



## ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta dopravní  
Ústav letecké dopravy

### **Hodnocení možnosti zavedení automatického systému vytlačování na LKPR Evaluation of the automatized push-back system implementation at LKPR**

**Bakalářská práce**

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Profesionální pilot

Vedoucí práce: Ing. Slobodan Stojíc Ph.D.

---

**Raman Krasiuk**

Praha 2023



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta dopravní  
děkan  
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K621.....Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Raman Krasiuk**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – PIL – Profesionální pilot**

Název tématu (česky): **Hodnocení možnosti zavedení automatického systému vytlačování na LKPR**

Název tématu (anglicky): Evaluation of the Automated Push-Back System Implementation at LKPR

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je vyhodnotit možnost zavedení automatického systému vytlačování letadel na Letišti Václava Havla Praha.
- Proveďte analýzu současného přístupu k vytlačování letadel a definujte hlavní nedostatky.
- Proveďte analýzu základních požadavků pro zavedení a provoz automatických systémů pro vytlačování letadel.
- Porovnejte existující řešení automatizovaných systémů a proveďte výběr na základě definovaných požadavků.
- Navrhněte proces implementace vybraného systému na LKPR a ohodnoťte vliv na existující procesy a infrastrukturu.
- Ohodnoťte proveditelnost záměru.



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ACI, Autonomous Vehicles and Systems at Airports Report  
Norman J., Ashford, Salej Mumayiz, Paul H. Wright.: Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports, 4th Edition  
EASA CS-ADR-DSN Aerodromes Design

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Slobodan Stojić, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**  
(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: **30. listopadu 2023**  
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



prof. Ing. Ondřej Přebyl, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Raman Krasiuk  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 8. srpna 2023



## **Abstrakt**

Tato práce je zaměřena na alternativní a automatické systémy vytlačování, které umožní letadlům vyjíždět ze stání bez nutnosti využití svých motorů nebo klasického tahače „Pushback Tug“. Ve světě už několik let existují různé alternativní systémy pro vytlačování a pojíždění, které jsou už dávno používané na mezinárodních letištích a pomáhají šetřit miliony dolarů každý rok. V moji práci jsou tyto systémy představeny a porovnány pomocí SWOT analýzy. Cílem je pomocí porovnání najít nejvhodnější ze systémů pro návrh implementaci na hlavním letišti v Praze – LKPR. Nejdůležitějšími kritérii byly technické a ekonomické výhody těchto systémů. Pomocí výhod a nevýhod každý systém mohl být objektivně porovnán. Výsledkem práce je postup zavedení jednoho z porovnaných systémů, který by mohl být nainstalován a využit na letišti Václava Havla v Praze.

**Klíčová slova:** ATS, EGTS, Letiště Václava Havla Praha (LKPR), Mototok, SWOT, TaxiBot, Vytlačování, WheelTug.



## **Abstract**

This thesis is focused on alternative and automated aircraft pushback systems, which allow airplanes to leave their parking positions without the need to use their engines or a conventional "Pushback Tug." Various alternative pushback and taxiing systems have been in use at international airports for several years, saving millions of dollars annually. In this work, these systems are introduced and compared using SWOT analysis. The goal is to find the most suitable system for implementation at Prague's main airport – LKPR. The main criteria considered were the technical and economic advantages of these systems. By comparing the advantages and disadvantages of each system, an objective evaluation was conducted. The outcome of this work is a procedure for implementing one of the compared systems, which could be installed and utilized at Václav Havel Airport in Prague.

**Keywords:** ATS, EGTS, Airport Vaclav Havel (LKPR), Mototok, SWOT, TaxiBot, Pushback, WheelTug.



### **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Slobodanu Stojícímu za jeho vedení mé bakalářské práce, za jeho trpělivost, pomoc, nápady, připomínky a konzultace ke zlepšení. Dále bych chtěl poděkovat svým spolužákům, učitelům a instruktorům, kteří dali své komentáře k mému tématu na základě svých zkušeností v této problematice a v letectví obecně. Také děkuji svým blízkým, a hlavně svojí mamince za morální podporu.



### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Hodnocení možnosti zavedení automatického systému vytlačování na LKPR“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V Praze dne 30. listopadu 2023

.....  
*Podpis*



## Obsah

<b>Úvod</b> .....	<b>14</b>
<b>1. Přehled současného přístupu k vytlačování letadel</b> .....	<b>15</b>
1.1 Pojmy používané v obslužném provozu letadel na ploše letiště .....	15
1.2 Prostředí pro vytlačování .....	16
1.3 Typy a procesy vytlačování. ....	19
1.3.1 Ruční vytlačování.....	19
1.3.2 Vytlačování pomoci vytlačovacího vozidla nebo Pushback. ....	20
1.3.3 Vytlačování letadla pomoci oje. ....	23
1.3.4 Výjezd letadla ze stání couváním na vlastní pohon a PowerBack (PB) .....	24
<b>2. Letiště Praha a jeho požadavky na vytlačování letadel</b> .....	<b>27</b>
2.1 Základní Informace.....	27
2.2 Konfigurace odbavovacích ploch a stojánek.....	28
2.3 Společnosti, provádějící vytlačování na LKPR .....	31
<b>3. Existující automatické systémy vytlačování letadel</b> .....	<b>33</b>
3.1 Zvýšení ceny paliva jako hnací motor zavádění moderních GSE prostředků .....	33
3.2 Rozvoj a výhody moderních tahačů .....	34
3.3 Mototok .....	35
3.3.1 Fungování systému „Mototok“ .....	36
3.3.2 Typy “Mototok” .....	38
3.4 WheelTug .....	38
3.5 TaxiBot.....	41
3.5.1 Koncepce, funkce a výhody systému “TaxiBot” .....	43
3.5.2 Dopady na zavedení „TaxiBot” .....	44
3.6 EGTS (Electric Green Taxiing System) .....	45
3.6.1 Snížení emise pomoci EGTS.....	46
3.6.2 Výhody EGTS systému .....	46
3.7 ATS (Aircraft Towing System).....	47
3.7.1 Výhody systému „Aircraft Towing System” .....	49





3.8	Budoucí vývoj .....	49
<b>4.</b>	<b>Analýza existujících alternativních a automatických systémů vytlačování.....</b>	<b>51</b>
4.1	SWOT analýza.....	51
4.2	SWOT analýza jednotlivých typů systémů vytlačování ze stání.....	52
4.2.1	Analýza Systému „WheelTug“ .....	52
4.2.2	Analýza Systému EGTS (Electric Green Taxiing Systém) .....	53
4.2.3	Analýza Systému ATS (Aircraft Towing Systems) .....	54
4.2.4	Analýza Systému TAXIBOT (Taxiing Robot) .....	55
4.2.5	Analýza Systému „Mototok“ .....	56
4.3	Porovnání systémů a závěr analýzy .....	57
<b>5.</b>	<b>Návrh implementace systému “TAXIBOT” na letišti v Praze (LKPR).....</b>	<b>60</b>
5.1	“PUSH” pozice a požadavky pro vytlačování letadel s rozpětím do 36m.....	60
5.2	Pohled na využití systému „Taxibot“ ze strany letiště a handlingové společnosti „CSAH“ .....	65
5.3.	Školení personálu .....	66
<b>6.</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>67</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>69</b>
	<b>Seznam použité literatury / ZDROJE .....</b>	<b>71</b>

## Seznam obrázků

- Obrázek 1: Bezpečnostní zóna kolem stojícího letadla [1]
- Obrázek 2: Equipment Restraint Area (ERA) a Equipment Restraint Line (ERL)
- Obrázek 3: Ruční vytlačování letadla G-CCMP
- Obrázek 4: PushBack Tug
- Obrázek 5: Signál "All Clear"
- Obrázek 6: Výjezd ze stání pomocí PowerBack
- Obrázek 7: – Schéma Letiště Praha [3]
- Obrázek 8: Plocha Sever na LKPR [3]
- Obrázek 9: Sektory zahrnující stání letadel na ploše SEVER
- Obrázek 10: Tahač F396 [33]
- Obrázek 11: Mototok [4]
- Obrázek 12: Otáčení motoru v systému „Mototok“ [4][5]
- Obrázek 13: Řízení „Mototoku“ [4][5]
- Obrázek 14: Zavírání hydraulických dveří [4][5]
- Obrázek 15: Zvedání kola v systému „Mototok“ [4][5]
- Obrázek 16: Systém WheelTug instalovaný v předovém podvozku letadla
- Obrázek 17: Fungování systému „WheelTug“ [10]
- Obrázek 18: "TaxiBot" Voz
- Obrázek 19: Systém EGTS na podvozku letadla A320 [15]
- Obrázek 20: Systém ATS instalovaný uprostřed pojezdové dráhy [16]
- Obrázek 21: Jeden z vozů „PullCar“ s vozíkem namontovaným nahoře [16]
- Obrázek 22: - Schéma stání 4 - 12 plochy SEVER
- Obrázek 23: Vytlačování ze stání 7
- Obrázek 24: Vytlačování ze stání 9
- Obrázek 25: Schéma stání 14 - 20 plochy SEVER



## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Seznam vozidel společnosti “Czech Handling Airlines” [Zdroj: Společnost „CSAH“]

Tabulka 1: Zahraniční srovnávací zkušenosti po implementaci

Tabulka 3: Porovnání automatizovaných systémů

Tabulka 4: Porovnání systémů TaxiBot, Mototok, ATS

Tabulka 5: pozice pro vytlačování z konkrétních stání

Tabulka 6: Organizace a jejich zodpovědnost při implementaci systému „TaxiBot“



## Seznam symbolů a zkratek

%	Procento (gradient)   Percent (gradient)
APU	Auxiliary Power Unit   Pomocná Motorová Jednotka
ATC	Air Traffic Control   Řízení letového provozu
ATS	Aircraft Towing Systems (Systém)
CSAH	Czech Airlines Handling
EASA	European Union Aviation Safety Agency   Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví
EGTS	Electric Green Taxiing Systém   Elektrický Ekologický Systém Pojíždění
FAA	Federal Aviation Administration   Federální Letecká Správa
FOG	Foreign Object Debris - Foreign Object Debris / „Damage“   Poškození Cizím Objektem
GPU	Ground Power Unit   Pozemní energetická jednotka
GSE	Ground Support Equipment   Mobilní Mechanizační Prostředek
IAI	Izrael Airspace Industries
IATA	International Air Transport Association   Mezinárodní sdružení leteckých dopravců
ICAO	International Civil Aviation Organization   Mezinárodní organizace pro civilní letectví
KW	KiloWatt   Jednotka Měření Výkonu
LEOS	Lufthansa Engineering and Operation Services
LKPR	Ruzyně ICAO code   kód letiště Ruzyně – označení letiště Václava Havla v Praze
MMP	Mobilní Mechanizační Prostředek (Český ekvivalent GSE)
MŽP	Ministerstvo Životního Prostředí
NB	Narrow-Body Aircraft   Úzkotrupý Letoun
NLG	Nose Landing Gear   Předový Podvozek
PHM	Pohonné Hmoty a Maziva
PB	PowerBack
PSB	Pushback   Vytlačování
ROI	Return Of Invest   Návratnosti investic
RWY	Runway   Přistávací a vzletová dráha
SAS	Smart Airport Systems
SET	Single Engine Taxi   Pojíždění letadla jen s jedním motorem
SWOT	Strengths; Weaknesses; Opportunities; Threat
TOT	Turnaround Time   Doba Obratu
TWY	Taxiway   Pojezdová dráha



USD	United States Dollar   Americký dolar
VALE	Voluntary Airport Low Emissions Program
VPD	Vzletová a přistávací dráha   Runway
WACU	Wheel Actuator Controller Unit
WB	Wide-Body Aircraft   Širokotrupý letoun
WT	WheelTug (System)



## Úvod

Poptávka po letecké dopravě v posledním desetiletí prudce rostla a neustále poháněla trh komerčního letectví až do krize COVID. Letecký průmysl zažívá rychlý provoz cestujících každý od roku 2014 ve výši více než 6 % ročně. Podle ICAO (International Civil Aviation Organization), v roce 2018 přepravil letecký průmysl 4,4 miliardy cestujících, zaznamenal 6,9% nárůst oproti roku 2017. Počet letů vzrostl na 37 milionů. Pandemie COVID19 tento růst zastavila a zaznamenala pokles poptávky po dopravě o 66 %. Letecké společnosti v reakci na to snížily své objednávky, vyřadily starší letadla a přestavěly je na osobní letadla pro přepravu nákladu. Od té doby je pozastaven také mezinárodní letecký provoz – pandemie zasáhla většinu zemí. To vedlo k poklesu poptávky po pozemním odbavování letadel, což ovlivnilo poptávku po pozemní manipulační zařízení jak v současnosti, tak i podle předpovědí poptávky. To také vyústilo v zastavení projektů na rozšíření kapacity letišť a zpozdila se výstavba nových letišť a všechny plánované projekty byly odloženy na dobu neurčitou. Nicméně dnes se očekává, že osobní doprava se od roku 2023 zotaví a dosáhne až 2019 úroveň před covidem do roku 2024 ve většině zemí. Vrací se i velký zájem o modifikace pozemních zařízení a přechodu letišť a leteckých společností na elektrické systémy pro pojíždění a vytlačování letadel.

Nicméně i cena pohonných hmot atakuje rekordní maxima a stále stoupá. Ve spojení s ochromujícím nedostatkem pracovních sil je to skutečný dvojitý úder. Nemůžeme ovládat všechny tyto proměnné, ale můžete ovládat alespoň úspory formou inovací v GSE, který nepoužívá žádná fosilní paliva a snižuje náklady na personál. Také elektrické tahače jsou prakticky bez-údržbové místo na údržbu náročných dieselových jednotek.

Cílem práce je porovnat existující automatizované systémy pro vytlačování letadel a vybrat nejvhodnější pro jeho implementace na letišti Václava Havla v Praze. Nejvýznamnějšími kritérii pro výběr konkrétního systému byli certifikace systému,

Práce je zaměřena na analýzu aktuálního stavu vytlačování pomocí systému „PushBack“, na seznámení s automatizovanými systémy vytlačování, které jsou používány na různých letištích ve světě, porovnání různých systému, implementace „Taxibot“ na LKPR a předpokládané budoucí dopady po zavedení systému do provozu.



## 1. Přehled současného přístupu k vytlačování letadel

Tato kapitola se zabývá aktuálním přístupem k vytlačování a vyjíždění letadla ze stání. V této kapitole jsou popsány nejpoužívanější typy a procesy vytlačování ve světě. Vytlačování je proces, který provádí mnoho účastníků: řidiče, techniky nebo mechaniky, tažná posádka, dispečery, zástupce letecké společnosti atd. Některá letadla se mohou kvůli zpětnému chodu pohybovat dozadu. Piloti však pro takový pohyb nemají potřebnou viditelnost a zpáteční pohyb letadla dozadu může způsobit zvedání drobných předmětů a úlomek. Což znamená že na odbavovací ploše a při pojíždění je mnohem bezpečnější a snazší použít proces vytlačování.

### 1.1 Pojmy používané v obslužném provozu letadel na ploše letiště

GSE (Ground Support Equipment)

Vybavení pozemní podpory je zaužívaný termín, který odkazuje na podpůrné vybavení, které se obvykle nachází na letišti a které se používá k obsluze letadla mezi lety. Pozemní podpůrné vybavení je obvykle umístěno na rampě poblíž terminálu, když se nepoužívá, aby k němu byl rychlý přístup. GSE zahrnuje mobilní cisterny pro doplňování paliva, tažení letadel nebo zavazadel/nákladních vozíků, pásy pro nakládání zavazadel/nákladu, přepravu cestujících, cisterny s pumpou pro doplňování pitné vody, odstraňování odpadních vod, (cateringové) prostředky pro nakládání potravin, odmrazování letadel a hašení požárů. Zde ho budeme používat jen pro prostředky k tažení/tlačení letadel jako třeba Push-back tahače.

Taxiing – pojíždění, pohyb letadla po ploše za pomoci vlastního pohonu. Na rozdíl od towing – tažení, nebo pushback – vytlačování, kde je pohyb zprostředkován externím tahačem. V praxi u dopravních letadel jde o přitažení či odtažení z letištní stojánky nebo brány za pomoci tahače.

Vlečení nebo tažení zahrnuje použití externího vozidla (tahače), které táhne letadlo na místo určení. To se často používá, když letadlo není schopno pojíždět vlastní silou, například když má mechanické problémy nebo je přesouváno do oblasti údržby.

Vytlačování nebo odtlačení je proces, kdy je letadlo tlačeno dozadu ze svého parkovacího místa externím vozidlem. Tato metoda se obvykle používá, když je letadlo otočeno směrem ke stání, nebo když není dostatek místa pro pojíždění letadla ze svého parkovacího místa.



Non-autonomous taxiing – Neautonomní pojiždění, jako je "TaxiBot", hybridní tažné vozidlo, které na rozdíl od normálních tlačných vozíků dokáže odtáhnout plné letadlo až na začátek dráhy, aniž by letadlo muselo spouštět motory. Očekává se, že to sníží spotřebu paliva při pojiždění o 50 % až 85 %. Tento jejich provozní režim na odbavovací ploše se nazývá typu „Pushback and Go“.

Autonomous taxiing – Autonomní pojiždění jako systém E-Taxi, který se opírá o elektromotory zabudované do podvozku, které umožňují letadlům zatlačit a pojižďet, aniž by jejich proudové motory běžely – šetří palivo, omezují emise a ukončují zpoždění na poslední chvíli při čekání na letištní tahače. Očekává se, že to sníží náklady na palivo přibližně o 4 % celkové spotřeby, o 50 % paliva pro taxi a až o 85 % nákladů na pozemní provoz s ohledem na další výhody, jako jsou náklady na tlačení, opotřebení brzd.

Single engine taxiing (SET). Pojiždění s jedním motorem, které zahrnuje použití pouze poloviny počtu instalovaných motorů k výrobě energie potřebné pro pojiždění, což snižuje spotřebu paliva při pojiždění o 20 %

## 1.2 Prostředí pro vytlačování

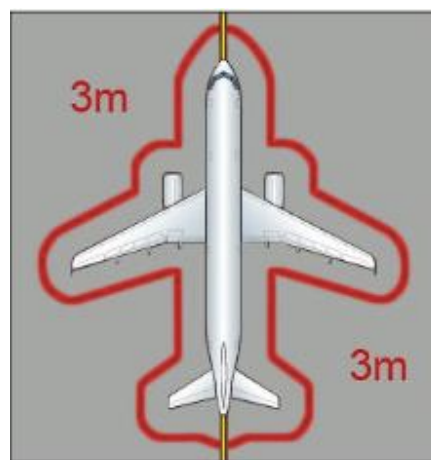
Prostředí pro vytlačování letadel zahrnuje několik prvků, které ovlivňují proces posunu letadla od parkovacího místa na letišti do konkrétní TWY nebo RWY. Tyto prvky jsou:

- **Rozmístění TWY a RWY.** TWY a RWY musí být vhodně umístěny a propojeny, aby minimalizovaly dobu trvání vytlačování a umožňovaly plynulý pohyb letadel. Šířka TWY musí být dostatečná pro bezpečný pohyb letadel a předěšení kolizím.
- **Stání.** Stání by měly být umístěny tak, aby bylo co nejméně nutné dlouze vytlačovat letadla. Strategické rozmístění může zvýšit efektivitu pohybu na letišti.
- **Technická vybavenost.** V manévrovacích zónách jsou často instalovány radarové systémy sledování pohybu letadel. Tyto systémy umožňují monitorování polohy letadel v reálném čase, což je užitečné pro řídicí věže a pozemní personál při koordinaci pohybů letadel. Moderní technologie zahrnují i efektivní komunikační systémy. Tyto systémy usnadňují okamžitou a přesnou výměnu informací mezi letadly, pozemním personálem a řídicími věžemi, což je klíčové pro bezpečný pohyb letadel.
- **Navigační Světla.** Osvětlení v manévrovacích zónách je klíčovým prvkem pro noční operace nebo v období snížené viditelnosti. Speciální světelné navigační pomůcky, jako jsou světelné



ukazatele RWY nebo TWY, jsou instalovány pro navigaci letadel na pozemní ploše. Správné osvětlení na letišti je nezbytné pro bezpečný provoz v noci nebo za špatné viditelnosti. Osvětlení musí být dostatečně silné a umístěné tak, aby poskytovalo jasné vedení pro pozemní personál.

- **Zóny pro manévrování a bezpečnostní zóny.** Speciální zóny pro manévrování mohou být stanoveny na minimální vzdálenosti od ostatních letadel, budov a infrastruktury. To minimalizuje riziko kolizí při vytlačování. Tyto zóny jsou obklopeny bezpečnostními prostory, které mají zabránit kolizím a poskytují dostatečný prostor pro pohyb letadel. Vzdálenosti jsou stanoveny podle bezpečnostních předpisů. Příklad bezpečnostní zóny kolem stojícího letadla:



Obrázek 1 - Bezpečnostní zóna kolem stojícího letadla [1]

Bezpečnostní zóna kolem stojícího letadla je definována fiktivní čarou bezpečnosti, lemující ve vzdálenosti 3m obrys celého letadla (Obrázek 1). V této bezpečnostní zóně se mohou pohybovat pouze MMP, které vyžadují přímý kontakt s letadlem za účelem údržby, kontrol, oprav a poskytování technického nebo obchodního odbavení letadla. Tyto MMP mohou vjet nebo vyjet do nebo z této bezpečnostní zóny až po zastavení motorů. Z důvodu omezeného vizuálního rozhledu a blízkosti letadla s možností jeho poškození, jsou řidiči vybraných typů MMP povinni při vjíždění/vyjíždění do/z bezpečnostní zóny se řídit pokyny oprávněné osoby, která pomocí ručních signálů naviguje příslušného řidiče. [1]

Existují také Equipment Restraint Area (ERA) a Equipment Restraint Line (ERL) (Obrázek 4). ERA je definována jako část odbavovací plochy ohraničená červenou čarou známou jako ERL – nebo jinak, označená plochou, – ve které je letadlo zaparkováno během pozemních operací.



Obrázek 2 - Equipment Restraint Area (ERA) a Equipment Restraint Line (ERL)

Před a během přeletu a odletu letadla musí být ERA bez překážek a cizích předmětů (Foreign Object Debris – FOD). Cizí předměty (FOD) je obecný termín, který se vztahuje na všechny volné předměty, které představují nebezpečí pro bezpečnost a integritu letadla, a které proto nesmí být ponechány v žádné oblasti, kde by představovaly nebezpečí. Každý jednotlivec má odpovědnost zajistit, aby riziko poškození letadla způsobeného FOD bylo minimalizováno. Veškeré FOD musí být odstraněny a řádně zlikvidovány, jakmile se objeví. Přítomnost FOD je často způsobena nedbalostí personálu pracujícího v neveřejném prostoru a jeho nedostatečným pochopením důsledků takové nedbalosti nebo přesunem FOD do umístění neveřejného prostoru za silného větru.[2]

Příklady FOD:

1. Plast a papír, tašky/listy, hadry.
2. Kov: matice a šrouby, prázdné kanystry od oleje a hydraulické kapaliny, nářadí a vybavení.
3. Přírodní objekty: kameny a dřevo.
4. Jiné nečistoty: prasklé balastní vaky, rukojeti a kola zavazadel. [2]

### 1.3 Typy a procesy vytlačování

Proces vytlačování letadel může být prováděn různými způsoby v závislosti na velikosti letadla, dostupné technologii a preferencích letiště. Menší letadla jako například Cessna 150/172 nebo Cirrus SR72 je možný vytlačit ručním způsobem a velká letadla pomoci vytlačovacích vozidel, traktorů s tažnými zařízeními nebo automatizovaných vytlačovacích systémů. Dále podrobné rozeberu hlavní a nejpoužívanější typy vytlačování:

#### 1.3.1 Ruční vytlačování

Tento typ vytlačování se používá pro menší letadla, která je možný vytlačit bez pomoci jakékoliv systému nebo zařízení. Postup je takový, že skupina pozemních pracovníků vytlačí letadlo ručně od stojánky na požadované místo na letišti (Obrázek 3).



Obrázek 3 - Ruční vytlačování letadla G-CCMP

#### Hlavní nedostatky ručního vytlačování:

- Omezená Aplikace: Ruční vytlačování je obvykle omezeno na menší a lehčí letadla, jako jsou soukromé nebo regionální letouny. Pro větší letadla je tato metoda nepraktická.
- Závislost na personálu: Pro ruční vytlačování je obvykle nutné mít dostatečný počet pracovníků k dispozici. Čekání na pracovníky letiště může ovlivnit efektivitu letištních operací, zejména v případě vyššího počtu letadel.



- Bezpečnostní rizika: Ruční vytlačování může zvyšovat riziko úrazů pro pozemní personál nebo poškození letadla, například, kvůli meteorologickým podmínkám, jako jsou silný vítr nebo špatná viditelnost.

### 1.3.2 Vytlačování pomoci vytlačovacího vozidla nebo Pushback

Vytlačování pomoci "Pushback" traktoru (Obrázek 4) je klasickým a nejběžnějším typem vytlačování letadel, který se aktuálně používá i na hlavním letišti v Praze, který nyní využívají společnosti "Menzies" a "Czech Airlines Handling" pro vytlačování různých typů letadel u svých zákazníků. Dále podrobněji popíšu proces vytlačování pomoci "Pushback" traktoru:

Všechny tažné operace provádí několik lidí, které jsou umístěny na různých místech. Technik nebo mechanik je umístěn na pracovišti velitele posádky, senior – před levou stranou letadla, na dohled pilota nebo člena posádky tažného zařízení, a pokud možno v dohledu řidiče „Pushback“ traktoru, zbytek je v blízkosti extrémních bodů letadla – ocasní jednotky, a konce křídel. Všechny účastníci procesu odbavení monitorují udržování bezpečných vzdáleností mezi konstrukčními prvky letadla a jinými letadly, jakož i prvky letištní infrastruktury, aby se vyloučilo poškození letadla.



Obrázek 4 - PushBack Tug

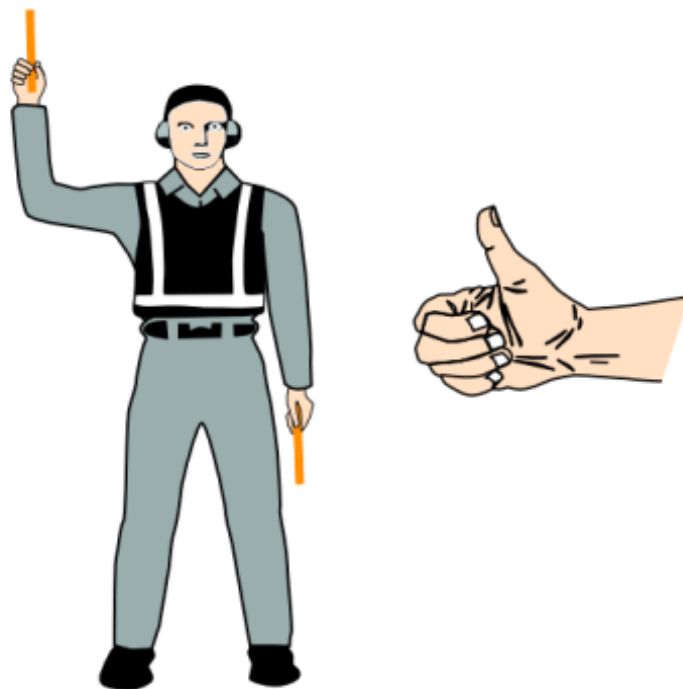
Komunikace mezi členy brigády a řidičem traktoru je udržována pomocí komunikačních stanic nebo pomoci vizuálních signálů. Úkol všech účastníků procesu nejenom kontrola bezpečné vzdálenosti od letadla při vytlačování, ale i připevňování a odpojování tažného zařízení, instalování a odstraňování podložek zpod kol letadla. Například, na některých letištích ve světě proces vytlačování řídí jenom jeden člověk, který vede komunikaci a řídí traktor.

Proces vytlačování vždy začíná až po povolení z věže a po zapnutí antikolizních majáků letadla. Všechny dveře nákladního prostoru a dveře kabiny pro cestující musí být zavřeny, schody a GPU musí být odpojeni od letadla. Varovné kužely musí být umístěny na správném místě kolem letadla a všechny letištní vozidla zaparkovány v pohotovostním režimu. Vedoucí odbavení musí projít kolem letadla a provést vizuální hodnocení, aby zkontroloval přítomnost jakékoli poškození a současně zkontroluje i přítomnost FOD pod letadlem, a v případě přítomnosti odstraní FOD z důvodu bezpečností pro vytlačování i pojíždění. Na závěr prohlídky vedoucí odbavení vloží do nohy předního podvozku odnímatelný kolík, aby bylo zaručeno, že hydraulický systém podvozku byl odpojen, a to znamená, že předový podvozek, na který je traktor namontován se může volně otáčet, což umožňuje ovládat směr vytlačování, aniž by hrozilo poškození podvozku. Traktor může být připojen jenom po vložení tohoto kolíku. Účastník procesu vytlačování, který komunikuje s letovou posádkou musí používat standardizovaný jazyk prostřednictvím interkomu během celého procesu vytlačování. Pokud interkomová komunikace není možná je nezbytné komunikovat s piloty vizuálně pomocí specifických neverbálních pokynů. Jakmile Ramp Agent nebo účastník procesu, který komunikují s posádkou, obdrží



signál od pilotu, že oni jsou připraveni k vytlačování – bude letadlo vytlačeno ze stání na pojezdovou dráhu do předem určeného místa. Před začátkem vytlačování je traktor připojen k letadlu pomocí spojovacího zařízení. Dal podložky jsou odstraněny zpod kol letadla, aby řidič traktoru mohl začít vytlačování a ovládat směr pohybu letadla. Během vytlačování velmi důležité kontrolovat okolí pohybujícího dozadu letadla. Člověk, který to má na starosti se také kvalifikuje jako Wingwalker. Wingwalker musí jít spolu s letadlem během jeho vytlačování. Wingwalker by měl jít s vytlačovaným letadlem ve vzdálenosti nejméně jednoho metru od úrovně konce křídla, aby kontrolovat plochu před letadlem na přítomnost překážek. Takovou překážkou může být světelný sloup nebo i jiné letadlo na stání. Povinnost wingwalkera je upozornit řidiče traktoru, pokud je za vytlačovaným letadlem skutečně překážka, aby ten mohl okamžitě zastavit a vyhnout se srážce. Povinnost kontroly letadla během vytlačování se týká všech účastníků procesu. Kdokoliv, kdo si všimne nebezpečí kolize, je povinen dát příkaz "Stop!" a řidič traktoru s letadlem zastaví. Například, funkce Wingwalkera se v Praze v praxi používá pouze na vyžádání nebo v nestandardních situacích, protože letiště Praha je koncipováno tak, že obslužná komunikace se nachází mezi stáním a terminálem, tedy před a nikoli za letadlem, tudíž při vytlačování nehrozí kolize s projíždějícím vozidlem. [Zdroj: CSAH].

Někdy se v procesu vytlačování letadla se nashutují motory a nechají se běžet naprázdno. To se provádí za účelem zkrácení doby přípravy na vzlet v případě přetížení letiště. Jakmile letadlo bude vytlačeno na určené místo na pojezdové dráze bude tahač odpojen z předního podvozku a spojovací kolík bude vytažen, aby se znovu připojil k hydraulickému systému předního podvozku. Tento kolík má velkou červenou stuhu s nápisem v angličtině "Remove Before Flight" nebo v češtině "Odstranit Před Letem", aby účastníky procesu vytlačování nezapomněli na jeho odstranění. Pokud komunikace mezi účastníky vytlačování a letovou posádkou probíhala pomocí interkomu – musí se odpojit i konektor interkomu. Dal řidič s traktorem a ostatní účastníky vytlačování vyjedou z pojezdové dráhy zpět k terminálu, a letová posádka dostane vizuální signál od vedoucího odbavení, že je vše v pořádku. Aby se letová posádka ujistila, že hydraulický systém předního podvozku byl znovu připojen, je obvyklým signálem zvednutá pravá ruka s palcem nahoru a zároveň držící oddělitelný kolík. Tímto signálem, který je znázorněn na obrázku 5 posádce oznamuje i to, že kolem letadla nezůstal nikdo a nic a je možné zahájit pojezdění. A to znamená, že letadlo může bezpečně pokračovat v pojezdění do RWY.



Obrázek 5 - Signál "All Clear"

#### Hlavní nedostatky klasického systému vytlačování

- Dlouhá doba odbavení: Proces vytlačování může vyžadovat hodně času, zejména když se musí obsluhovat několik letadel najednou. Může to ovlivnit plánovaný čas odletu.
- Závislost na personálu: Pro efektivní provoz systému „Pushback“ je nezbytná přítomnost kvalifikovaného personálu. Vyžaduje se, aby více lidí prošlo školením a bylo vždy připraveno na provedení manévru vytlačování.
- Životní prostředí: Klasické „Pushback“ traktory jsou poháněné motory, které zvyšují emise a hluk.
- Stárnutí zařízení: Některá „Pushback“ traktory mohou být staré a postupem času mohou trpět stárnutím, což může vést k technickým problémům a potřebné modernizace zařízení.

#### 1.3.3. Vytlačování letadla pomocí oje.

Oproti bezojovému tahači, při vytlačování pomocí ojového tahače je nutná speciální oj, která je připojena mezi letadlem a tahačem. Oj je nejprve připojena k předovému podvozku letadla na jednom



konci a na druhém konci k tažnému vozidlu. Poté, co je oj pevně připojena k tažnému vozidlu, mohou být odstraněny všechny špalky nebo zábrany kolem letadla.

Následuje samotný proces vytlačování, kdy je tažné vozidlo řízeno, aby pohybovalo letadlo ze stání na TWY nebo jiné části letiště. V tomto okamžiku je klíčová role Wingwalkera, který bude odpovědný za odpojení oje po dokončení vytlačování. Nejprve se oj odpojí od tažného vozidla, aby mohlo bezpečně opustit oblast okolo letadla. Poté následuje odpojení oje od předového podvozku letadla. Po vytlačení probíhá kontrola letadla a okolí, aby se zajistilo, že nedošlo k žádným poškozením a že je bezpečné pokračovat v dalších operacích.

Po odpojení oje je možné znovu připojit oj k tažnému vozidlu, které může opustit pojezdovou dráhu a přesunout se do bezpečné vzdálenosti. Tento specifický postup je klíčový, protože způsob připojení a odpojení oje od předového podvozku se může lišit v závislosti na typu letadla, které je vytlačováno. V některých případech nemůže být oj odpojována od letadla, dokud není její druhý konec volný. Po odpojení oje od letadla tažné vozidlo se vrátí na své parkovací místo nebo pokračuje ve vytlačování dalších letadel.

#### Hlavní nedostatky vytlačování pomocí oje

- Omezená Efektivita: pro velká letadla. Při vytlačování velkých letadel může být oj méně efektivní než specializovaná vytlačovací vozidla jako PushBack traktory. Velká letadla mohou vyžadovat větší tažnou sílu a lepší manévrovatelnost, což může být obtížné dosáhnout pomocí oje.
- Omezená univerzálnost: je potřeba mít různé typy ojí pro konkrétní typy letadel.
- Větší počet personálu: potřeba dalších pracovníků manipulující ojí.

#### 1.3.4. Výjezd letadla ze stání couváním na vlastní pohon a PowerBack (PB)

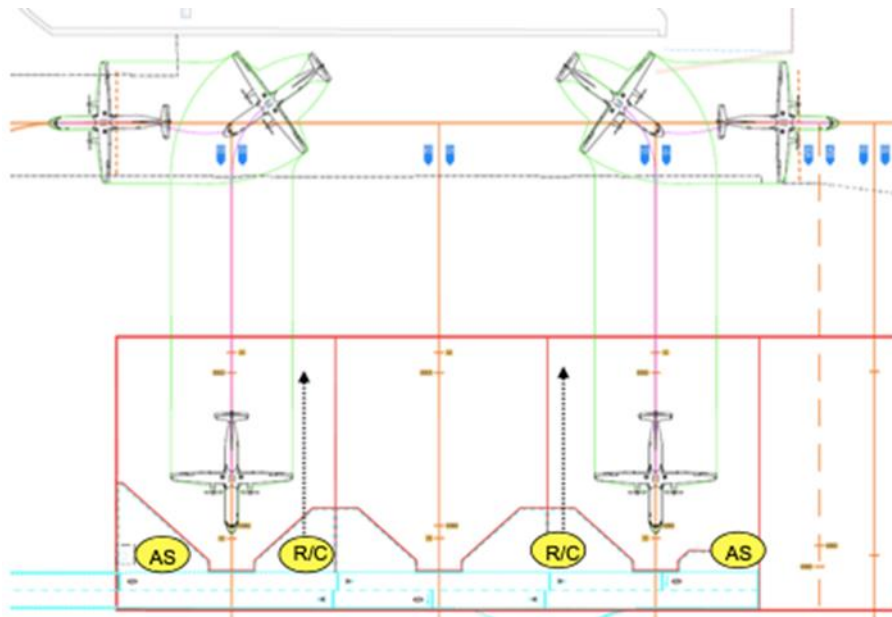
Výjezd letadla ze stání couváním na vlastní pohon se využívá na otočných stáních, kde letadlo pomocí vlastního pohonu na stání najede a po ukončení odbavení se na tomto stání otočí a vyjíždí zpět na pojezdovou dráhu, ze které na toto stání vjelo. Nebo se také využívá na stáních průjezdných. Na tato stání letadlo pomocí svého pohonu najede a po ukončení odbavovacího procesu z něj opět na vlastní pohon vyjíždí směrem dopředu.





Funguje to stejně jako u procesu vytlačování. Zavřou se všechny dveře nákladových prostorů a dveře kabiny pro cestující, odstraní se výstražné kužely a uzavřou se nástupní schody z letadla, a odpojí se pozemní zdroj energie. Letištní stroje, které se používají k odbavení letadla musí být umístěny tak, aby letadlo mohlo snadno otočit a stát nebo opustit stojánku, aniž by hrozilo nebezpečí srážky s nějakým zařízením. Ramp agent provede vizuální kontrolu letadla a následně odstraní případné FOD.

Ramp Agent nebo supervisor technického odbavení(R/C), který má na starosti dohled nad odbavením, je připojen k interkomu pomocí mikrofonních sluchátek, aby mohl po skončení celkového odbavení potvrdit to pilotům. Poté se odstraní bloky hlavního podvozku a zapnou se motory. Jakmile motory začnou běžet, odstraní se i bloky z předového podvozku a Ramp Agent odpojí konektor interkomu. V kabině se zobrazí signál pro piloty, že je možné začít pojíždět. Poté Ramp Agent se umístí na bezpečnostní vzdálenosti, aby mohl kontrolovat otočení letadla. Letadlo se otočí a může pokračovat v pojíždění do RWY(Obrázek 6). Powerback je často zakázán výrobcem na proudových letadlech (s výjimkou některých proudových letadel s motory namontovanými na ocasních plochách – DC-9, B727). Na letišti v Praze je tento postup povolen pro vrtulová letadla s MTOW max 30 tun je za podmínek dohlednosti vyšší nebo rovno 400 metrů výhradně ze stání 70 - 75 a ze stání 50 - 58, 60 – 64, pokud jsou používána v režimu „Nose-in“ i přesto, že se nenacházejí přímo u letištní budovy. Jediný typ letadla, který se využíval techniku PowerBack je ATR42/72, ale od jejich vyřazení z flotily ČSA se tato praxe v Praze nevyužívá. [Zdroj: Czech Airlines Handling]



Obrázek 6 – Výjezd ze stání pomocí PowerBack

#### Hlavní nedostatky PowerBack

- Vyšší Spotřeba Paliva: Během zpětného pohybu letadla pomocí jeho vlastních motorů dochází ke spotřebě paliva. To může zvyšovat celkovou spotřebu paliva letadla, zejména pokud se využívá na kratší vzdálenosti nebo při častém používání.
- Zvýšené emise: Pohánění letadla během zpětného pohybu může způsobit zvýšené emise, což může být škodlivé pro životní prostředí a kontrastuje s trendem snižování emisí v leteckém průmyslu.
- Není vhodné pro všechny typy letadel: Některá letadla mohou mít omezené možnosti použití PowerBack vzhledem k jejich konstrukci nebo motorickým schopnostem.
- Omezená přesnost pohybu: Při pohánění letadla zpětným chodem jeho vlastními motory může být omezena přesnost a kontrola nad pohybem v porovnání s jinými metodami vytlačování.



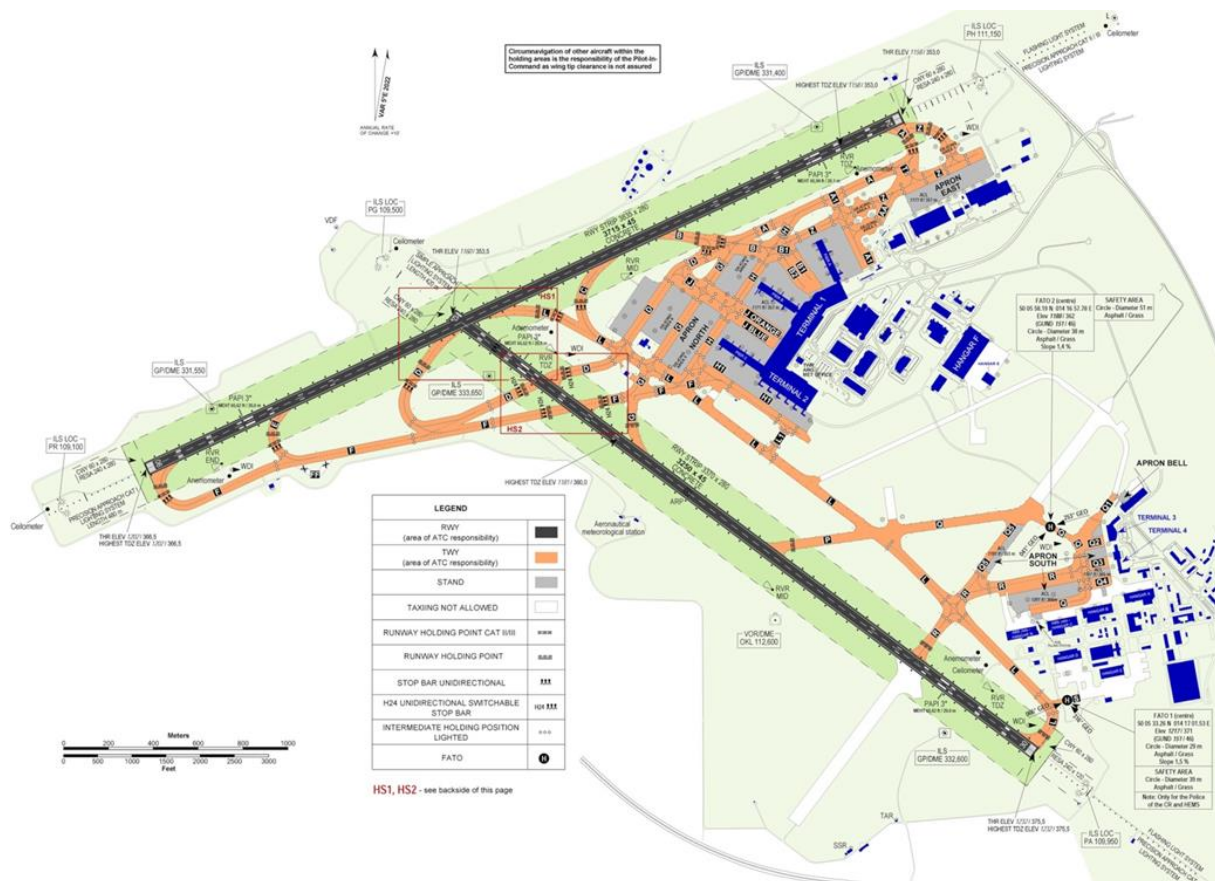
## **2. Letiště Praha a jeho požadavky na vytlačování letadel**

Vzhledem k zaměření této práce na Letiště Václava Havla v Praze a následující modelové situace, je nezbytné uvést relevantní informace o tomto letišti. Kromě základních faktů a je potřeba provést analýzu informací, které jsou pro tuto práci podstatné. Týká se to zejména konfigurace odbavovacích ploch a stojánek, což poskytne důležitý rámec pro náš další výzkum a modelování situací souvisejících s vytlačováním letadel.

### **2.1 Základní Informace**

Letiště Václava Havla Praha je vstupní brána do regionu střední Evropy. Je také letišťem v jedné z nejpopulárnějších turistických destinací v Evropě a zároveň největším letišťem v České republice. Tento mezinárodní vzdušný přístav před pandemií onemocnění COVID-19 odbavil téměř 18 milionů cestujících. V roce 2023 letiště očekává 13 milionů odbavených cestujících. Ti mají v průběhu roku k dispozici v průměru nabídku přes 50 leteckých společností spojujících Prahu přímou linkou s více než 130 destinacemi po celém světě. Operuje zde i 8 pravidelných cargo dopravců a další desítky společností pak zajišťují charterovou přepravu.

Letiště Praha zaměstnává přibližně 2 400 zaměstnanců, dalších odhadovaných více než 14 000 lidí zaměstnávají firmy působící na letišti či navázané na jeho provoz. Letiště Praha má 2 RWY – 24/06 a 30/12, které se používají pro vzlet a přistání letadel. Schemu letiště Praha můžeme vidět na následujícím obrázku [35]:



Obrázek 7 – Schéma Letiště Praha [36]

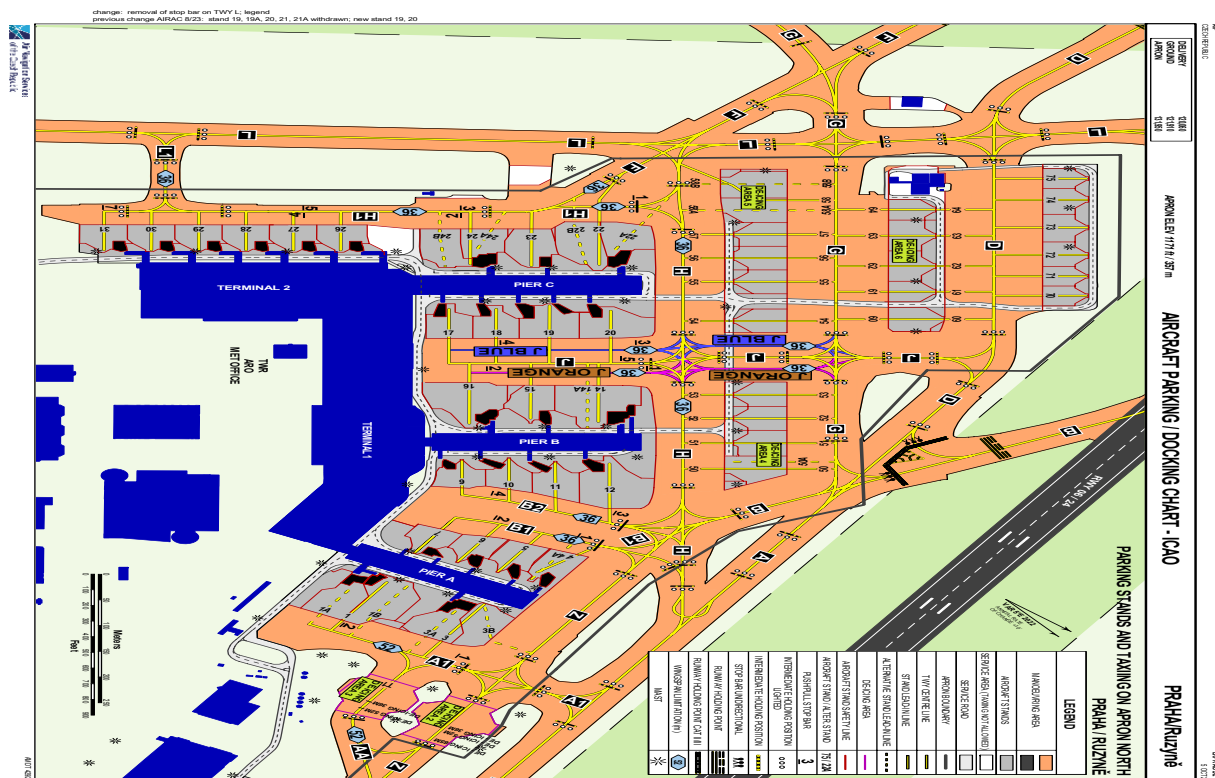
Letiště Praha ve své činnosti úzce spolupracuje zejména s Ministerstvem dopravy České republiky, Úřadem pro civilní letectví, společností Řízení letového provozu České republiky, s. p., leteckými dopravci, orgány veřejné správy v sektoru letectví i mimo něj a ostatními uživateli letiště. V neposlední řadě spolupracuje také s hlavním městem Praha a obcemi ležícími v jeho blízkosti. Jako svoji bázi využívají Letiště Václava Havla Praha čtyři dopravci – Smartwings, Ryanair, Eurowings a České aerolinie.

## 2.2 Konfigurace odbavovacích ploch a stojánek

Na letišti se nachází 3 odbavovací plochy – SEVER, JIH a VÝCHOD. Odbavovací plocha SEVER je hlavní plocha pro obchodní leteckou dopravu a nalezlí k ní Terminály 1 a 2. Plocha nacházející se u Terminálu 3 se nazývá JIH a je určena pro soukromé lety. Poslední odbavovací plochou je VÝCHOD, ta je určena pro cargo lety.

Odbavovací plocha SEVER disponuje stojánkami 1; 3-7; 9-12; 14-24; 26-31; 50-58; 60-64; 70-75. Některé stojánky mají alternativní možnosti stání a pak jsou označeny číslem a písmenem – například

1A a 1B. Na ploše SEVER je celkem 57 stání, ale pouze stání 1; 3-7; 9-12; 14-24; 26-31 jsou přímo u budovy terminálu a mají možnost připojení nástupního mostu. Mapa odbavovací plochy SEVER společně s vyznačenými stání je zobrazena na obrázku 8:



Obrázek 8 - Plocha Sever na LKPR [3]

Sektor A zahrnuje stání letadel u prstu A a na TWY AA a dělí se na:

- A1 – stání 1, 1A, 1B, 3, 3A, 3B, T1;
- A2 – stání 4, 4A, 5, 6, 7.

(2) Sektor B zahrnuje stání letadel u prstu B a na volné ploše před prstem B a dělí se na:

- B1 – stání 9, 10, 11, 12;
- B2 – stání 14, 14A, 15, 16;
- B3 – stání 50, 50A, 51, 52, 53.

(3) Sektor C zahrnuje stání letadel u prstu C a na volné ploše před prstem C a dělí se na:

- C1 – stání 17, 18, 19, 20;

➤ C2 – stání 22, 22A, 22B, 23, 24, 24A, 24B;

➤ C3 – stání 54, 55, 56, 57, 58, 58A, 58B;

➤ C4 – stání 60, 61, 62, 63, 64;

➤ C5 – stání 70, 71, 72, 73, 74, 75.

(4) Sektor D zahrnuje stání letadel u západní strany Terminálu 2 a dělí se na:

➤ D1 – stání 26, 27, 28, 29, 30, 31.



Obrázek 9 - Sektory zahrnující stání letadel na ploše SEVER[36]



### 2.3 Společnosti, provádějící vytlačování na LKPR

Procesy odbavení a vytlačování letadel u svých zákazníků na letišti Václava Havla v Praze provádí dvě společnosti – „Menzies“ a „Czech Airlines Handling“.

Tabulka 1 - Seznam vozidel společnosti „Czech Handling Airlines“ [Zdroj: Společnost „CSAH“]

Vytlačovací Vozidla „CSAH“	Datum Zakoupení
Liaz	30.10.1997
SCHOPF F59	13.10.2000
SCHOPF F396	07.05.2003
SCHOPF F70	01.11.2016
KALMAR TBL-180	15.05.2023
KALMAR TBL-180	15.05.2023
Douglas Kalmar TBL180Mk3	13.06.2001
DOUGLAS KALMAR TBL-280	30.11.2005
Douglas Kalmar TBL180Mk3	11.12.2007
Douglas Kalmar TBL180Mk3	03.04.2008
KALMAR TBL-190 x2	04.07.2017 05.05.2020

Vozidla "LIAZ" a "Schopf" jsou ojové tahače. F396(Obrázek 10) je nejtěžší tahač společnosti "CSAH", určený pro největší letouny jako C-5, An-124, B747 a A380, zatímco stroje Douglas Kalmar jsou bezojové tahače. [Zdroj: CSAH]



Obrázek 10 - Tahač F396 [33]

V současné době, vzhledem k větší univerzálnosti, společnost "Czech Airlines Handling" preferuje bezojové tahače. Protože bezojové tahače nepotřebují různé typy ojí pro konkrétní typy letadel, a taky vzhledem k snazší manipulaci a možnosti obsluhy pouze jedním člověkem. Protože u ojového tahače je vždy vyžadován druhý člen obsluhy manipulující ojí. [Zdroj: CSAH]





### **3. Existující automatické systémy vytlačování letadel**

V tyto části budou popsány už existující automatizované systémy vytlačování letadel. Popíšu každý systém zvlášť, kde rozeberu rozvoj, typy, v jakých zemích se aktuálně používá a princip fungování.

#### **3.1 Zvýšení ceny paliva jako hnací motor zavádění moderních GSE prostředků**

Ceny pohonných hmot klesly na začátku až do poloviny roku 2020, nesporně ovlivněné téměř okamžitým zastavením veškeré globální aktivity na letištích. Pokles ceny byl tak dramatický, že ropa Brent, pohybující se kolem 70 USD za barel, 21. dubna spadla na 9,12 USD.

Trh čelil vážnému dilematu: aerolinky byly všude uzemněny, stejné aerolinky v roce 2019 spalovaly zhruba 1,8 miliardy galonů týdně. Tok ropy po celém světě nemůžete okamžitě vypnout. Světová zásoba ropy je postavena na předpokládané poptávce, a když se převážná část světové automobilové a letecké činnosti se skřípěním zastavila, muselo se s čerpanými vrtáky něco udělat.

Ale to bylo před dvěma lety. Většina světa je plně znovu otevřena a podle IATA se letecké palivo od loňska zvýšilo o 57 %. Důvodů pro prudké zvýšení cen pohonných hmot je mnoho a jsou problematické, ale v konečném důsledku jde o jednoduchou nabídku a poptávku: před dvěma lety byla dostatečná nabídka a poté se poptávka zhroutil.

Globální letecká nákladní flotila má růst exponenciálně, přičemž Boeing očekává, že do roku 2040 se flotila rozroste o sedmdesát procent. V důsledku toho bude cena leteckého paliva absorbována do nákladů na zboží a služby. Zřejmou odpovědí je používat čistou, obnovitelnou elektrickou energii, kdekoli je to jen možné. Pokud nemůžete pohánět letadla elektricky, je nepochybně možné implementovat elektrické GSE do pozemních operací.

Poptávka po letecké dopravě roste a poptávka po letecké nákladní dopravě dosahuje historických výšin. Nicméně i cena pohonných hmot atakuje rekordní maxima a stále stoupá. Ve spojení s ochromujícím nedostatkem pracovních sil je to skutečný dvojitý úder. Nemůžeme ovládat všechny tyto proměnné, ale můžete ovládat alespoň úspory formou inovací v GSE, který nepoužívá žádná fosilní paliva a snižuje náklady na personál. Elektřinou poháněné prostředky GSE jsou čisté a spoléhají se na energii, kterou se získává ze slunce a větru, kde tento podíl bude stále narůstat. Také elektrické tahače jsou prakticky bezúdržbové místo na údržbu náročných dieselových jednotek.



Na závěr můžeme říct, že existují tři základní výhody v „Operation Towing“, který jednoduše zahrnuje použití vlečných vozidel letadel poháněných člověkem v procesu tažení po celé délce pojezdových drah

- Vyžadují málo, pokud vůbec nějaké, logistické nebo provozní změny současného provozu letiště, lidé jako řidiči tažných vozidel nyní existují a lze je snadno náborovat, proškolit a zařadit do provozu, aby bylo možné provádět plné odtahové operace.
- Potenciálně vedou ke snížení pracovní zátěže pro letovou posádku, která může efektivněji využít ušetřeného času k jiným účelům, jako je zahřívání motoru, popř. bezpečnostní kontroly;
- Zvyšuje se nadbytečnost postupů pro bezpečnost pojíždění kvůli dalšímu páru očí, které monitorují povrch. Nevýhodou tohoto přístupu je zvýšení složitosti operací v podobě potřeby větší koordinace mezi lidskými hráči. Zejména je zde požadováno více lidské hlasové komunikace za účelem zlepšení koordinace.

Konkurenční možností jsou elektricky poháněné podvozky pro středně velká letadla v civilním letectví nazývaná („Electric Taxi“ nebo „Wheel Tug“), ale řízené pilotem. Tento přístup eliminuje potenciální problémy spojené s kontrolou a složitostí TaxiBot, protože pilot v tomto případě neřídí samostatné vozidlo, ale spíše pouze samostatný motor z paluby na letadle. Toto řešení také eliminuje přidaný povrchový provoz samostatných tažných vozidel. Nicméně, tento přístup opět poskytuje pouze omezené řešení obecného problému, doposud totiž nejsou pomocné motory v současné době dostatečně výkonné, aby utáhly větší letouny, navíc toto řešení vyžaduje, aby letecké společnosti dovybavily svou flotilu novým vybavením (instalací pohonů), což jsou významné investice.

### **3.2 Rozvoj a výhody moderních tahačů**

Odhaduje se, že globální trh s vlečnými tahači pro letadla, které jsou klíčovou součástí letištního pozemního vybavení GSE vytvoří do roku 2032 tržní příležitost 303,9 miliónů USD, při meziročním růstu 3-4,5 %. Díky limitům EU na emise jsou takové projekty jako start-up finančně podporovány při pořízení. Všichni výrobci tahačů se dnes orientují na čistě elektrické, či hybridní elektrické tahače jako spolehlivou alternativu k těžkým dieselovým tahačům pod tlakem na snížení emisí CO<sub>2</sub> a CO v leteckém provozu. Tato inovace je snadno dosažitelným strategickým krokem k významným úsporám leteckého paliva.



Tahače s elektrickým pohonem mají zvýšenou spolehlivost a snadněji se s nimi manipuluje než s klasickými dieselovými, resp. těmi na plynový pohon. Rostoucí obavy z úrovně emisí na letištích také odklonily pozornost leteckých společností k používání všech pozemních obslužných vozidel s elektrickým pohonem.

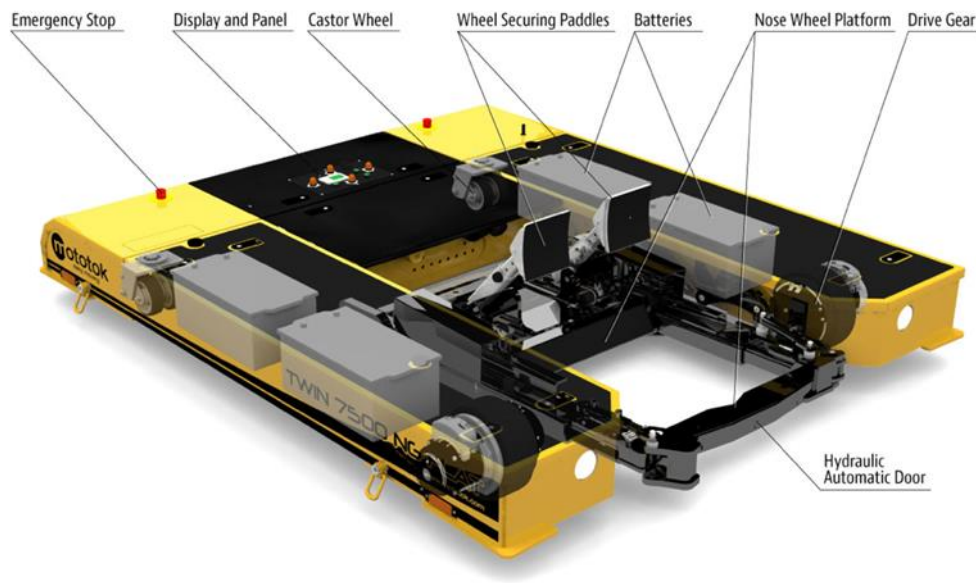
Aplikaci technologie samoříditelných tahačů, která zasáhla do problematiky vlečení letadel na frekventovaných letištích od brány k přistávací dráze ke stojánce a zpět. Autonomní tažení může být kontrolováno lidskými ovladači z rampy nebo ATC, piloty nebo pozemní posádkou. Řídící jednotky poskytují informace o trase tahačů za pomoci automatického systému plánování trasy.

Řidiči pracují ve spojení s tahači na taktických rozhodnutích během operací, aby zajistili bezpečné a efektivní pojiždění ve vysoce dynamickém prostředí. Otevírá se zde nejen potenciál k výraznému snížení emisí paliva, nákladů na palivo a hluku obtěžujícího komunitu při řešení bez přidané složitosti u operací na letištích spolu se zvýšením efektivity a snížením lidské pracovní zátěže a požadavků na počet pozemního personálu.

### **3.3 Mototok**

„Mototok“ je bateriové, dálkově ovládané zařízení s hydraulickou platformou, která uzavírá předové kolo a bezpečně a jemně s tím pracuje. Všechny funkce, jako je otevření dveří předového kola, upevnění předového kola a zvednutí plošiny, se spouštějí "hands-free" pomocí dálkového ovládání (Obrázek 11).

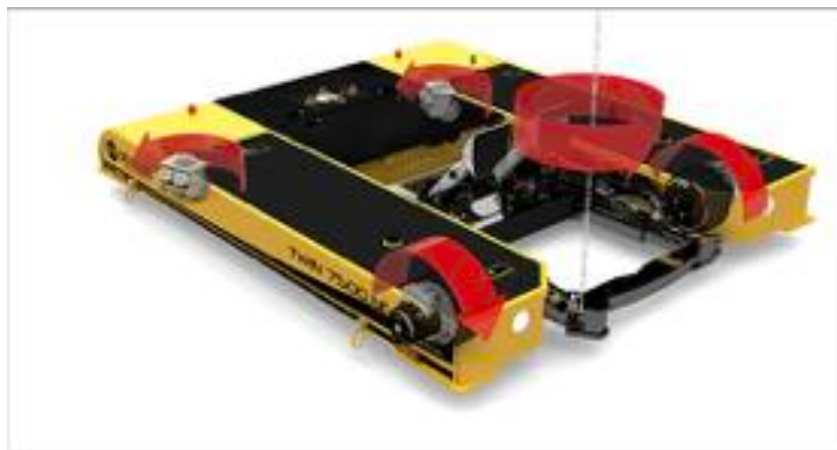
[4]



Obrázek 11 – Systém Mototok[4]

### 3.3.1 Fungování systému „Mototok“

„Mototok“ je poháněn dvěma elektromotory s vysokým točivým momentem na každé straně. Jeden motor se otáčí dopředu, druhý dozadu. Oba motory rozpoznávají rotační odpor a provádějí přesné obkroužení (Obrázek 12). Postup zapojení lze spustit automaticky stisknutím jediného tlačítka na dálkovém ovladači. [4]



Obrázek 12 - Otáčení motoru v systému "Mototok" [4][5]

Řízení „Mototoku“ probíhá s otevřenými hydraulickými dveřmi a spuštěnou plošinou směrem k předovému ozubenému kolu letadla, dokud se předové kolo nedotkne vnitřního klínu posuvného stolu. Poté jednoduše stiskne tlačítko na dálkovém ovladači a spustí proces automatického načítání (Obrázek 13). [4]



Obrázek13- Řízení "Mototoku" [4][5]

Hydraulické dveře se jemně zavírají a upínají předové kolo se stanoveným tlakem (Obrázek 14). [4]



Obrázek 14 - Zavírání hydraulických dveří. [4][5]

Zajišťovací pádla se spouštějí dolů a jemně a bezpečně upínají příďové kolo. Plošina se zvedne a zvedne příďové zařízení – připravené k pohybu letadla (Obrázek 15). Celý postup trvá 10-15 sekund. [4]



Obrázek 15 - Zvedání kola v systému „Mototok“ [4][5]

### 3.3.2 Typy „Mototok“

Existuje několik typů zařízení „Mototok“: pro letadla do 25 tun, pro letadla od 25 tun do 50 tun, pro letadla od 50 tun do 90 tun a pro letadla nad 90 tun. Taky existují typy Mototoku pro vytlačování vrtulníku: Mototok Wheeled Helicopter a Mototok Skidded Helicopter. Nejpoužívanější typy Mototok jsou Mototok Spacer 200 a Mototok Spacer 8600.

#### MOTOTOK SPACER 200:

Pro snadné pohybování letadel s maximální vzletovou hmotností (MTOW) až do 200 tun je Mototok SPACER 200 vybaven dvěma výkonnými střídavými motory nejvyšší kvality německé výroby. Baterie jsou na stejně vysoké technologické úrovni. Nabíječka baterií s regulací mikroprocesorem zajišťuje rychlé a šetrné nabíjení baterií během přibližně 6 hodin. Všechny tahače „Mototok“ jsou vybaveny nejmodernějšími procesorem řízenými elektronickými komponenty. Mototok Spacer 200 může vytlačit letadla B757, B767, B777, B787, A320 Family, A330, A340, A350 a Embarer E-Jets.[4]

### 3.4 WheelTug

WheelTug je konceptem v pozemním provozu letadel. Tento patentovaný elektrický pohonný systém využívá vysoce výkonné elektrické motory, které jsou integrovány do příďových kol letadla a zajistí plnou pohyblivost na zemi bez použití hlavních motorů letadla či tahačů pro provoz na odbavovacích plochách a pojezdových drahách. WheelTug umožní pojíždění letadla s vypnutými hlavními motory z odbavovací plochy na vzletovou dráhu a po přistání od výjezdu z dráhy až k odbavovacímu stání. Výsledná zlepšení hospodárnosti, flexibility, spotřeby paliva, snížení opotřebením motorů a emisí CO<sub>2</sub> předpokládají úspory více než 500,000 USD na letoun za rok. [10]



Systém WheelTug je zcela elektrický systém, který umožňuje pohyb letadla bez použití hlavních motorů pomocí instalace dvojice elektrických motorů do předového podvozku (Obrázek 16). Stejnomená společnost, kterou vlastní Borealis Exploration a která pracuje na výzkumu a vývoji inovativních technologií, jako jsou elektrické motory, vyvíjí systém WheelTug. Na vyřazeném Boeingu 767 byla počáteční iterace systému testována již v roce 2005. [11][12]



Obrázek 16 - Systém „WheelTug“ instalovaný v předovém podvozku letadla

Letoun se může pohybovat dopředu a dozadu rychlostí až 7 kt díky asynchronním elektromotorům v předovém podvozku, který je stále mnohem pomalejší než tradiční pojiždění, kdy rychlost může dosáhnout až 25-30 kt. Firma také zvýšila potenciál, že elektromotory by při pojiždění startovaly při nulové rychlosti a hlavní motory by běžely pouze při volnoběhu. Malý ovládací panel, který je umístěn ve středovém panelu kokpitu, umožňuje ovládání rychlosti a směru otáčení elektromotorů. WheelTug umožňuje instalaci dvou 360° kamerových systémů pro zvýšení bezpečnosti při manévrování. Pomocná pohonná jednotka neboli APU poskytuje elektřinu pro napájení elektromotorů. K tomuto malému turbínovému motoru je připojen generátor energie. U letadel se APU nachází v blízkosti zadní části trupu a dodává letadlu energii v dobu, kdy motory jsou vypnuté nebo kdy letoun není připojen k pozemním zdrojům. (Obrázek 17). [7]

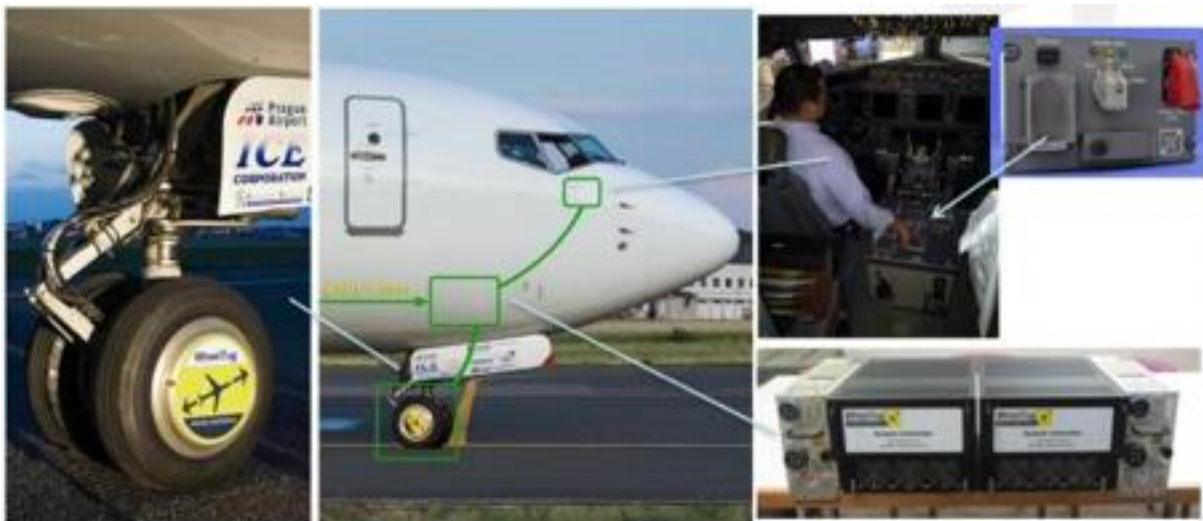
Instalace celého systému by měla trvat jen jednu nebo dvě noci, a hmotnost celé konstrukce se pohybuje kolem 130 kilogramů. Během několika hodin je možná i demontáž. Provozovatelé budou platit poplatek za každou hodinu, kterou využijí WheelTug jako předmět k pronájmu. Provozovatelé budou mít v rámci pronájmu také přístup k veškeré podpoře, servisu a výcviku posádky. [7]

Manévrovatelnost, kdy letadlo může provádět jiné jinak obtížné a nepraktické manévry, je nespornou výhodou letadla vybaveného systémem WheelTug. Další výhodou a největším potenciálem



technologie WheelTug je schopnost provádět vytlačování bez použití specializovaných letištních vozidel. Tím by se ušetřil čas a náklady na vytlačování.

WheelTug přináší letištím, leteckým společnostem a cestujícím několik provozních výhod. Jelikož proudové motory letadel nebudou při pojíždění v činnosti, dojde k významnému snížení hluku. Zároveň se letadla budou moci rychleji a bezpečněji pohybovat mezi odbavovací plochou a vzletovými a přistávacími drahami. Nový postup zkrátí čas pobytu letadel na zemi a urychlí provoz letiště. Z pohledu bezpečnosti WheelTug odstraní riziko nasátí cizích předmětů (FOD) do motorů a eliminuje proud výstupních plynů za motorem, což přinese bezpečnější pracovní podmínky letištnímu pozemnímu personálu. Letištím bude umožněno redukovat bezpečné vzdálenosti za motory a využívat odbavovací plochy efektivněji. [10]



Obrázek 17- Fungování systému „WheelTug“

### 3.5 TaxiBot

TaxiBot je polorobotický beztahový letecký tahač vyvinutý společností Israel Aerospace Industries. Tahač může odtáhnout letadlo od terminálové brány do místa vzletu (fáze pojíždění) a po přistání (fáze pojíždění) jej vrátit k bráně. TaxiBot eliminuje používání leteckých motorů během pojíždění a až do bezprostředně před vzletem během pojíždění, čímž výrazně snižuje spotřebu paliva v letadle a riziko poškození cizími předměty. TaxiBot je řízen pilotem z kokpitu pomocí běžných pilotních ovládacích prvků a má hybridní elektrický motor o výkonu 800 koní (Obrázek 18). [9]

Aktuálně je k dispozici verze TaxiBotu (Narrow-Body) pouze pro úzkotrupá letadla. Úzkotrupá letadla jsou taková dopravní letadla, která mají nejvýše 6 sedadel vedle sebe s jednou uličkou a šířka trupu je maximálně 4 metry. Mezi typická úzkotrupá (narrow-body, zkratka NB) letadla patří Boeing 737 a Airbus A320. Širokotrupá (wide-body, WB) letadla mají 7 a více sedadel vedle sebe a uličky mají dvě. Šířka trupu je typicky 5 až 6 metrů a mezi tyto letadla patří Boeing 747, 777, 787, Airbus A330, A350 a A380. Verze TaxiBotu pro širokotrupá letadla (WB) je již ve vývoji, ale zatím nemá potřebné certifikace. [7]



Obrázek 18 - TaxiBot Voz

Israeli Aerospace Industries (IAI), státem vlastněná společnost, vyvíjí systém TaxiBot, pozemní řešení, které debutovalo v roce 2011. TaxiBot je tažné vozidlo podobné současným letištním tažným tahačům s tím rozdílem, že kromě toho, že dokáže letadlo odtlačit od stojanu, může také táhnout na požadované místo před RWY. Ve skutečném provozu systém TaxiBot funguje od konce roku 2018 na indickém mezinárodním letišti v Novém Dillí, kde je využíván společnostmi AirIndia, Spice Jet a Jet Airways a na letišti Schiphol.

TaxiBot je unikátním případem vlečného traktoru bez závory, ve kterém obsluha zvedne jenom předové kolo. Rozdíl od klasického Pushback vozu spočívá v tom, že po skončení procesu vytlačování není letadlo odpojeno; místo toho řidič Taxibotu předá řízení pilotovi letadla, který nastartuje pojezdění



vozu. V případě TaxiBotu je příďové kolo letadla zvednuto a namontováno na otočné plošině, která je vybavena senzory, které měří úhel natočení kola a otáčí koly TaxiBotu v souladu s tímto úhlem. Stejně jako u běžného pojiždění to umožňuje pilotům ovládat směr pojiždění. Pokud je třeba pojiždění zpomalit, pilot šlápne na brzdu, senzory na vozidle detekují zvýšený odpor vleku a TaxiBot přestane zrychlovat. TaxiBot má nastavenou cílovou rychlost, kterou se snaží neustále udržovat. V úvahu se bere také mapování rychlosti, což by znamenalo, že by vůz udržoval různou rychlost v různých částech – například by automaticky přestal zrychlovat před zatáčkou, zatímco na rovných úsecích by byla jeho cílová rychlost vyšší.

Taxibot je hybridní vozidlo, poháněné dvěma dieselovými generátory, které vyrábějí elektřinu pro osm elektromotorů pohánějících čtyři sady kol. Dieselové generátory spotřebují kolem 0,6kg paliva za minutu na výrobu výkonu 500-600 kW. Váha vozidla je zhruba 26 tun. Tyto hodnoty umožňují vozidlu dosáhnout s plně naloženým letounem Boeing 737 a Airbus 320 rychlosti až 23-25 uzlů. Dostatečná manévrovatelnost je pak zajištěna natáčením všech čtyř kol a možností ovládnutí výkonu na každém kole zvlášť. [8][9]

### 3.5.1 Koncepce, funkce a výhody systému "TaxiBot"

Dále můžeme vidět seznam hlavních funkcí a výhod systému „TaxiBot“, který nám poskytuje společnost IAI [9]:

- Pushback operace a postupy prováděné operátorem „TaxiBot“;
- Okamžité pojiždění po zatlačení eliminuje úzká místa v oblasti brány;
- Motory nastartují krátce před vzletem s ohledem na požadovanou dobu zahřátí;
- Pilot je vždy pod kontrolou (po Pushback) pomocí kultivátoru letadla a brzdových pedálů (transparentní pro pilota jako při běžném pojiždění);
- Pojiždění rychlostí 23-25 uzlů, skoro stejně jako současná rychlost taxi letadla;
- Žádné úpravy v systémech letounu;
- Není třeba vyměňovat APU;
- Žádná přidaná hmotnost letadla a žádné zmenšení nákladového prostoru
- Intuitivní ovládnutí rychlosti a řízení posádky letové paluby;
- Ochrana příďového podvozku (NLG) před překročením maximálního povoleného únavového zatížení za všech okolností;
- Žádná změna životnosti NLG;



- Žádné využití leteckých zdrojů pro pohyb letadla, protože „TaxiBot“ používá vlastní sílu;
- Minimální pilotní výcvik vyžadovaný před provozem (počítačový výcvik);
- Zvýšená trakce a lepší ovladatelnost na mokřem nebo zledovatělém povrchu;
- Významné zlepšení bezpečnosti při zpětném tažení a údržbě odtahu.

### 3.5.2 Dopady na zavedení „TaxiBot“

Na příkladě s pojižděním letadla A380 můžeme odhadnout, že spotřeba „Taxibot“ bude kolem 5 % spotřeby paliva A380 během pojiždění. Pokud bychom předpokládali průměrné nastavení tahu 7 %. U A380 během pojiždění se tak ušetří asi 0,6 USD za sekundu jen v palivu. Doba pojiždění na odlet na 20 hlavních letištích v Evropě je kolem 17 minut což znamená průměrnou úsporu více než 600 USD na jeden úkon. Jak již bylo zmíněno, jedna operace může trvat přibližně 40 minut (čas odjezdu s tahačem + vrácení tahače + čekání předtím start), které umožňují dosáhnout rychlosti 25 operací za den při 360 dnech provozu lze dosáhnout úspor 5,4 milionů USD ročně. Tyto úspory budou samozřejmě nižší kvůli nutnosti odečíst platby řidiči, údržba, školení řidičů, opotřebení pneumatik a brzd.

IAI uváděná hodnota ukazatel ROI (návratnost investice) 2 roky což se zdá být rozumné v situaci, kdy bude mít Taxibot dostatečné využití. Průměrná provozní využití tažného tahače na regionálních letištích často nepřekračuje 500 hodin ročně. Na druhou stranu provozní doba na hubu letiště může překročit 5000 hodin ročně. A pro Taxibota můžeme předpokládat delší provozní dobu než u standardního tahače, protože provoz je delší na dobu vyjíždění a návratu vozidla z vyčkávací pozice. Zvýšené náklady na pojištění mohou mírně snížit úspory systému Taxibot. Protože operace taxibotů budou novým typem operací pro nekvalifikované posádky a pohyb na nových plochách letiště je zřejmé, že cena pojištění bude vyšší. Dnes náklady na pojištění mohou dosáhnout kolem 10 % celkových provozních nákladů tahače.

Konkurenční systémy Wheeltug a EGTS jsou omezena na lehčí letadla, protože APU není schopna zajistit dostatek energie pro umožnění elektrického pojiždění při jiném odběru výkonu pro energeticky náročné činnosti, jako je klimatizace, odvzdušňování, světla atd. Nejvýkonnější verze Taxibota má výkon 1500HP a je schopen táhnout plně naložený A380 až 20 uzlů, tzn. s dostatečným výkonem by neměly být žádné problémy.[8]



### 3.6 EGTS (Electric Green Taxiing System)

Electric Green Taxiing System (EGTS) nebo elektrický ekologický systém pojiždění je elektrický systém pojiždění, který umožňuje letadlům pojiždět a couvat bez použití motorů letadla nebo tahače pro pojiždění. Systém je navržen tak, aby snížil množství paliva spotřebovaného letadly a snížil emise skleníkových plynů během pozemního provozu. Technologie EGTS umožňuje letadlům, aby při pojiždění nepoužívala své hlavní motory a místo toho pojižděla autonomně na vlastní elektrický pohon pomocí generátoru pomocné pohonné jednotky (APU). Systém je určen pro jednoprostorová letadla, jako jsou Airbus A320 a Boeing 737.

Společnost "Safran" začala navrhovat svůj elektrický systém pro pojiždění počátkem roku 2010 jako dodatečnou výbavu o hmotnosti 450 kg. V roce 2013 předvedl společný podnik Safran/Honeywell na pařížském leteckém veletrhu pojiždění Airbusu A320 s kryty motorů, ale společnost Honeywell jej do roku 2016 opustila. V roce 2017 společnost Airbus povolila uvedení systému na trh pro letoun A320, ale v roce 2019 program taky opustila. Do roku 2022 společnost Safran navrhovala integrovaný, lehčí systém jako originální vybavení pro nové programy.

EGTS je elektrický pojižděcí systém, který umožňuje pojiždění letadla nezávisle na jeho hlavních motorech nebo vlečném letadle. Každé ze dvou hlavních podvozkových kol na palubě je poháněno elektromotorem (Obrázek 19), který je napájen z generátoru pomocné pohonné jednotky (APU), což umožňuje letadlu odtlačit se od brány bez letištního vleku a pojiždět bez použití hlavních motorů. Elektronická jednotka pilotního rozhraní umožňuje pilotovi volit rychlost, jízdu vpřed nebo vzad prostřednictvím řídicí jednotky EGTS, pokud je vyžadována trakce. Jednotka WACU (Wheel Actuator Controller Unit) interpretuje příkazy pilota prostřednictvím řídicí jednotky a zajišťuje odpovídající, proporcionální točivý moment na každém kole. Systém snižuje provozní náklady tím, že minimalizuje potřebu používat proudové motory, které jsou na zemi neefektivní, a eliminuje náklady a závislost na dostupnosti letištních vlečných vozů. Může také omezit poškození cizími předměty (FOD) a snížit emise uhlíku a dalších látek. Systém o hmotnosti 300 kg je trvale instalován na letadle a může pojiždět rychlostí až 20 uzlů (37 km/h).



Obrázek 19 - Systém "EGTS" na podvozku letadla A320 [15]

### 3.6.1 Snížení emise pomoci EGTS

Systém EGTS je určen zejména pro letadla na krátké a střední tratě, která tráví relativně dlouhou dobu pojížděním v porovnání s dobou strávenou ve vzduchu. Odhaduje se, že ve srovnání s typickým dvumotorovým pojížděním sníží používání systému EGTS emise CO<sub>2</sub> o 61 %, emise NO o 51 %, emise nespálených uhlovodíků o 62 % a emise CO o 73 %. [14]

### 3.6.2 Výhody EGTS systému

**Životní prostředí.** Používání EGTS snižuje emise uhlíku při jízdě taxíkem až o 85 %. S vypnutými hlavními motory je také výrazně nižší hlučnost.

**Finanční.** Motory letadel jsou na zemi obecně poměrně neefektivní a při pojíždění se ročně spotřebují miliony tun paliva. Při použití EGTS je spotřeba paliva mnohem nižší, což leteckým společnostem přináší značné úspory nákladů, zejména s ohledem na současné vysoké ceny pohonných hmot.

**Zvýšení trvanlivosti brzd.** Letadlo při pojíždění brzdí v průměru 15-20 krát. Při použití systému EGTS se tento počet sníží na pět, což znamená mnohem menší opotřebení brzd.

Snížení rizika poškození. Vzhledem k tomu, že motory jsou vypnuty, výrazně se snižuje riziko, že do nich vniknou úlomky cizích předmětů (FOD). Zvyšuje se také bezpečnost personálu na rampě. [15]

### 3.7 ATS (Aircraft Towing System)

Aircraft Towing System (ATS) v současnosti vyvíjí firma ATS World Wide. Systém ATS je plně automatický a využívá elektricky poháněný tahač, který jezdí po jednokolejné dráze v podzemním kanálu, zakrytým dvěma ocelovými deskami, jednou na každé straně, a táhne letadla z dráhy k bráně a zpět. (Obrázek 20) Desky jsou od sebe odděleny 1,5palcovou (38mm) mezerou, která vytváří štěrbinu po celé délce každého kanálu.



Obrázek 20 - Systém „ATS“ instalovaný uprostřed pojezdové dráhy [16]

Systém ATS se skládá ze tří subsystémů: kolejnice, vozík nebo PullCar (Obrázek 21) a software. Princip fungování spočívá v tom, že letadlo najíždí předovým kolem na plošinu připevněnou k vozíku. Samotná plošina je navržena tak, aby nevyžadovala žádné modifikace letadla. Vozík s plošinou pak jede po dráze v kanálu zapuštěném do pojížděcí dráhy na požadované místo, například na vyčkávací místo před dráhou. V opačném případě (vjezd na pojíždění) je letadlo vlečeno přímo na stání. Pullcar je vybaven hydraulickými čerpadly, která pohánějí čtyři hydromotory. Motory stlačují kolejnice a umožňují pohyb vozíku. Každý vozík musí být rovněž vybaven čidly pro detekci rizika kolize letadla s jinými objekty. V případě nouze však může pilot ručně zastavit vozík nebo použít brzdy, aby uvolnil předové kolo z plošiny vozíku. Samotný kanál, ve kterém se vozík bude pohybovat, je proti nepříznivému počasí vybaven drenážemi pro odtok vody a také vytápěním v případě kontaminace sněhem či ledem. Celý systém je automatizován a řízen softwarem integrovaným do existujících stanic řízení letového provozu. V provozu by to znamenalo, že by systém mohl přizpůsobit rychlost letadel nebo i dokonce zastavit letadla, aby se předešlo případné kolizní situaci. [7][17][20]



Obrázek 21 - Jeden z vozů „PullCar“ s vozíkem namontovaným nahoře [16]

Cenově se však jedná o nejdražší systém. Odhadované náklady na 1 m vodní dráhy s kolejnicemi jsou 2 800 EUR a cena jednoho vozíku je 240 000 EUR. Společnost ATS odhaduje náklady na instalaci tohoto systému na velkém mezinárodním letišti v Chicagu na přibližně 200 milionů EUR. Výrobce rovněž uvádí, že roční náklady na provoz a údržbu by měly činit 4 % celkových nákladů na systém. [7][17]





### 3.7.1 Výhody systému „Aircraft Towing System“

Dále můžeme vidět seznam výhod systému ATS od společnosti „ATS WORLD WIDE“:

- Zmenšení počtu pozemních kolizí;
- Výrazná úspora paliva;
- Snížení škodlivých emisí;
- Provoz za všech povětrnostních podmínek (led, sníh, déšť a mlha);
- Vyšší propustnost letišť – optimalizace pohybu letadel;
- Snížení hluku na letištích a v jejich okolí;
- Prodloužení životnosti proudových motorů a součástí letadel;
- Snížení pravděpodobnosti výskytu FOD v hlavních proudových motorech.

### 3.8 Budoucí vývoj

Budoucí vývoj je zaměřen na aplikace, které zvýší účinnost takového systému. Výměna motoru z dieselového na elektrický nebo hybridní významně šetří provozní náklady. Měrné náklady na palivo za hodinu provozu jsou osmkrát nižší při použití elektřiny.

Složitější zlepšení spočívá v odstranění řidiče tahače ze systému a používání dálkově ovládaných nebo dokonce nezávislých robotických tahačů. Dálkově ovládaný „Mototok“ je už dnes technicky dosažitelný, ale před použitím v praxi se očekává velmi dlouhé ověřování a testování. Pokud se naplní optimistická předpověď IAI, dojde k úsporám asi 5,8 miliardy USD generovaných Taxibotem. Ale toto odhad předpokládá, že „Taxibot“ bude jako standardní vybavení na všech velkých letištích po celém světě, což je trochu přehnaný odhad. Skutečný úspěch systému „Taxibot“ bude jasné po srovnání „Taxibota“ s „EGTS“ / „Wheeltug“ všechny tyto systémy budou certifikovány, protože pouze provozní využití ukáže skutečné výhody každého systému v srovnání s ostatními. V následující tabulce můžeme vidět některé zahraniční provozní srovnávací zkušenosti po implementaci:



Tabulka 2 - Zahraniční srovnávací zkušenosti po implementaci

	Mototok	TaxiBot	Kalmar	Hydro Systems	Blissfox
Type	Spacer 250	Widebody	TBL800	Emover	F1-340E
Propulsion	Electric	Hybrid	Hybrid	Electric	Electric
Power (kW)	N/A	500	300 to 400	720 kW	N/A
Maximum speed (km/h)	10	42.6	25	23	N/A
Towing Capacity (tons)	250	575	575	600	380
Aircraft range it can pushback/taxi	A320 to A350 B757 to B787	A330 to A380 B767 to B747	A330 to A380 B767 to B747	E170 to A380	B777
Expected emission and fuel reduction	100% on pushback fuel	98% CO <sub>2</sub> 98% of taxi fuel	N/A	100% on emissions	N/A
Sources	(Mototok, 2020) (Lukic et al., 2019)	(Lukic et al., 2019) (Hospodka, 2014b) (TaxiBot, 2020)	(Kalmar, sd)	(Hydro Systems, 2020)	(Bliss-Fox, 2018)

Podle předběžných odhadů mnoha společností by se zavedením elektrického „Taxibot“ mohlo ušetřit až 200 000 dolarů na letadlo ročně na nákladech na palivo.

Náklady na odtlačování se podle „Coxe“ pohybují od 50 do 150 USD, a spotřebu kolem 55 galonů paliva vynaložených při poježdění před a po vzletu, na základě průměrné rychlosti hoření a doby na zemi při letišť v USA. Další úspory nákladů, které přirozeně přicházejí do úvahy jsou eliminace nákladů na FOD, úspora času při poježdění pomůže ušetřit přibližně 600 kilogramů paliva spotřebovaného při poježdění denně.

Skutečná úspora paliva závisí na typu letadla a motoru. Normálně se předpokládá, že při poježdění je průměrný tah při nastavení přípustí na 7 % výkonu motoru. Rychlost spalování paliva je vyšší než 0,1 kg za sekundu i u letadel s úzkým trupem, např. A320. Průtok paliva A380 se čtyřmi motory v provozu je cca 1,2 kg paliva za sekundu. Kromě přímé úspory paliva existuje výrazné snížení znečištění ovzduší, protože při poježdění A380 emituje asi 5 kg oxidu uhličitého za sekundu.

Na základě standardních postupů poježdění pro letadla s úzkým trupem některé společnosti tvrdí, že systém ušetří až 4 procenta nákladů na palivo a sníží emise uhlíku o 75 procent, což je zvláště důležitý problém na evropských letištích kvůli uhlíkovým daním v EU.



#### 4. Analýza existujících alternativních a automatických systémů vytlačování

V této kapitole budu porovnávat a analyzovat systémy, které byly popsány v předchozí části, hlavně z pohledu technické části. Na základě porovnání zjistíme nejvhodnější pro implementaci jeho na letiště v Praze. Porovnávat budeme 5 systémů z předchozí kapitoly, a to jsou „Mototok“, „WheelTug“, „TaxiBot“, „ATS“ a „EGTS“. Kritéria pro výběr konkrétního systému po analýze budou:

- Certifikace
- Rychlost Vytlačování/Pojíždění
- Školení personálu
- Modernizace vozového parku
- Široké spektrum tahaných typů letadel
- Cena
- Typ systému On Board/Ground

##### 4.1 SWOT analýza

SWOT analýza je metoda, jejíž pomocí je možno identifikovat silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby spojené s určitým projektem, typem výrobku či produktu, podnikatelským záměrem, politikou (ve smyslu opatření) apod. Jedná se o metodu analýzy užívanou především v marketingu, ale také např. při analýze možností, či porovnávání druhově a systémově odlišných produktů a výrobků s různými charakteristikami.

SWOT je zkratka z anglického originálu, kde S = Strengths (Silné stránky), W = Weaknesses (Slabé stránky), O = Opportunities (Příležitosti), T = Threats (Hrozby). SWOT je tedy zkratkou pro vnitřní silné a slabé stránky organizace a příležitosti a hrozby z vnějšího prostředí organizace. Následná analýza používá pojmů odlišujících 5 systémy mezi sebou nikoliv obecných – které mají všechny společně.



## 4.2 SWOT analýza jednotlivých typů systémů vytlačování ze stání

Společnými silnými stránkami všech, níž uvedených porovnávaných systémů jsou:

- Dramatické snížení spotřeby paliva během fáze pojíždění letadel
- Výrazné snížení emisí a skleníkových plynů a hladiny hluku na letištích
- Snížená příležitost k poškození turbínových motorů letadel cizími předměty (FOD)
- Zvýšená provozní efektivita a propustnost u stojánek letadel a bran

Argumenty pro jednotlivé rozdíly v SWOT analýze budou jen ty týkající se jednotlivých odlišností mezi systémy v nabídce na trhu a pro pořizovatele.

### 4.2.1 Analýza Systému „WheelTug“

#### **S – Silné stránky**

Možnost operativnějšího užití i v režimu „Pushback and Go“ - tím odstraňuje čas, kdy letadlo čeká na tahač.

Jednodušší řešení včetně instalace jen jednoho motoru do kola předového podvozku (montáž, či demontáž zabere jen jednu noční směnu)[Zdroj: WheelTug];

Zatěžuje pouze předové kolo letadla, takže nedochází k žádné změně v poloměru otáčení, letadlo se pohybuje přesně tak, jak by se pohybovalo vlastní silou;

Ze strany LKPR – je nulové finanční náklady (Všechny náklady je ze strany leteckých společností);

#### **W – Slabé stránky**

Relativně pomalejší pojíždění – 7kt je nižší než rychlost klasického pojíždění u letadel, která mají turbínové motory – 25kt.

Nutnost současného provozu APU pro napájení, nainstalovaného do letadla.

Zatím není příliš rozšířen.

#### **O – Příležitosti**



Systém je primárně určen pro letecké společnosti, zatím uplatněn jen u B737 formou „Retrofitu“. Pojem „Retrofit“ můžeme definovat jako výměnu stávající technologie za novější, modernější, účinnější a zároveň úspornější.

Praktikuje jej tedy kdokoli, kdo mění nějakou stávající, ještě sloužící technologii nebo pouze její část za účelem zlepšení komfortu či snížení nákladů. Letiště jako investor při zavádění má nulovou účast.[Zdroj: WhhelTug]

### **T – Hrozby**

Použitelná výhoda pro ekologičtější provoz na letišti jen při masovém zavedení u téměř všech typů letadel, které na něm pravidelně přistávají, jinak nemá pro letiště větší význam.

#### 4.2.2 Analýza Systému EGTS (Electric Green Taxiing Systém)

### **S – Silné stránky**

Odstraňuje čas „čekání na tahač“- Možnost operativnějšího užití i v režimu „Pushback and Go“;

Minimální finančně-investiční nároky (z hlediska LKPR – nulové);

Zvýšená bezpečnost pro pozemní personál letiště;

Snížení emise CO<sub>2</sub> o 61 %, emise NO o 51 %, emise nespálených uhlovodíků o 62 % a emise CO o 73 %.

[Zdroj: EGTS systems]

### **W – Slabé stránky**

Relativně pomalejší pojiždění – do 20kt je nižší než rychlost klasického pojiždění u letadel, která mají turbínová motory – 25-27kt.

Nutnost současného provozu APU pro napájení;

Systém je primárně určen pro letecké společnosti pro letiště nemá investiční smysl.

### **O – Příležitosti**

Systém je primárně určen pro letecké společnosti formou „Retrofitu“.



## **T – Hrozby**

Použitelná výhoda pro ekologičtější provoz na letišti jen při masovém zavedení u téměř všech typů letadel, které na něm pravidelně přistávají, jinak nemá pro letiště větší význam.

### 4.2.3 Analýza Systému ATS (Aircraft Towing Systems)

## **S – Silné stránky**

Velký inovační potenciál s možností totálně autonomní funkce nezávislé na pozemním personálu.

Velmi vysoké zvýšení bezpečnosti rolování v praktické eliminaci kolizních a chybových incidentů na pojezdových drahách.

## **W – Slabé stránky**

Náklady na pojiždění jdou na vrub letišť. Naklad na 1 lineární metr 2.800 EURO. Naklad na 1 ATS vozík – 240.000 EURO [Zdroj: Společnost ATS]

Velmi vysoká investiční náročnost pořízení;

Nutnost významného omezení provozu na letišti po dobu výstavby a zkoušek;

Nedostatečně provozně odzkoušeno.

## **O – Příležitosti**

Komplexní využitelnost jak pro „Push-back“ operace tak pro přepravu letadel po TWY;

Možnost zavedení při plánované výstavbě nové další RWY na LKPR.

## **T – Hrozby**

Vzhledem k vysoké investiční náročnosti a dlouhé době zavádění hrozí „konkurenční“ konflikt s ostatními systémy – kde pak hrozí slabá následná využitelnost, protože piloti dají přednost použití vlastního „Retrofitu“ nebo letiště

Není zatím jasný zpětný pohyb „vozíků“ po pojezdových drahách a jejich provozní kumulace v letištních provozních špičkách ve frontách letadel vyčkávajících na uvolnění VPD.



#### 4.2.4 Analýza Systému TAXIBOT (Taxiing Robot)

##### **S – Silné stránky**

Plně v investičních možnostech a na vůli letiště ovšem s nutnou úzkou spoluprací při zavádění s provozovatelem letecké techniky;

Umožňuje postupné zavádění formou prozatímního ovládání tahače členem pozemního personálu pro letouny bez vybavení v pilotní kabině;

Minimální zásah do konstrukce letadla;

Úspěšně otestován v reálném provozu u nejtěžších letadel B737 (Lufthansa na Frankfurt International Airport);

Větší bezpečnost a jistota provozu na zasněženém a zledovatěném povrchu díky větší adhezi;

Má certifikaci pro letadla B737(Boeing 737) Family a A320(Airbus A320) Family;

V současné době společnost pracuje na certifikaci systému pro Embraer Family a B757;

Pro letadla typu A350, A330, B777, B787 systém bude k dispozici od roku 2027.

##### **W – Slabé stránky**

TaxiBot je tedy ve skutečnosti hybridem operace „odtahování a vlečení (push-back) řízené pilotem, což opět zvyšuje složitost postupů;

Vyžaduje investici a úzkou spolupráci s pravidelným dopravcem pro instalaci řídicí jednotky do „kokpitu“ letadel;

Náklady na pojištění jdou na vrub letiště.

##### **O – Příležitosti**

Systém je sekundárně určen pro letecké společnosti i formou retrofitu.

##### **T – Hrozby**

Větší hustota různého provozu po pojezdových drahách (vracející se tahače);



Nízká hmotnost – pro spolehlivé tažení za všech podmínek mají klasické tahače hmotnost kolem 54 tun, což nelze u tak malého „vozidla“ dosáhnout.

#### 4.2.5 Analýza Systému „Mototok“

##### **S – Silné stránky**

Nízké náklady pořízení;

Provádění pohybů letadla bezpečně a snadno pomocí jediného zařízení, funkce spojení s letadlem je plně automatická naloží a vyjme příďové kolo automaticky jediným klepnutím na dálkovém ovladači;

Zatěžuje pouze příďové kolo letadla, takže nedochází k žádné změně v poloměru otáčení, letadlo se pohybuje přesně tak, jak by se pohybovalo vlastní silou;

Hydraulické nastavení hloubky otvoru ústí – pro kola s malým průměrem;

8 let v provozních zkušenostích

##### **W – Slabé stránky**

Malá kapacita baterií (výdrž bez dobití) - 2-3 dny nebo do 25 pushbacku

Systém je primárně navržen jen pro vytlačování od stojánky, neumožňuje použití pro tažení po pojezděcích drahách, musí být proto doplněn jiným dalším prostředkem v provozním režimu „Pushback and Go“;

Nízká hmotnost a adheze s povrchem umožňuje použití jen na suchém povrchu;

Ovládání je prostřednictvím osoby pozemního personálu, doprovázejícího pěšky tahač;

Neumožňuje dosažení všech a na úrovni 100 procent výhod pro moderní GSE vybavení uvedená před SWOT analýzou.

##### **O – Příležitosti**

Umožňuje snížit náklady na údržbu a personál a tím dosáhnout nejvýhodnější čísla ROI (Return Of Invest) - návratnosti investic.





## T – Hrozby

Zastaralost ve srovnání s výše uvedenými systémy – pro nemožnost plného využití pro „tažení s pojižděním“ až na VPD.

### 4.3 Porovnání systémů a závěr analýzy

Pomocí následující tabulky provedeme srovnání všech systémů na základě specifických kritérií:

Tabulka 3 - Porovnání automatizovaných systémů

Systém	Kritéria				
	Certifikace pro typy letadla nebo maximální hmotnost vytlačujícího letadla	Typ systému On Board System / Ground System	Maximální Rychlost Vytlačování / Pojiždění	Cena	Skolení Personálu nebo Pilotů
WheelTug	Boeing 737 Family	On Board	7kt	Power per hour	Školení probíhá na počítači. Maximální doba školení 60 minut.
EGTS	A320 Family B737 Family	On Board	20kt	N/A	N/A
ATS	Všechny typy letadel: od jednomotorových do letadel typu A380 a B747.	Ground	N/A	1 lineární metr = 2.800 EUR. 1 ATS vozík = 240.000 EURO	Přizpůsobený simulovaný systém na PC; Odborníky z ATS provádí teoretickou výuku
Mototok	Mototok Spacer 8600PA/MB: Airbus 320 Family, Boeing 737 Family, Bomardier C-Series/Regional, Embraer a GulfStream. Mototok Spacer 200: Letadla do 200.000kg (kromě A380 a B747).	Ground	Spacer 8600 PA/MB: do 3.5 kt Spacer 200: do 2.2 kt	N/A	3 hodiny
TaxiBot	Aktuálně systém má certifikaci pro letadla A320 Family a Boeing 737 Family. Od roku 2027 bude systém mít certifikaci pro letadla typu A330, A350, B777, B787.	On Board / Ground	23kt	1.5 mil USD	Piloti: 50 minut. Řidiče TaxiBotu: 1 den. Praktická a Teoretická část.

Vzhledem k tomu, že na zavedení prvních dvou systémů nemá LKPR žádný vliv ani možnost je nějak omezit, kvůli tomu že WheelTug a EGTS jsou „On Board“ systémy, kde motory jsou nainstalované do kol podvozku. Což znamená že zavedením těchto systémů by měli zabývat letecké společnosti a tyto dva systémy v této fázi můžeme eliminovat. Přichází do úvahy nabídnout letišti výběr mezi – ATS, TaxiBot a Mototok.



V Následující tabulce porovnáme tyto systémy podle dalších 3 kategorií. Kategorií budou:

- Druh pohybu (Vytlačování nebo Pojíždění)
- Zásah do letištní infrastruktury
- Certifikace

Tabulka 4 - Porovnání systémů TaxiBot, Mototok, ATS

Systém	Kriteria		
	<u>Druh pohybu</u>	<u>Zásah do letištní infrastruktury</u>	<u>Certifikace</u>
“Taxibot“	Vytlačování Pojíždění	Současné pushback traktory můzou byt nahrazeny TaxiBot.	Ano
“Mototok“	Vytlačování	Nutnost vybavení letiště Praha dobíjecími stanicí.	Ne
“ATS“	Vytlačování Pojíždění	Nutnost významného omezení provozu na letišti po dobu výstavby a zkoušek.	Ne

Systém “ATS“ můžeme eliminovat z důvodu nutnosti velkých omezení provozu letiště a chybějící provozní certifikaci. Taky systém ATS je poměrně nový a dosud nebyl prakticky otestován, existuje omezené množství informací týkajících se integrování tohoto systému do existující infrastruktury letiště.

“Mototok“ je odzkoušený systém, stojí před důvody, proč by měl být odstraněn. Patří sem nízká kapacita baterie (2-3 dny), omezená rychlost při vytlačování (do 3,5 uzlů) a potřeba doprovodu operátora během celého procesu. V praxi by bylo nezbytné jej doplnit jiným systémem – tažným vozidlem odlišného typu. Současný provoz obou systémů pro letiště velikosti LKPR a handlingové společnosti by neměl smysl, zejména s ohledem na rozsáhlý park existujících dieselových vytlačovacích vozidel.



**Jako vítězný a perspektivní vychází tedy TaxiBot**, který má certifikaci pro letadla typu B737 a A320 všechny verze, v nejbližší době bude schválen i pro letadla typu Embraer a B757, a od roku 2027 i pro letadla typu A350, A330, B777, B787. Taxibot má rychlost Systém Taxibot může plnit funkce nejenom vytlačování, ale i pojíždění s letadlem přímo od stání do RWY, což dělá jeho perspektivnějším systémem než "Mototok", který slouží jenom pro vytlačování. "Taxibot" má také špičkovou podporu od následujících partnerů, kteří jsou dobře známí a etablovaní i na českém trhu, což je taky významným kritériem pro výběr ze všech systémů. Protože žádný certifikační úřad nepracuje zadarmo a automaticky, tedy na všechno je potřeba čas i peníze. Nejznámější společnosti a jejich role v budoucím rozvoji, které podporují a pracují s systémem "TaxiBot" jsou:

**IAI:** Vedoucí programu a vlastník konceptu – zajišťuje všechny řídicí systémy pohon a software, operační logika, senzory a elektroniku vozidla a integrace, studie technické proveditelnosti a simulace, systémy navazující na průkazy způsobilosti.

**Lufthansa LEOS:** První zaváděcí zákazník – definuje a organizuje všechny relevantní provozní procesy a postupy, koordinuje činnosti s leteckou společností Lufthansa, Boeingem, frankfurtským letištěm a úřady (ATC, LBA, EASA, místním ministerstvem dopravy), zajišťuje certifikační podporu pro flotilu Boeingů 737, provádí rozsáhlé provozní zkušební fáze před zavedením, zajišťuje výcvikovou přípravu pro řidiče, piloty a mechaniky "TaxiBot".

**Airbus:** Technický partner – zajišťuje inženýrskou podporu pro dokončení technické proveditelnosti, přípravu na certifikaci, informovanost pilotů.

**TLD:** Výrobce vozidel, Design prototypu vozidla, Sériová výroba.

**SIEMENS:** Partner-dodavatel elektrického hnacího ústrojí, sériová výroba elektrického pohon; Vývoj softwaru pro elektrický pohon.

**BOEING:** Inženýrská podpora pro dokončení technické proveditelnosti a certifikační podpora.

**SAS:** Prodejní divize – zabezpečující marketing, odbyt, rozvoj efektivního uplatnění a poprodejní podporu produktu.



## 5. Návrh implementace systému "TAXIBOT" na letišti v Praze (LKPR)

V této kapitole budu zabývat možností zavedení systému TaxiBot na letišti Václava Havla v Praze. Jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách – pojíždění, vlečení a vytlačování jsou všechny způsoby, kterými se letadla po zemi pohybují. Na rozdíl od stávajícího omezeného použití na LKPR klasických diesellových tahačů může nová implementace systému "Taxibot" být použita a implementována u všech tří druhů pohybu letounu po ploše letiště. Jelikož práce je zaměřena na alternativní a automatizované systémy vytlačování, v této fázi navrhne implementaci systému TaxiBot na ploše SEVER letiště Praha jako alternativního systému jen pro vytlačování. Pro implementaci systému „TaxiBot“ na letišti v Praze na začátek je nutné vybrat konkrétní stání na základě omezení a požadavků vytlačování.

V současné době "TaxiBot" má certifikaci jen pro letadla B737 Family a A320 Family. Tyto letadla mohou být zaparkovaná na jakémkoliv stání plochy SEVER. Všechny letadla typu B737 a A320 mají rozpětí křídel menší než 36m.

Návrh vytlačování letadel pomocí nového systému "TaxiBot" bude udělán na stáních, které mají nejvíce omezení pro další diskuzi. Letadla, která budou používána v našich příkladech budou typu B737 a A320. Podle informací od odborníků ze společnosti CSAH můžeme říct, že nejvíce omezení a požadavků na vytlačování letadel s rozpětím křídel do 36m mají stání 4 – 12 a 14 – 20 plochy SEVER.

### 5.1 "PUSH" pozice a požadavky pro vytlačování letadel s rozpětím do 36m.

V následující tabulce, kterou mě poskytla společnost "CSAH" můžeme vidět konkrétní pozice "PUSH" pro vytlačování. Pozice "PUSH" jsou určeny pro kokpit letadla. Letadlo však musí být vždy zastaveno tak, aby tahač letadla nepřesahoval přes značení mezilehlého vyčkávacího místa TWY. Pro vytlačení letadla do správné pozice jsou zřízeny příčky označené žlutým příčným pruhem délky 6 m a nápisem PUSH 1 až PUSH 7.



Tabulka 5 - pozice pro vytlačování z konkrétních stání

Vytlačování ze stání	TWY	Pozice pro vytlačení
1A, 1B	A1	PUSH 2
3A, 3B		PUSH 1
4, 4A, 5	B1	PUSH 1
6, 7		PUSH 2
9, 10	B2	PUSH 4
11, 12		PUSH 3
14, 15	J ORANGE	PUSH 1
16		<b>PUSH 2 – pouze pro stání 16</b>
17, 18	J BLUE	PUSH 4
19, 20		PUSH 3
22, 22A, 22B, 23	H1	PUSH 1 (PUSH 2*)
24, 24A, 24B		PUSH 3 (PUSH 2*)
26, 27, 28		PUSH 5 (PUSH 4*)
29, 30, 31		PUSH 7

Vytlačování letadel s rozpětím křídel do 36 m ze stání 22–28 se standardně provádí na liché pozice pro vytlačování. Vytlačování na sudé pozice označené „\*“ se smí provádět pouze na výslovné povolení TWR. Letadla vytlačená na sudé pozice musí směřovat přídíl směrem k TWY L1.

Stání 4 až 12 (Obrázek 22) se nachází mezi prsty A2 a B1 a mají následující omezení:

- Ze stání 6–10 je povoleno vytlačovat současně nejvýše jedno letadlo.
- Ze stání 7 nesmí být zahájeno vytlačování letadla, pokud je obsazena pozice PUSH 4.
- Ze stání 9 nesmí být zahájeno vytlačování letadla, pokud je obsazena pozice PUSH 2.
- Není povoleno současné vytlačování letadla ze stání 6 nebo 7 a pojíždění letadla z / na stání 9 nebo 10.
- Není povoleno současné vytlačování letadla ze stání 9 nebo 10 a pojíždění letadla z / na stání 6 nebo 7.
- V případě, že na stání 12 zajíždí letadlo s rozpětím křídel nad 36 m nebo je z něj vytlačováno, nesmí být na TWY B1 na úrovni stání 4, 4A a 5 další letadlo.



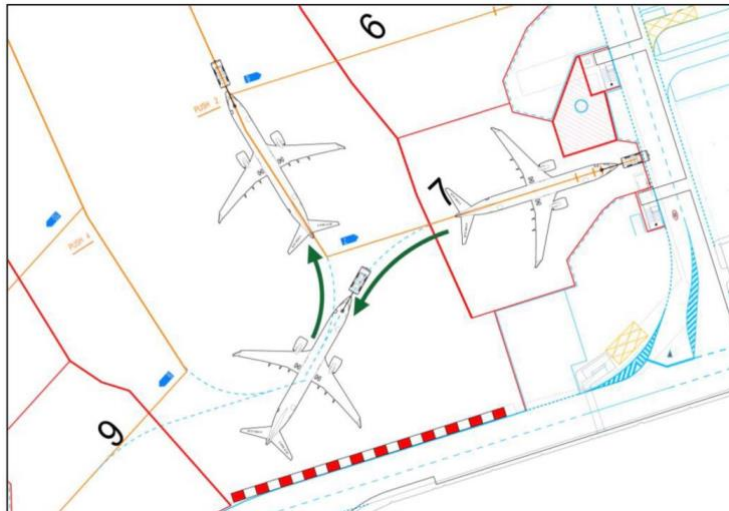
Obrázek 22 - Schéma stání 4 - 12 plochy SEVER[36]

#### 1. Vytlačování pomoci „TaxiBot“ z stání 4, 4A, 5.

Při vytlačování letadla pomoci nového systému „TaxiBot“ ze stání 4, 4A a 5 - letadlo bude vytlačeno na příčku PUSH 1, ale s jediným omezením, že žádné letadlo nesmí být na TWY B1 na úrovni stání 4, 4A, 5 v dobu vytlačování nebo zájezdu dalšího letadla s rozpětím křídel nad 36m na stání 12. Což znamená, že řidič „Taxibot“ a pilot musejí dostat povolení a potvrzení před začátkem vytlačování a pokračování na pozici PUSH 1.

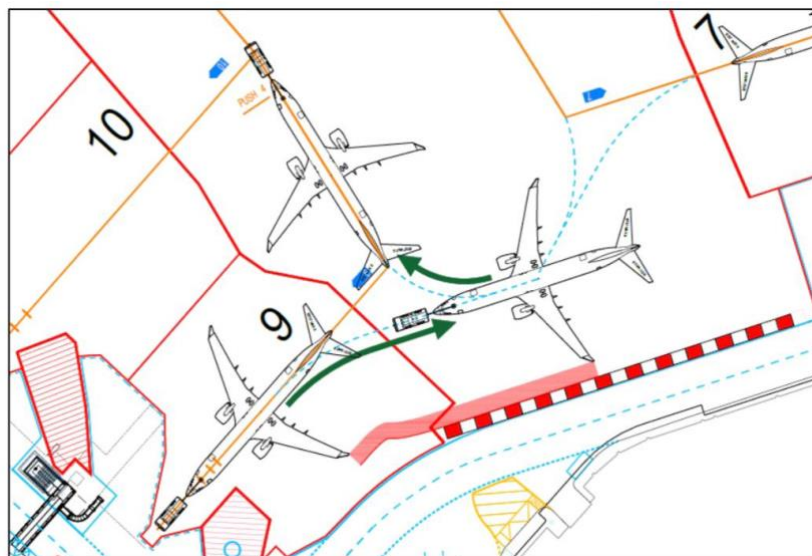
#### 2. Vytlačování pomoci „TaxiBot“ ze stání 6 – 10.

Vytlačování letadla z jednoho z čtyř stání - 6 nebo 7 nebo 9 nebo 10 je zakázáno současné vytlačování z ostatních stání. Při vytlačování letadla ze stání 6 a 7 (Obrázek 23) bude letadlo pomoci „TaxiBot“ vytlačeno na příčku PUSH 2 na TWY B1. Ze stání 7 nesmí být vytlačeno letadlo pokud je obsazena příčka PUSH 4. Není povoleno současné vytlačování letadla ze stání 6 nebo 7 a pojezdění letadla z / na stání 9 nebo 10.



Obrázek 23 - Vytlačování ze stání 7

Při vytlačování letadla ze stání 9 (Obrázek 24) a 10 bude letadlo pomoci "TaxiBot" vytlačeno na příčku PUSH 4 na TWY B1. Ze stání 9 nesmí být vytlačeno letadlo pokud je obsazena pozice PUSH 2. Není povoleno současné vytlačování letadla ze stání 9 nebo 10 a poježdění letadla z / na stání 6 nebo 7.



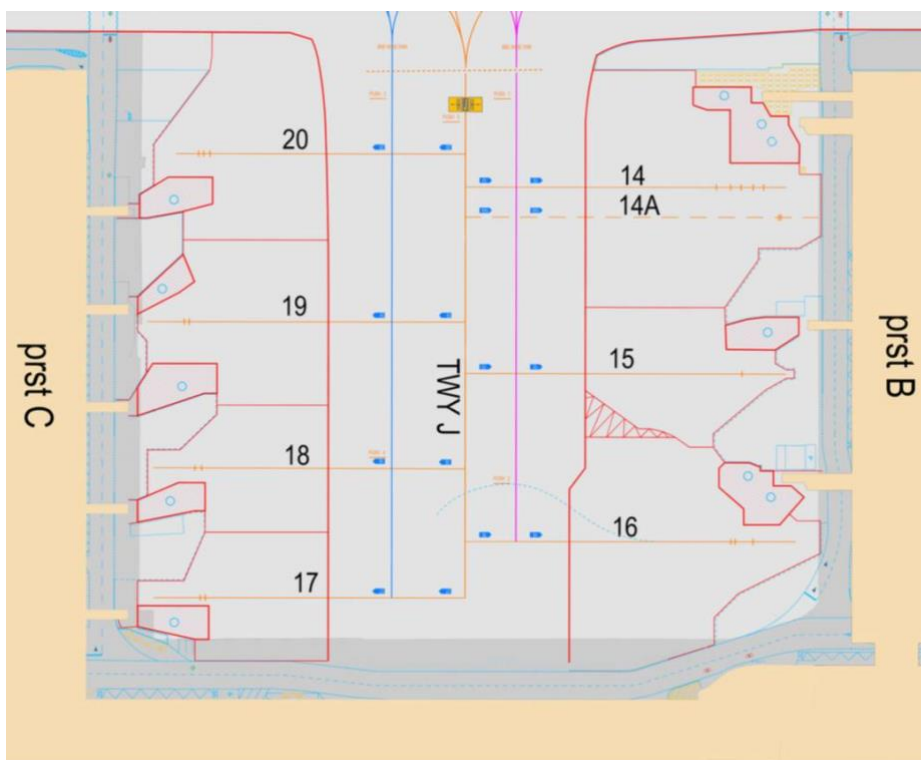
Obrázek 24 - Vytlačování ze stání 9

### 3. Vytlačování pomoci "TaxiBot" ze stání 11 – 12.

Při vytlačování letadla pomoci nového systému "TaxiBot" ze stání 11 a 12 - letadlo bude vytlačeno na příčku PUSH 3 bez omezení. Dále letadlo může pokračovat pojíždět po TWY B2.

Stání 14 až 20(Obrázek 25) se nachází mezi prsty B a C a mají následující omezení a pravidla:

- Ze stání 16 a 17 je povoleno vytlačovat současně nejvýše jedno letadlo:
- ➤ Při vytlačování ze stání 16 je zakázáno pojíždění na stání 17 po TWY J BLUE;
- ➤ Při vytlačování ze stání 17 je zakázáno pojíždění na stání 16 po TWY J ORANGE.
- Ze stání 17 nesmí být zahájeno vytlačování letadla, pokud je obsazena pozice PUSH 2.
- V době, kdy je dohlednost nižší než 400 m, musí být letadlo ze stání 14 až 20 vytlačeno na příčku PUSH 5 na TWY J.



Obrázek 25 - Schéma stání 14 - 20 plochy SEVER[36]





### 1. Vytlačování pomoci "TaxiBot" ze stání 14 – 15.

Při vytlačování letadla pomoci nového systému "TaxiBot" ze stání 14 a 15 - letadlo bude vytlačeno na příčku PUSH 1. Jediné omezení je, že při snížené dohlednosti pod 400m – letadlo musí být vytlačeno na příčku PUSH 5 na TWY J.

### 2. Vytlačování pomoci "TaxiBot" ze stání 16 – 18.

Při vytlačování letadla pomoci nového systému "TaxiBot" ze stání 16 - letadlo bude vytlačeno na příčku PUSH 2 na TWY J Orange, a ze stání 17 a 18 na příčku PUSH 4 na TWY J Blue. Při vytlačování ze stání 16 je zakázáno poježdění na stání 17 po TWY J BLUE; Při vytlačování ze stání 17 je zakázáno poježdění na stání 16 po TWY J ORANGE. při snížené dohlednosti pod 400m – letadlo musí být vytlačeno na příčku PUSH 5 na TWY J.

### 3. Vytlačování pomoci "TaxiBot" ze stání 19 – 20.

Při vytlačování letadla pomoci nového systému "TaxiBot" ze stání 19 a 20 - letadlo bude vytlačeno na příčku PUSH 1. Jediné omezení je, že při snížené dohlednosti pod 400m – letadlo musí být vytlačeno na příčku PUSH 5 na TWY J.

## 5.2 Pohled na využití systému „Taxibot“ ze strany letiště a handlingové společnosti „CSAH“

Z pohledu letiště Praha a společnosti CSAH je systém "Taxibot" zajímavý. Samozřejmě by bylo potřeba toto zařízení důkladně vyzkoušet a vzít v úvahu celou řadu aspektů. Jako problematické by se mohlo jevit samotné vytlačení od terminálu, kdy piloti nevidí za sebe, a naopak řidič pushbacku má přehled o dění na ploše za letadlem. Nicméně pro nás konkrétně je překážkou absence možnosti vytlačet WB letadla. Tedy tahač TaxiBot prozatím postrádá univerzálnost, kterou u podobného vozidla hledáme. Pokud by byl certifikován pro všechna letadla, bylo by velmi reálné uvažovat o jeho případném zavedení.



### 5.3 Školení personálu

Důležitou podmínkou přechodu z klasického systému tažení pomocí Pushback vozu na „Taxibot“ je školení personálu – pilotů a řidičů. Pro piloty je to velmi jednoduchý, protože celý výcvik probíhá na počítačích v rámci studia a nevyžaduje žádnou praktickou část. Pro piloty kompletní školení zabere kolem 40-50 minut, což může zvýšit zájem o instalaci systému na LKPR. Pro řidiče „Taxibot“ proces školení se liší tím, že zahrnuje nejdříve teoretickou a pak i praktickou část v rámci jednoho dne. Výsledky z testování ukazují, že pokud řidiči delší dobu nepoužívají „TaxiBot“, začnou dělat chyby v operacích, což velmi sníží celkovou efektivitu procesu, a proto je potřeba pravidelného školení pro řidiče.



## 6. Diskuze

Hlavním účelem této kapitoly je diskuse všech částí této bakalářské práce. Na začátku byly popsány nepoužívanější typy vytlačování letadel a také jejich hlavní nevýhody. Každý typ má své individuální nedostatky, které nepříznivě ovlivňují účinnost procesu vytlačování. Poté byla představena struktura hlavního letiště a odbavovacích ploch SEVER/NORTH, JIH/SOUTH a VÝCHOD/EAST. Odbavovací plocha SEVER je hlavní plocha pro obchodní leteckou dopravu, která má mnoho sektorů a stání i proto byla pak použita pro modelovou situaci. Jednou z nejobtížnějších částí práce je kapitola o automatizovaných systémech vytlačování letadel, což je způsobeno nedostatkem dostupných materiálů v různých ověřených informačních zdrojích. Srovnání těchto systémů bylo provedeno podle mnou zvolených kritérií, která jsou podle mého názoru a podle názoru přímých specialistů handlingové společnosti prioritní. Mezi ně patří, například, certifikace, druh pohybu, zásah do letištní infrastruktury a maximální hmotnost vytlačování. Jako vítězný byl vybrán "TaxiBot", který má certifikaci pro vytlačování letadel B737 a A320, což znamená pro většinu nepoužívanějších letadel na letišti v Praze a ve světě. A v nejbližší budoucnosti dostane certifikaci i pro ostatní typy letadel jako jsou A350, A330, B777 a B787, což je jedním z významným kritériem pro výběr ze všech systémů. Taky "TaxiBot" má velkou podporu od různých partnerů, které jsou dobře známe na celém světě a které budou jen výhodou pro budoucí rozvoj "TaxiBot".

Vozy „TaxiBot“ jsou podobné klasickým tahačům, které v současnosti plní funkci vytlačování, a to znamená že pro zavedení "TaxiBot" infrastruktura letiště by nevyžadovala velké změny. Například na letišti Schiphol systém „Taxibot“ se používá nejenom pro vytlačování, ale i pro pojíždění s letadlem z/do RWY, což znamená, že letiště řeší i proceduru návratu a odpojení vozu v blízkosti RWY. Pokud „Taxibot“ bude plnit jenom funkci vytlačování do pojezdové dráhy není potřeba pro letiště řešit návrat vozu do stání nebo na místo, kde TaxiBot musí být zaparkován, protože procedura bude stejná jako u aktuálních vytlačovacích vozidel, kdy se po odpojení na příčce PUSH traktor se vrátí zpět na stojánku nebo bude zaparkován v krytých stáních pod spojovacím objektem mezi terminály 1 a 2 (z pohledu plochy mezi prsty B a C). Toto místo je nejvýhodnější z hlediska dojezdových vzdáleností na všechny stojánky, tedy na prsty A a D resp. B a C je to plus minus stejně daleko. Toto místo by bylo racionálně používat i pro zaparkování a nabíjení čistě elektrického tahače. Tyto pozice budou jenom výhodou, protože umožní snadný přístup k letadlům pro provádění vytlačování před odletem a po přiletu. To znamená, že „TaxiBot“ který bude zaveden jenom pro vytlačování nebude vyžadovat další parkovací místo, a může být zaparkován kdekoliv, kde se aktuálně parkuje klasický Pushback traktor. Pro instalaci systému „TaxiBot“ a jeho využití pro vytlačování v prostředí LKPR je potřeba zájem hlavně ze strany



handlingových společností, které musejí investovat peníze pro zavedení a údržbu systému. V tomto může pomoci odprodej starých klasických tahačů za zůstatkovou cenu a nákup nových.

Po provedení modelových situací s využitím TaxiBot na stáních 4 až 20 na ploše Sever můžeme konstatovat, že s ohledem na všechna omezení na těchto stáních jsou stání 11 a 12 nejvhodnějšími pro vytlačování letadel typu B737 a A320 bez omezení. Zde může letadlo být vytaženo přímo na příčku PUSH 3 a TWY B2. Naopak nejméně vhodnými stáními jsou stání 16 a 17, a to kvůli zákazu pohybu po TWY J Blue a TWY J Orange během vytažení.

Na základě komentáře odborníků z letiště, zavedení systému "Taxibot" by mělo větší zájem, pokud "Taxibot" už teď měl certifikaci pro vytlačování více typu letadel. Ale před přechodem na jiné typy tažných vozidel – je potřeba udělat analýzu a naplánovat si, co lze vyměnit nebo dovybavit. Letiště Praha a handlingové společnosti musí podívat na svou současnou flotilu GSE. Letiště nebo zařízení může potřebovat naplánovat novou nebo dodatečnou infrastrukturu, a taky technické a materiální možnosti pro udržení její funkčnosti. Je také důležité zvážit, jaké cykly údržby a metody nabíjení pro čistě elektrické systémy budou použity pro nový vozový park. Jednotlivé organizace, které mohou být zapojeny do procesu implementace systému „TaxiBot“ a plně elektrických systémů na letišti v Praze zobrazuje následující tabulka:

Tabulka 6 - Organizace a jejich zodpovědnost při implementaci systémů

Organizace	Zodpovědnost	Jak?	Proč?
MŽP	Monitorovat a kontrolovat podíl snížení emisí o min. 35% emisí CO2	Kalkulací změn v celém sektoru dopravy.	Pro zabezpečení mezinárodních požadavků v odvětví dopravy.
letecké společnosti využívající služeb LKPR	Proškolení posádek letadel v postupech a využití nových postupů při pojiždění s řízením bezobsluhového tahače.	Na nácviku pojiždění v praxi.	
ŘLP, středisko řízení pohybů po ploše	Zajistit bezpečný a bezkolizní přesun nových tahačů z nových vyčkávacích míst na pojižděcích drahách bez letadel.	Řízením pohybu tahačů po drahách ze stanoviště ŘLP - věž/tower.	Pro bezpečné řízení pohybů a procesů na připojení a odpojení systému o letounu.
Správa letiště Praha s.p.	Kooperovat při plánování a realizaci úprav infrastruktury - potřebných staveb a úprav na pojezdových drahách. Zajistit návratnost investic.	Zvýšit přistávací poplatky.	Pro návratnost investic.
ČEZ	Zabezpečit dostatek energie pro nabíjecí stanice bateriových tahačů.	Vystavět celou infrastrukturu dobíjecích stanic.	Zabezpečení zvýšených odběrů elektrické energie.



---

Shrneme-li diskusi, dalo by se říct, že díky koordinované práci všech procesů, zúčastněných organizací v nich a zájemců bude přechod na nový systém mnohem jednodušší.



## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat a porovnat existující automatizované systémy vytlačování a najít ten nevhodnější pro implementaci na letišti Vaclava Havla v Praze, s cílem dalšího hodnocení možností jeho zavedení. V praktické části práce byly systémy, konkrétně - 'ATS', 'Mototok', 'TaxiBot', 'EGTS' a 'WheelTug', porovnány na základě SWOT analýzy, využívající příležitosti, hrozby, silné stránky a pak i mnou určených konkrétní kritéria. Podle výsledků mého výzkumu byl "TaxiBot" vybrán jako neoptimálnější systém v dnešních podmínkách. Tento systém lze použít stejně jako klasické "Pushback" traktory, pokud se bude používat pouze pro vytlačování. Jeho výhodou je vyrábět elektřiny pro osm elektromotorů pohánějících čtyři sady kol, přičemž se spotřebuje mnohem méně paliva, což je ekonomicky výhodné. V budoucnu by se takový systém mohl využívat pro pojíždění od stání do nebo z RWY.

Systém "Taxibot" je životaschopnou možností pro snížení nákladů. Optimální využití je v provozu na jakémkoliv letišti s letadly s vysokou spotřebou paliva a kde jsou dlouhé doby vytlačování a pojíždění. Nezbytnou podmínkou je nalezení vhodného modelu pro placení manipulačních poplatků, tak aby došlo k převodu zisku na ty správné provozovatele pro návratnost investic. "Taxibot" má potenciál stát se nejprodávanějším odtahovým vozem po celém světě, protože ROI klasického odtahového vozu je výrazně nižší. ROI klasického odtahového vozu je závislá na průměrné pracovní době a na základě časového rozdílu zde můžeme předpokládat jen výpočet pro jen jednu jednoduchou operaci – Pushback. Na základě naučené zkušeností a výzkumu této práci, můžu říct, že elektrické pozemní podpůrné vybavení zůstane s námi už navždy. Zahájením přechodu co možná dnes nejdříve na taková zařízení prokazují zúčastněné, společnosti závazek vůči životnímu prostředí a svým zaměstnancům. A upřímně řečeno, je to také chytré a ekonomicky schůdné rozhodnutí.



## Seznam použité literatury / ZDROJE

- [1] Letiště Praha. (2017, Leden 16). *Dopravní řád letiště Praha Ruzyně*. Retrieved from Letiště Praha: <https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/staticke-stranky/5224/soubory/dopravni-rad-letiste-praha-ruzyne.pdf>
- [2] ICAO. (2021, Říjen). Apron Management. *RASG-MID SAFETY ADVISORY – 15*, pp. 1-90.
- [3] Letiště Praha. (2023). Movement area. AIRCRAFT PARKING / DOCKING CHART – ICAO. Použito z <https://www.prg.aero/node/76884>
- [4] Motok. (2023, Červenec 25). *Domací stránka*. Retrieved from Motok.com: <https://www.mototok.com/>
- [5] Motok. (2022, Říjen). *Motok Broshure*. Retrieved from motok.com: [https://1835281.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/1835281/ebooks/mototok\\_brochure-en.pdf](https://1835281.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/1835281/ebooks/mototok_brochure-en.pdf)
- [6] Kolářová, L. (2022). *Hodnocení vlivu prostorového omezení stání letadel k. p. C na proces odbavení*. Praha: ČVUT.
- [7] Lidický, F. (2022). *VYUŽITÍ TAŽNÝCH VOZIDEL A AUTONOMNÍCH SYSTÉMŮ PRO POJÍŽDĚNÍ LETADEL*. Praha : ČVUT.
- [8] Hospodka, J. (2014). *Electric taxiing – Taxibot system*. Praha: Department of Air Transport, Faculty of Transportation Sciences, Czech Technical University.
- [9] TaxiBot. (2023, Srpen 5). *Domací stránka*. Retrieved from [htaxibot-international.com](https://www.taxibot-international.com/): <https://www.taxibot-international.com/>
- [10] Vácha, M. (2012). ŘLP ČR, s.p. podporuje zavádění leteckého elektrického pohonného systému WheelTug. *Pilot info*, <http://www.pilotinfo.cz/z-prumyslu/vyroba/rlp-cr-s-p-podporuje-zavadeni-leteckeho-elektrickeho-pohonneho-systemu-wheeltug>.
- [11] WheelTug. (2023, Červenec 14). *Domací stránka*. Retrieved from [wheeltug.com](https://www.wheeltug.com/): <https://www.wheeltug.com/>
- [12] WheelTug PLC (Director). (2017). *WheelTug in 173 Seconds* [Motion Picture].



- [13] IAI (Director). (2011). *TAXIBOT* [Motion Picture].
- [14] aviationbenefits.org. (2023, Červen 25). *TRADITIONALLY, AIRCRAFT TAXI BETWEEN THE TERMINAL AND RUNWAY USING THEIR MAIN ENGINES, REQUIRING SIGNIFICANT FUEL CONSUMPTION. WITH EGTS USE OF THE MAIN ENGINES IS NO LONGER REQUIRED, RESULTING IN SIGNIFICANT REDUCTIONS IN EMISSIONS AND NOISE POLLUTION.* Retrieved from enviro.aero: <https://aviationbenefits.org/case-studies/electric-taxiing-takes-aircraft-efficiency-to-a-new-level/>
- [15] WALKER, S. (2022, Květen 29). *How Green Taxi's Electric System Could Save Airlines Thousands Of Jet Fuel Gallons.* Retrieved from Simple Flying: <https://simpleflying.com/how-green-taxis-electric-system-could-save-airlines-thousands-of-jet-fuel-gallons/>
- [16] Youd, F. (2021, Listopad 2). *The power of electricity: Towing aviation towards a greener future.* Retrieved from Airport Technology: <https://www.airport-technology.com/features/the-power-of-electricity-towing-aviation-towards-a-greener-future/>
- [17] aircrafttowingsystems. (2023, Květen 14). *THE AIRCRAFT TOWING SYSTEMS.* Retrieved from ATC World Wide LLC: <https://aircrafttowingsystems.com/>
- [18] *IATA Ground Operations Manual TOC.* (2014). ISBN 978-92-9252-464-7 2014. International Air Transport Association. All rights reserved. Montreal—Geneva
- [19] REPUBLIKY, M. D. (2022). *LETECKÝ PŘEDPIS L14.* Praha: Úřad pro civilní letectví .
- [20] FINN, W. A. (Director). (2022). *'Aircraft Towing Systems can dramatically improve airport throughput'*.
- [21] Safran (Director). (2018). *Electric taxiing: what are the benefits? | Safran.*
- [22] Fact.mr. (2023, Květen 23). *Global Aircraft Tow Tractors Snapshot.* Retrieved from Fact.mr: <https://www.factmr.com/report/784/aircraft-tow-tractors-market>
- [23] Kalmar Motor AB. (2023, Červenec 4). *TBL 180.* Retrieved from kalmarmotor.com: <https://kalmarmotor.com/en/products/towbarless-tractors/tbl-180/>
- [24] Sky Brary. (2023, Červen 8). *Start-up, Push-back and Taxi.* Retrieved from skybrary.aero: <https://skybrary.aero/start-push-back-and-taxi>





- [25] POR AeroIn. (2021, Listopad 04). *Company proposes aircraft towing system using underground rails*. Retrieved from aviacionline: [https://www.aviacionline.com/2021/11/company-proposes-aircraft-towing-system-using-underground-rails/?utm\\_content=cmp-true](https://www.aviacionline.com/2021/11/company-proposes-aircraft-towing-system-using-underground-rails/?utm_content=cmp-true)
- [26] Coxworth, B. (2021, Srpen 18). *In-ground aircraft towing tech promises fuel savings and less CO2*. Retrieved from New Atlas: <https://newatlas.com/aircraft/aircraft-towing-system/>
- [27] Ground Handling International. (2023, Březen 2). *Domací stranka*. Retrieved from Ground Handling International: <https://www.groundhandlinginternational.com/>
- [28] The Optimist Daily. (2021, Srpen 25). *Automated aircraft towing tech aims to save fuel and cut emissions*. Retrieved from TheOptimistDaily.com: <https://www.optimistdaily.com/2021/08/automated-aircraft-towing-tech-aims-to-save-fuel-and-cut-co2-emissions/>
- [29] Youd, F. (2022, Listopad 2). *The power of electricity: Towing aviation towards a greener future*. Retrieved from Airport Technology: <https://www.airport-technology.com/features/the-power-of-electricity-towing-aviation-towards-a-greener-future/>
- [30] CSA Handling. (2023, Květen 6). *Odbavení letadel Letiště Praha*. Retrieved from CSA Handling: <http://www.czechairlineshandling.com/handlingove-sluzby/odbaveni-letadel>
- [31] SCHOPF. (n.d.). *F59 Multi Tow Tractor TECHNICAL DATA & CONFIGURATION*. [http://www.ugurel-ltd.com/img/urunler/1/doc/1\\_1493197938\\_F59\\_techspec\\_140414\\_en.pdf](http://www.ugurel-ltd.com/img/urunler/1/doc/1_1493197938_F59_techspec_140414_en.pdf).
- [32] Goldhofer. (2023, Srpen 2). *F396 OUR "HEAVYWEIGHT"*. Retrieved from Goldhofer.com: <https://www.goldhofer.com/en/conventional-tractors/f396>
- [33] Goldhofer Airport Technology. (2016, Prosinec 20). *F70 Aircraft Tractor*. Retrieved from Aviation Pros: <https://www.aviationpros.com/gse/pushbacks-tractors-utility-vehicles/product/12289265/goldhofer-aktiengesellschaft-f70-aircraft-tractor>
- [34] *Solutions for Improving Ground Operations Efficiency*. (2019, Listopad 20). Retrieved from All Things On Time Performance: <https://www.allthingsontimeperformance.com/9-solutions-for-improving-ground-operations-efficiency/>



[35] Letiště Praha, a. s. Údaje o společnosti. (2023). Použito s: <https://www.prg.aero/udaie-o-spolecnosti>

[36] *Aeronautical information publication* [online]. Air Navigation Services of Czech Republic, 2021  
Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/ais\\_data/www\\_main\\_control/frm\\_cz\\_aip.htm](https://aim.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm)