba autora*

### 5.3 Úspěšnost záchrany systému Magnum

**Tabulka 4:** Úspěšnost použití systému Magnum

system	počet nehod	použití systému	procento použití
Magnum	6	3	50 %

*Zdroj: tvorba autora*



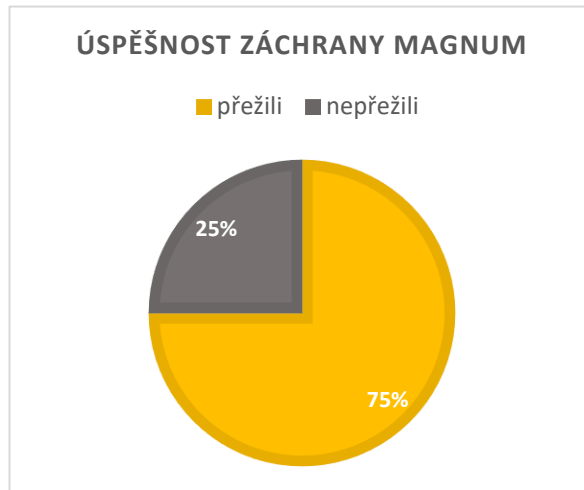
**Obrázek 21:** Úspěšnost použití systému Magnum

*Zdroj: tvorba autora*

**Tabulka 5:** Úspěšnost záchrany osob systémem Magnum

počet osob na palubě	přežili	procento úspěšnosti záchrany
4	3	75 %

*Zdroj: tvorba autora*



**Obrázek 22:** Úspěšnost záchrany osob systémem Magnum

*Zdroj: tvorba autora*

#### 5.4 Příčiny nehod

Nehody autor převzal ze zdroje (uzpln.cz). Příčiny nehod nesouhlasí s celkovým počtem nehod, protože u některých havárií nastalo více chyb, které byly důsledkem nehody. Většina nehod byla na straně pilota při nesprávném přiblížení na přistání. Dále pak v nesprávném postupu dodržení minimální bezpečné výšky letu, akrobacie na typech letounů, které pro to nebyly určeny. Další příčinou bylo překročení maximální hmotnosti letounu, která změnila jeho letové vlastnosti a zvýšila například pádovou rychlost nebo delší čas pro vybírání vývrtky a spirály.

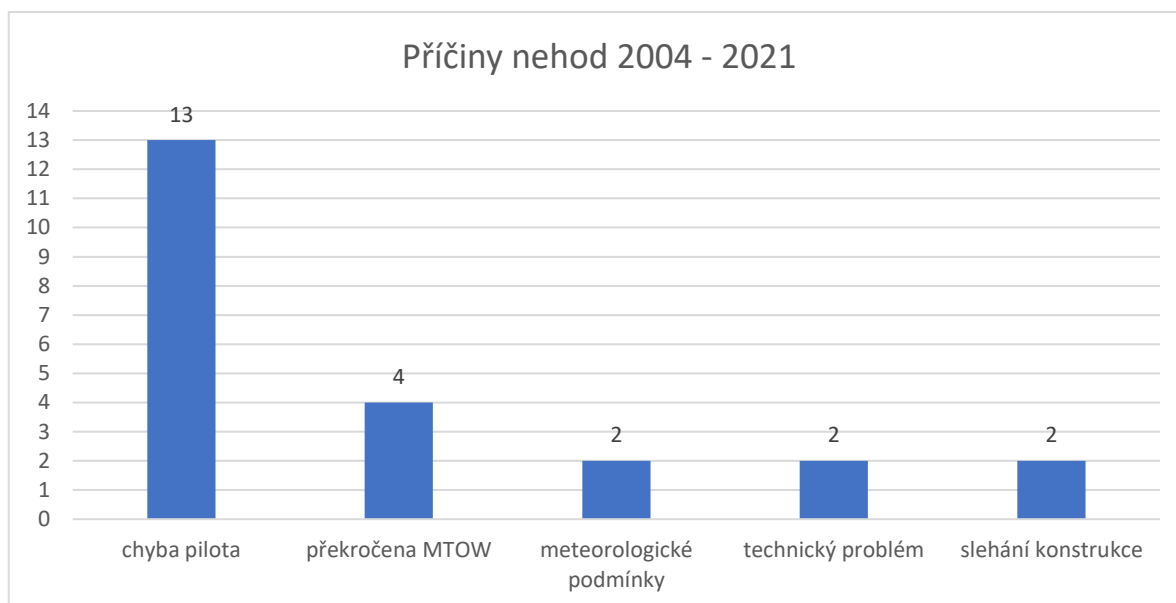
U dvou nehod přispěly ke katastrofě meteorologické podmínky, kdy v prvním případě pilot letěl za špatného počasí v oblačnosti bez viditelnosti země a vlietnul do oblasti s námrazou. Ta způsobila ztrátu říditelnosti a letoun se dostal do vývrtky, při které ztratil výškové kormidlo a letoun se zřítil. V tomto případě měl pilot okamžitě použít záchranný systém. Ve druhém případě se na nehodě podílela turbulence v místě před začátkem přistávací dráhy. Zde se přihodilo více faktorů. Technická chyba, kdy letoun neměl zajištěný překryt kabiny, dále skluzová zatačka v poslední fázi letu před přistáním, která způsobila otevření krytu a zhoršení ovladatelnosti letounu, a nakonec mechanická turbulence před přistávací dráhou, která zapříčinila pád letounu.

U jiné nehody nastala chyba pilota, kdy uvedl letoun do strmé spirály a neaktivoval systém. Ten by se mu bohužel nepodařilo aktivovat, protože systém měl technický problém,

když při montáži nebyla odstraněna přepravní pojistka. V jiné situaci se vyskytla technická závada na ZS. Jednalo se o záchytné body pro ZS, které měly zastaralou revizi pro výpočet dynamického rázu. Tudiž nesplňovaly požadavky nového přísnějšího předpisu a výpočtu, a tak se několik lan přetrhlo a zhoršilo funkčnost ZS.

Selhání konstrukce bylo příčinou dalších nehod. Jedna je popsána výše, při které vlivem překročení maximální rychlosti letoun ztratil výškové kormidlo. U druhé se vyskytnul problém u selhání konstrukce v křídle, když za letu došlo k jeho destrukci. Při lepení křídla k trupu letounu nebyl dodržen správně předepsaný postup.

Velký pozitivem je, že u žádné nehody nebyl u pilota v krvi prokázán alkohol nebo jiná omamná látka.



**Obrázek 23:** Příčiny nehod s nainstalovaným záchranným systémem na palubě letounu

*Zdroj: tvorba autora*

Autor by chtěl poukázat na jednu nehodu, ve které pilot použil bezpečnou výšku pro provádění nebezpečných manévrů. Jde o příklad ULL SportStar, kdy pilot prováděl zkušební let, při kterém létal vývrtky v různých konfiguracích rychlosti a výkonu motoru. Při snaze vybrání jedné z vývrtek letoun z ničeho nic přestal reagovat na řízení, na což pilot provedl včasnou aktivaci systému ve výšce mezi 1,5 a 2 kilometry nad zemí a vyvážl bez zranění.

Dle názorného příkladu autora to znamená, že pro vytažení systému je potřeba minimální výška 200 metrů nad zemí a jestliže se k letu přidá akrobacie, tak pilot potřebuje

minimálně dalších 300 metrů, aby při ztrátě kontroly nad letounem měl dostatečnou výšku a čas zareagovat na nebezpečnou situaci, případně použít záchranný systém.

## 6 Bezpilotní letadla

Jsou známy pod pojmem dron, ale odborně se nazývají Unmanned Aerial Vehicle (UAV), což znamená bezpilotní letadlo. Dron pilotuje osoba přes dálkové zařízení pomocí ovladače. Vyskytují se i drony, jenž mají v systému elektroniky nainstalovaný program, který dokáže s dronem například sám vzlétnout nebo přistát bez zásahu člověka. (TUPEC, Jiří, 2023)

### 6.1 Dělení dronů

Drony se rozdělují do určitých skupin podle různých konstrukcí nebo parametrů. V této práci je uvedeno pouze obecné rozdělení dronů. (TUPEC, Jiří, 2023)

#### 6.1.1 Multikoptéry

Jedná se o létající zařízení s více rotory. Zařízení se dělí podle počtu vrtulí na čtyř vrtulové, šesti vrtulové nebo osmi vrtulové. Výhodou multikoptéry jsou sousedící vrtule, které se otáčejí opačným směrem a zajišťují větší stabilitu zařízení ve vzduchu a bezpečnost. Kdyby za letu selhal jeden z rotorů, multikoptéra je schopná přistát. Další výhodou je vertikální pohyb nahoru a dolů, kde není potřebná větší plocha pro místo vzletu a přistání. Multikoptéru převážně využívá policie nebo hasičský záchranný sbor na monitorování oblasti během požárů nebo krizové situací. Dále zařízení funguje k výzkumu vědců v přírodě na pozorování různých druhů zvířat a jejich oblastí výskytu. (TUPEC, Jiří, 2023)

#### 6.1.2 Letouny

Konstrukci mají jako běžné letouny, ale bez posádky na palubě. Tyto drony se používají převážně na větší vzdálenosti pro monitorování velkých ploch. Největší rozšíření mají v armádním odvětví. Ke vzletu a přistání potřebují větší prostor než multikoptéry. (TUPEC, Jiří, 2023)

### 6.2 Záchranný systém u dronů

V České republice je nejrozšířenější záchranný systém Galaxy GBS „vyvinutý ve spolupráci Leteckého ústavu VUT v Brně a firem: Galaxy Sky s.r.o., RCE Systems s.r.o. a Indent Safety Systems a.s. speciálně pro bezpilotní prostředky.“ (TOMÁŠ, Hájek, 2015 s. 29)

„Systém se skládá z kompozitového kontejneru, ovládací elektroniky, výtlačného pístu, pyroiniciátoru a padákového vrchlíku. Po aktivaci pyrotechnického iniciátoru, který v řádu milisekund vytvoří velký objem plynu o tlaku několika megapascalů, dojde k vytlačení pístu z kontejneru a tím k aktivaci padáku.“ (TOMÁŠ, Hájek, 2015. s. 29)

Výrobce poskytuje systém v různých typech podle hmotnosti bezpilotního zařízení. (TOMÁŠ, Hájek, 2015.)

**Tabulka 6:** Technické parametry systému GBS 10

TYP	GBS 10/50	GBS 10/150	GBS 10/350	GBS 10/350 Speedy	GBS 10/650	GBS 10/650 Speedy
Nosnost	3-5 kg	5-15 kg	15-35 kg	15-35 kg	35-65 kg	35-65 kg
Hmotnost systému (± 3%)	275 g	405 g	725 g	770 g	1420 g	1500 g
Minimální výška záchrany	od 5 m			od 30 m	12 m	od 40 m
Rychlost	0-80 km/h			220 km/h	0-80 km/h	100-220 km/h
Doba do úplného naplnění vrchliku	do 1 s			1,5-2,5 s	1,5 s	2,5-3,0 s
Způsob aktivace	Pyrogenerátor 150		Pyrogenerátor 350		3x Pyrogenerátor 350	

Zdroj: (GALAXY GBS, 2015)

Pilot přes dálkový ovladač signál do dronu, který přes vlastní elektroniku aktivuje záchranný systém. (GALAXY GBS, 2015)

## **Závěr**

Ze zhotovení práce vyplývá zajímavý pohled na balistické záchranné systémy a jejich analýzu při použití systému. Autor z výsledků dat zastává názor, že většina pilotů se snažila zabránit nehodě vlastní pilotáží do poslední chvíle a nevěnovala čas pro použití záchranného systému, dokud tomu odpovídala bezpečná výška. Roli v tom mohl hrát stres, který nastal, když se piloti dostali do kritické situace a soustředili se pouze na ovládnutí letounu. Dle názoru autora by se měli piloti více zaměřit na podvědomí, aby v nouzové situaci, bez ohledu na následky, okamžitě použili záchranný systém, než letoun ztratí potřebnou výšku a uběhne několik sekund, které mohou hrát roli při záchraně života. Dále pak dodržovat minimální bezpečnou výšku pro létání nebezpečných manévru a minimální výšku pro použití systému.

Poslední kapitola popisovala použití systému na bezpilotních letounech. Ovšem popis byl velmi stručný, jelikož se nejednalo o hlavní téma práce a k bezpilotním letounům není tolik dohledatelných zdrojů, vzhledem k jejich použití zejména u vojenských složek.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

BRS AVIATION [online], c1998-2014. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://web.archive.org/web/20170420062859/http://www.brsaerospace.com/BR\\_S\\_History.html](https://web.archive.org/web/20170420062859/http://www.brsaerospace.com/BR_S_History.html)

GALAXY GBS, 2015. [online]. [cit. 2024-06-18]. Dostupné z:

<https://www.galaxysky.cz/multicopters-s71-cz>

GALAXY GRS [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://www.galaxysky.cz/firma-s18-cz>

GALAXY GRS, [2016]. *PŘÍRUČKA PRO MONTÁŽ A POUŽITÍ* [online]. [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

HÁJEK, Tomáš, 2015. *ZÁCHRANNÉ SYSTÉMY PRO LÉTAJÍCÍ DRONY*. BRNO.

DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Dostupné z:

[HAJEK\\_T\\_DP\\_133501\\_secret.pdf \(theses.cz\)](https://theses.cz/t/HAJEK_T_DP_133501_secret)

LAA, 1998. *POŽADAVKY PRO UZNÁNÍ ZPŮSOBILOSTI ZÁCHRANNÝCH SYSTÉMŮ PRO*

*SLZ* [online]. [cit. 2024-06-18]. Dostupné z:

<https://www.laacr.cz/tml/files/2023/05/ZS2.pdf>

STRATOS 07 S.R.O., 2014. *PŘÍRUČKA PRO MONTÁŽ A POUŽITÍ* [online]. [cit. 2024-06-

17]. Dostupné z: <https://www.stratos07.cz/files/65ab7d146fbea>

ŠORF, OLDŘICH, 2015. *PADÁKOVÉ ZÁCHRANNÉ SYSTÉMY LEHKÝCH SPORTOVNÍCH*

*LETADEL* [Online PDF]. BRNO. DOKTORSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V

BRNĚ. Dostupné z: [dis\\_p\\_16.4.15 \(vut.cz\)](https://vut.cz/dis_p_16.4.15)

TUPEC, JIŘÍ, 2023. *DRONY A JEJICH VYUŽITÍ V BEZPEČNOSTNÍ PRAXI* [Online PDF].

PRAHA. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. AMBIS vysoká škola, a.s. Dostupné z:

[Bakalarska\\_prace\\_Jiri\\_Tupec\\_50816.pdf \(ambis.cz\)](https://ambis.cz/Bakalarska_prace_Jiri_Tupec_50816.pdf)

ÚZPLN, c2024. [online]. [cit. 2024-06-18]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/>

## **ZDROJE POUŽITÝCH NEHOD**

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2023. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://uzpln.cz/pdf/20230320120043.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2023. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://uzpln.cz/pdf/20230320120043.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2023. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://uzpln.cz/pdf/20230628174533.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2015. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://uzpln.cz/pdf/incident\\_saXTRFnN.pdf](https://uzpln.cz/pdf/incident_saXTRFnN.pdf)

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2012. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://uzpln.cz/pdf/incident\\_zY5xF5zC.pdf](https://uzpln.cz/pdf/incident_zY5xF5zC.pdf)

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2009. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/pdf/ShZ4pf8a.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2008. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/pdf/gDHaAb7L.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2009. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://uzpln.cz/pdf/incident\\_BRgzeeQr.pdf](https://uzpln.cz/pdf/incident_BRgzeeQr.pdf)

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2004. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/pdf/DkIv5CWg.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2020. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://uzpln.cz/pdf/20200608101719.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2019. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://uzpln.cz/pdf/20190328102034.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2017. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://uzpln.cz/pdf/20171113113844.pdf>

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2017. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://uzpln.cz/pdf/incident\\_d6sXckdu.pdf](https://uzpln.cz/pdf/incident_d6sXckdu.pdf)

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2014. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://uzpln.cz/pdf/incident\\_3TMpafcj.pdf](https://uzpln.cz/pdf/incident_3TMpafcj.pdf)

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2011. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://uzpln.cz/pdf/incident\\_zjC3CEtC.pdf](https://uzpln.cz/pdf/incident_zjC3CEtC.pdf)

ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD, 2012. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

[https://uzpln.cz/pdf/incident\\_FeFV79Q3.pdf](https://uzpln.cz/pdf/incident_FeFV79Q3.pdf)

## ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK

**Obrázek 1:** GALAXY GRS. *MOTOROVÉ ROGALO MZK* [online]. In: . [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/firma-s18-cz>

**Obrázek 2:** GALAXY GRS, 2016. *VNITŘNÍ USPOŘÁDÁNÍ SYSTÉMU GRS* [online]. In: .

[cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 3:** GALAXY GRS. *ODPÁLENÍ SYSTÉMU GRS* [online]. In: . [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/proc-grs-s90-cz>

**Obrázek 4:** *PADÁKOVÉ ZÁCHRANNÉ SYSTÉMY LEHKÝCH SPORTOVNÍCH LETADEL:*

*OTEVÍRÁNÍ ZS POMOCÍ SLIDERU* [online], 2015. In: . [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://dspace.vut.cz/server/api/core/bitstreams/0bf50936-5e12-464e-ba12-70e0e3bb0d9d/content>

**Obrázek 5:** *PADÁKOVÉ ZÁCHRANNÉ SYSTÉMY LEHKÝCH SPORTOVNÍCH LETADEL:*

*OTEVÍRÁNÍ ZS POMOCÍ STŘEDOVÉ ŠŇŮRY* [online], 2015. In: . [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://dspace.vut.cz/server/api/core/bitstreams/0bf50936-5e12-464e-ba12-70e0e3bb0d9d/content>

**Obrázek 6:** GALAXY GRS: *SMĚRY VYSTŘELENÍ SYSTÉMU* [online], 2016. In: . [cit. 2024-

06-17]. Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 7:** GALAXY GRS: *MONTÁŽ NA LETOUN* [online], 2016. In: . [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 8:** GALAXY GRS: *MONTÁŽ NA ROGALO* [online], 2016. In: . [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 9:** GALAXY GRS: *MONTÁŽ DO LETOUNU* [online], 2016. In: . [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 10:** GALAXY GRS: *MONTÁŽNÍ SESTAVA VÝTAŽNÉHO SYSTÉMU* [online], 2016.

In: . [cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 11:** GALAXY GRS: MODIFIKACE B A B - 2 [online], 2016. In: . [cit. 2024-06-17].

Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 12:** GALAXY GRS: MODIFIKACE B A B - 2/R [online], 2016. In: . [cit. 2024-06-

17]. Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/manual/cze.pdf>

**Obrázek 13:** STRATOS 07 S.R.O.: SPRÁVNÉ VYSTŘELENÍ SYSTÉMU [online], 2014. In: .

[cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://www.stratos07.cz/files/65ab7d146fbea>

**Obrázek 14:** STRATOS 07 S.R.O.: DRUHÝ SYSTÉMU [online], 2014. In: . [cit. 2024-06-

17]. Dostupné z: <https://www.stratos07.cz/files/65ab7d146fbea>

**Obrázek 15:** STRATOS 07 S.R.O.: BALENÍ RAKETOVÉHO MOTORU MAGNUM [online],

2014. In: . [cit. 2024-06-17]. Dostupné z:

<https://www.stratos07.cz/files/65ab7d146fbea>

**Obrázek 16:** STRATOS 07 S.R.O.: SYSTÉM SOFTPACK [online], 2014. In: . [cit. 2024-06-

17]. Dostupné z: <https://www.stratos07.cz/files/65ab7d146fbea>

**Obrázek 17:** STRATOS 07 S.R.O.: SYSTÉM KONTEJNER [online], 2014. In: . [cit. 2024-

06-17]. Dostupné z: <https://www.stratos07.cz/files/65ab7d146fbea>

**Obrázek 18:** Nehody od roku 2004 do roku 2021 – tvorba autora

**Obrázek 19:** Úspěšnost použití systému Galaxy – tvorba autora

**Obrázek 20:** Úspěšnost záchrany systému osob systémem Galaxy – tvorba autora

**Obrázek 21:** Úspěšnost použití systému Magnum – tvorba autora

**Obrázek 22:** Úspěšnost záchrany systémem Magnum – tvorba autora

**Tabulka 1:** Provozní parametry systémů analyzovaných u leteckých nehod – tvorba autora

**Tabulka 2:** Použití systému Galaxy – tvorba autora

**Tabulka 3:** Úspěšnost záchrany osob systémem Galaxy – tvorba autora

**Tabulka 4:** Úspěšnost použití systému Magnum – tvorba autora

**Tabulka 5:** Úspěšnost záchrany osob systémem Magnum – tvorba autora

**Tabulka 6:** *GALAXY GBS: TECHNICKÉ PARAMETRY SYSTÉMU GBS 10* [online]. In: . [cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://www.galaxysky.cz/multicopters-s71-cz>