



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta dopravní  
Ústav letecké dopravy

**Jozef Michalčín**

**Hodnocení toků cestujících v přednádraží letiště Praha**

**Evaluation of the Passengers Flows at the Curb Side at Prague  
Airport**

**Bakalářská práce**

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Technologie údržby letadel

Vedoucí práce: Ing. Petr Had

Praha 2023



K621.....Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Jozef Michalčín**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – TUL – Technologie údržby letadel**

Název tématu (česky): **Hodnocení toků cestujících v přednádraží letiště  
Praha**

Název tématu (anglicky): Evaluation of the Passengers Flows at the Curb Side at  
Prague Airport

### Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je vytvořit model pohybu cestujících v přednádraží a analyzovat využití vstupních bodů terminálových budov.
- Proved'te analýzu současného stavu konfigurace přednádraží a pohybu cestujících v této zóně.
- Definujte relevantní procesy a jejich prvky.
- Vytvořte model pohybu cestujících.
- Definujte simulační scénáře a proved'te simulace.
- Proved'te analýzu využití vstupních bodů terminálových budov.



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího závěrečné práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Wolfgang Kuhn, Handbook of digital enterprise systems: digital twins, simulation and AI, 2019  
Sinclair Dale, The Lead Designer's Handbook: Managing Design and the Design Team in the Digital Age, 2019  
IATA, Airport Handling Manual

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Had**

Datum zadání bakalářské práce:

**7. října 2022**

(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 Příbyl, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jozef Michalčín  
jméno a podpis studenta

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



## Abstrakt

Letisko Praha je najrušnejším letiskom v Českej republike. S narastajúcim počtom cestujúcich sa zvyšuje dopyt po efektívnom a plynulom pohybe cestujúcich v terminálových budovách letiska a pred nimi. Cieľom práce je zhodnotiť využitie vstupných bodov terminálových budov na tomto letisku. Analýza by mala ukázať ako sú využívané jednotlivé vchody do Terminálu 1 a Terminálu 2. V texte je popísaný postup skúmania, ktorý bol prevedený formou počítačových simulácií. Nástrojom na prevedenie simulácií bol použitý model vytvorený v programe AnyLogic. Práca taktiež teoreticky ilustruje všetky možnosti pohybu po prednádraží Letiska Praha. Simulácia bola prevádzaná pomocou modelu, vytvoreného na základe analýzy súčasného stavu a vstupných dát poskytnutých Letiskom Praha. Prvky a procesy v modeli boli definované vďaka pozorovaniam skúmaného priestoru.

**Kľúčové slová:** letisko, prednádražie, terminál, tok cestujúcich, vstupné body

## Abstract

Prague Airport is the busiest airport in the Czech Republic. As the number of passengers increases, the demand for efficient and smooth passenger movement in and in front of the airport terminal buildings increases. The aim of the work is to evaluate the use of the entry points of the terminal buildings at this airport. The analysis should show how the individual entrances to Terminal 1 and Terminal 2 are used. The text describes the investigation procedure, which was carried out in the form of computer simulations. A model created in the AnyLogic program was used as a tool for performing simulations. The work also theoretically illustrates all the possibilities of movement along the pre-station of Prague Airport. The simulation was carried out using a model created on the basis of an analysis of the current state and input data provided by Prague Airport. The elements and processes in the model were defined thanks to the observations of the studied space.

**Keywords:** airport, curbside, entry points, passenger flow, terminal





## **PodĎakovanie**

Na tomto mieste by som sa rád poĎakoval vĎetkým, ktorí mi poskytli podklady pre vypracovanie bakalárskej práce. Konkrétne Letisku Praha, Kláre Fricovej a Pavlovi Beníškovi. Zvlášť by som sa chcel poĎakovať vedúcemu práce Ing. Petrovi Hadovi, taktiež za odborné rady Ing. Jířimu Voltovi a Ing. Slobodanovi Stojícovi Ph.D. Na záver najmä svojim rodičom a blízkym, ktorí ma podporovali počas celého môjho štúdia.



## Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu s názvom Hodnocení toků cestujících v přednádraží letiště Praha vypracoval samostatne a použil k tomu všetky informačné zdroje a pramene, ktoré uvádzam v zozname priloženom k bakalárskej práci.

Nemám závažný dôvod proti použitiu tohto školského diela v zmysle § 60 Zákona č. 121/2000 Z. z., o právu autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon).

V Prahe dňa 30. novembra 2023

.....  
podpis



## OBSAH

ÚVOD .....	10
<b>1. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU.....</b>	<b>12</b>
1.1 Cesta k súčasnosti.....	12
1.2 Charakteristika súčasného stavu .....	12
1.2.1 Nové letisko – Areál Sever .....	13
1.2.2 Staré letisko – Areál Juh .....	14
1.2.3 Cargo zóna .....	15
1.3 Štatistiky počtu a pôvodu cestujúcich .....	15
1.3.1 Obdobie rokov 2019 - 2022.....	16
1.3.2 Predpoklady vývoja roku 2023 .....	16
1.4 Charakteristika prednádražia .....	17
1.5 Možnosti dopravy na Letisko Praha .....	17
1.5.1 Verejná doprava.....	18
1.5.2 Taxislužby alebo služba zdieľaného cestovania .....	18
1.5.3 Vlastné auto .....	18
1.5.4 Alternatívne spôsoby dopravy .....	19
1.5.5 Plány na zlepšenie dostupnosti letiska .....	19
1.6 Konfigurácia prednádražia Letiska Praha .....	19
1.6.1 Definovanie procesov.....	22
1.6.2 Definovanie prvkov.....	23
1.7 Zhrnutie kapitoly .....	24
<b>2. METÓDY.....</b>	<b>25</b>
2.1 Počítačová simulácia .....	25
2.2 Multiagentná metóda .....	25
2.3 Simulačný nástroj AnyLogic.....	27
2.4 Pozorovanie .....	27
2.5 Floyd – Warshallov algoritmus.....	27
2.6 Zhrnutie kapitoly .....	28
<b>3. DEFINOVANIE ZLOŽIEK PRE MODEL.....</b>	<b>29</b>
3.1 Vymedzenie skúmaného priestoru.....	29
3.2 Výber relevantných procesov a prvkov .....	30
3.2.1 Relevantné procesy .....	31
3.2.2 Relevantné prvky .....	31
3.3 Agenti .....	31
3.4 Pravidlá v modeli .....	32
3.5 Zhrnutie kapitoly .....	32
<b>4. MODEL POHYBU CESTUJÚCICH V PREDNÁDRAŽÍ LETISKA PRAHA.....</b>	<b>34</b>
4.1 Prednádražie v modeli .....	34
4.2 Prostredie modelu pohybu cestujúcich.....	36
4.3 Hodnoty parametrov a rozhodovanie .....	36
4.4 Vzdialenosti rozhodujúcich bodov priestoru .....	37
4.5 Vstupné dáta .....	38



4.6	Stavové diagramy .....	39
4.6.1	Prichádzajúci cestujúci .....	39
4.6.2	Odchádzajúci cestujúci .....	40
4.7	Zhrnutie kapitoly .....	41
<b>5.</b>	<b>DEFINOVANIE SCENÁROV .....</b>	<b>42</b>
5.1	Prevádzkové aspekty letiska .....	42
5.2	Výber časového úseku .....	43
5.3	Simulačné scenáre .....	47
5.3.1	Scenár 1 .....	48
5.3.2	Scenár 2 .....	48
5.4	Zhrnutie kapitoly .....	49
<b>6.</b>	<b>PREVEDENIE SIMULÁCIE .....</b>	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>51</b>
7.1	Scenár 1 .....	51
7.2	Scenár 2 .....	55
7.3	Výsledky pozorovania .....	57
<b>8.</b>	<b>DISKUSIA VÝSLEDKOV .....</b>	<b>59</b>
<b>9.</b>	<b>ZÁVER .....</b>	<b>63</b>
<b>10.</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>65</b>
	<b>Zoznam obrázkov .....</b>	<b>68</b>
	<b>Zoznam tabuliek .....</b>	<b>68</b>





## Zoznam skratiek

AE	Airport Express
DPP	Dopravní podnik Praha
IAD	Individuálna automobilová doprava
IFR	Let podľa prístrojov
K+R	Kiss and Ride
LKPR	Letisko Praha
MHD	Mestská hromadná doprava
VFR	Let za viditeľnosti

# ÚVOD

Spôsoby dopravy sú v dnešnej dobe rôzne. Ľudia či tovar sa každodenne vezú autom alebo vlakom. Ide prevažne len o prepravu na krátke vzdialenosti. Na veľké diaľky sa využívajú hlavne lode a lietadlá. Letecká doprava má však oproti lodnej veľkú výhodu z pohľadu osobnej dopravy, a to časovú efektívnosť. Lietadlom sa dokážu ľudia prepraviť do ďalekých miest za krátky čas v porovnaní s ostatnými spôsobmi dopravy. Postupom času sa stalo cestovanie lietadlom dostupnejšie, bezpečnejšie, komfortnejšie a ešte viac časovo efektívne. Preto sa pre čoraz viac ľudí stáva letecká doprava bežným spôsobom prepravy a cestovania. Okrem zlepšovania samotných lietadiel, sa vyvíjajú aj letiská bez ktorých by letecká doprava nemohla fungovať. Od najjednoduchších letísk v počiatkoch letectva až po dnešné obrovské komplexy stavieb a dráh. Zvyšovanie počtu cestujúcich kladie potrebu nie len na samotné zväčšovanie letísk, ale v neposlednom rade, na ich efektívnu infraštruktúru. Aby sa letecká doprava efektívne využívala, letiská, ktoré prevádzkujú lety do rôznych destinácií, musia splniť určité štandardy a kritériá. Každé letisko, či už medzinárodné alebo vnútroštátne, sa snaží poskytnúť cestujúcim čo najväčší komfort. Je dôležité zabezpečiť, aby kapacita a konfigurácia každého, či už terminálu alebo jeho prednádražia, bola dostatočná na vybavenie neustále narastajúceho počtu cestujúcich.

V roku 2019 dosiahlo Letisko Praha rekordné čísla odbavených pasažierov za kalendárny rok. Od nasledujúceho roka nastal vysoký pokles cestujúcich kvôli bezpečnostným opatreniam spôsobeným pandémiou Covid-19. Aktuálne sa ale letecký svet spamätáva z pandémie a počet cestujúcich znova rastie. V lete 2023 sa očakával minimálne návrat k predcovidovým číslam. S narastajúcim počtom cestujúcich sa zvyšuje dopyt po efektívnom a plynulom pohybe cestujúcich v terminálových budovách letiska a pred nimi.

Cieľom bakalárskej práce je vytvoriť model pohybu cestujúcich v prednádraží Letiska Praha a analyzovať využitie vstupných bodov terminálových. Model bude slúžiť na simuláciu rôznych scenárov a jeho tvorba aj samotný model nám poskytne lepšie pochopenie, aké možnosti presunu majú cestujúci v rôznych častiach prednádražia. Na dosiahnutie cieľa som využil multiagentnú metódu modelovania. Zrealizovaný pomocou multimetódneho simulačného softvéru od spoločnosti The AnyLogic Company AnyLogic. Dôležité je podotknúť, že model nebude možné považovať za nástroj pre simulovanie reálnych situácií. Pôjde o mnou vytvorený teoretický model, ktorý bude mať niekoľko subjektívnych nastavení. Dôvodom je hlavne nedostupnosť dát, potrebných k overeniu správneho nastavenia modelu.

Prvá kapitola analyzuje stav pražského letiska. Snaží sa priblížiť súčasnú situáciu a charakteristiku terminálov a prednádražia letiska. Popisuje štatistické hľadisko, množstvo

cestujúcich a letov. Definuje niekoľko dôležitých pojmov, s ktorými sa bude ďalej pracovať a tiež vysvetľuje možné spôsoby, ako sa cestujúci môžu dopraviť na letisko, možnosti parkovania a pohybu po prednádraží letiska Praha.

V druhej kapitole je popísaná charakteristika metódy využitej pri simulovaní. Sú tu vysvetlené jej možnosti, výhody a dôvody vedúce k výberu. Ďalej sú popísané prostriedky k prevedeniu simulácie a využitiu spomínanej metódy simulácie.

Tretia kapitola má za úlohu predstaviť postup pri tvorbe modelu. Začína definovaním zložiek potrebné k vytvoreniu modelu. Pokračuje vymedzením skúmaného priestoru. Následne pokračuje analýzou definovaného priestoru, to znamená vypísaním relevantných prvkov a procesov.

Základom štvrtej kapitoly je samotný model. Model slúži ako nástroj pre prevedenie simulácie, respektíve na hodnotenie toku cestujúcich a analýzu využitia vstupných bodov. Text popisuje fungovanie a princípy modelu.

V piatej kapitole sa čitateľ dozvie niečo o prevádzkových aspektoch letiska. Na základe nich následne prebehne výber časového úseku pre scenáre a simulácie. Na záver sú presne vysvetlené definované scenáre.

Kapitoly 6, 7 a 8 sa zaoberajú simuláciami, prezentovaním výsledkov a na záver diskusiou výsledkov.

# 1. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

## 1.1 Cesta k súčasnosti

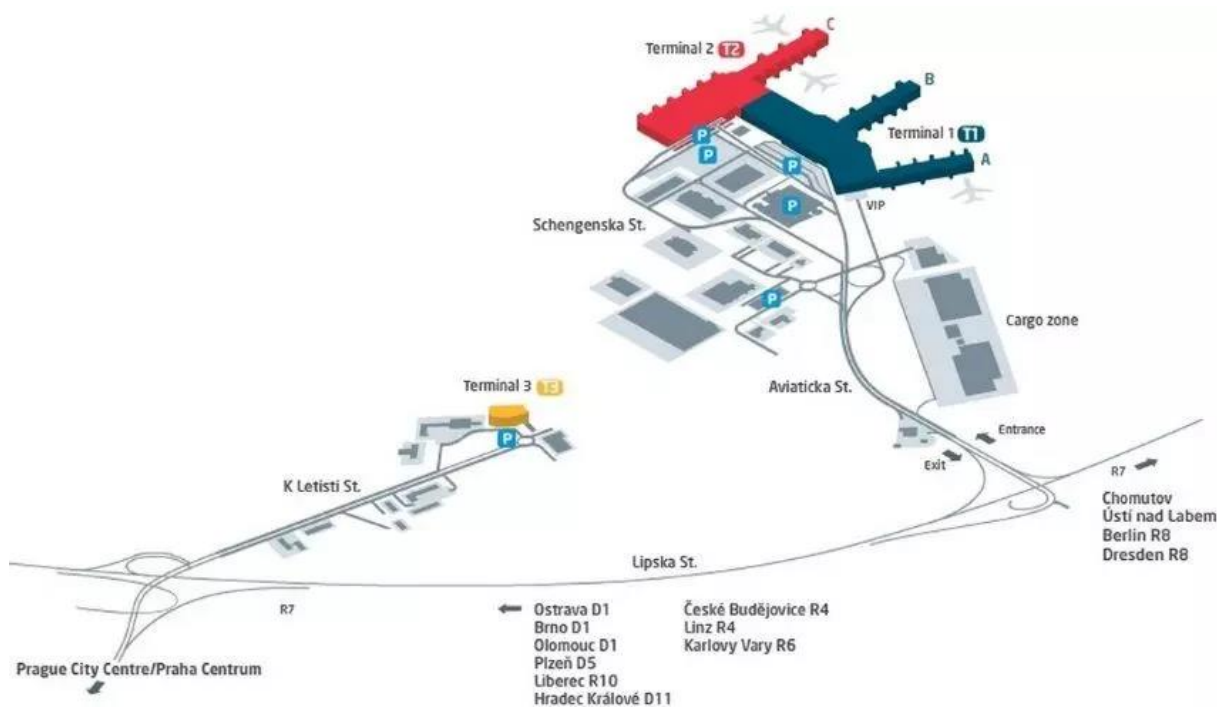
Letisko Ruzyně bolo vybudované v 30. rokoch dvadsiateho storočia, konkrétne bola výstavba ukončená v roku 1937. "Staré letisko" bolo vybudované ako náhrada za dovtedajšie hlavné pražské letisko Kbely. Ihneď po dokončení bolo označované ako jedno z najlepších v Európe a jeho moderné prvky sa stali inšpiráciou pri budovaní ďalších novovznikajúcich európskych letísk. V roku 1946 bola realizovaná nová dráha a celková modernizácia letiska [1].

Šesťdesiate roky priniesli vývoj prúdových strojov, čím letecká doprava zaznamenala veľký rozmach. Letisko Praha na to zareagovalo výstavbou nového terminálu Sever, dnešný Terminál 1. Otvorený bol v roku 1968 spolu s rozšírením a predĺžením dráh. Na začiatku 90. rokov, po páde železnej opony, opäť došlo k zvýšenému záujmu o leteckú dopravu a nárastu osobných i cargo letov. V roku 1997 vznikol terminál Juh (dnes Terminál 3), ktorý odbavoval prevažne súkromné lety. O rok neskôr bol do prevádzky uvedený moderný cargo terminál, rozmrazovacie státie a zmodernizovaná bola tiež letisková veža. V roku 2002 bolo na letisku otvorené vtedajšie najväčšie parkovisko v strednej Európe, Parking C. Rok 2005 priniesol míľnik 10 miliónov odbavených cestujúcich. Letisko preto potrebovalo zvýšenie kapacity na zvládnutie zvyšujúceho sa dopytu po leteckej doprave a teda v rovnakom roku bol otvorený Terminál 2. Od roku 2014 nesie letisko v Prahe Ruzyni názov Letisko Václava Havla Praha [1].

## 1.2 Charakteristika súčasného stavu

Letisko Praha, známe aj ako Letisko Václava Havla Praha, je aktuálne jedným z hlavných medzinárodných letísk v strednej Európe a najväčším v Českej republike. Nachádza sa približne 10 km na severozápad od centra Prahy, hlavného mesta Českej republiky. Letisko je kľúčovým uzlom pre leteckú dopravu v regióne, kde sa uskutočňuje široká škála letov do rôznych destinácií po celom svete. Súčasnú Letisko Praha je moderným letiskovým komplexom s vysokou úrovňou infraštruktúry a služieb pre cestujúcich. Vybavené je pre VFR aj IFR lety. Je plne koordinované v rámci EUROCONTROLU pre pridelovanie slotov [2]. V súčasnosti, ako je možné vidieť na obrázku 2, je letisko rozdelené na tri časti podľa typu dopravy:

1. Nové letisko – Areál Sever
2. Staré letisko – Areál Juh
3. Cargo zóna [4].



Obr. 1: Plán Letiska Praha z roku 2022 [6]

### 1.2.1 Nové letisko – Areál Sever

Prvá časť, Nové letisko, označované tiež ako Areál Sever slúži na osobnú dopravu. Nachádza sa tu Terminál 1 a Terminál 2. Oblasť je zasadená v uliciach Aviatická a Schengenská. Terminál 1 slúži na lety mimo Schengenského priestoru a novší, Terminál 2, slúži na lety v rámci Schengenu [3]. Tieto moderné a dobre vybavené zariadenia zabezpečujú pohodlné a efektívne odbavenie cestujúcich, zároveň poskytujú možnosti na strávenie času do odletu. Budovy sú vybavené reštauráciami, kaviarňami, VIP salónikmi, zmenárňami, bezplatnou Wi-Fi a mnohým ďalšími vymoženosťami. Pred terminálovými budovami môžeme nájsť príjazdovú cestu, sieť pozemných parkovísk ale aj veľkých parkovacích domov, zastávky MHD či stanovišťa taxi. Konkrétne sa týmto objektom budem zaoberať v jednej z ďalších podkapitol. V oblasti sa taktiež vyskytuje niekoľko administratívnych budov letiska alebo spoločností ktoré majú na letisku svoje prevádzky. Jednotlivé časti terminálu sú viditeľné na obrázku 2. Tento areál LKPR bude v ďalších častiach práce podrobený detailnejšiemu popisu a analýze [4].



Obr. 2: Nové letisko – Areál Sever [5]

### 1.2.2 Staré letisko – Areál Juh

Staré letisko, známe ako Areál Juh tvoria dve budovy - Terminál 3 a Terminál 4. Terminál 3 slúži na odbavenie súkromných letov. Terminál 4 je v správe ministerstva obrany Českej Republiky a využíva sa pre štátne lety, prílety a odlety politikov a diplomatov. V oblasti starého letiska sa nachádzajú aj hotely, domy a veľký obchodný dom Šestka. Sídlia tu taktiež inštitúcie Úrad civilního letectví a Střední odborná škola civilního letectví. Súčasťou je aj niekoľko hangárových budov. Svoje dielne tu má už spomínaná stredná škola alebo údržba letiskovej techniky. Väčšie hangáre na ľahkú či ťažkú údržbu lietadiel, využívajú spoločnosti Smartwings a. s. a ABS Jets a. s. Hangár F, ktorý je najväčším na letisku, má v prevádzke spoločnosť Czech Airline Technics a. s. Objekty sú rozpoznateľné na obrázku 3 [4].





Obr. 3: Staré letisko – Areál Juh [5]

### 1.2.3 Cargo zóna

Poslednú časť tvoria tri cargo terminály. Umiestnené sú severovýchodne od nového letiska. Základne tu majú spoločnosti Menzies Aviation, Skyport – Cargo 1 a Enes Cargo, ktorá nahradila nedávno skrachovanú spoločnosť Gastro – Hroch, poskytovateľa pozemného aj leteckého cateringu [4].

## 1.3 Štatistiky počtu a pôvodu cestujúcich

Letisko Václava Havla v Prahe, ako najväčšie v Českej Republike, využíva množstvo leteckých spoločností, čo umožňuje širokú sieť letov a dostupnosť rôznych destinácií pre cestujúcich. V roku 2023 je to 67 dopravcov z celého sveta. Letisko je obľúbené medzi najmä nízkonákladovými spoločnosťami, ktoré prevádzkujú prípojné lety na väčšie európske letiská alebo samostatné na menšie vzdialenosti do najviac obľúbených destinácií. Letisko Praha je prepojené prakticky s každým väčším mestom v Európe. Najčastejšie je možné vidieť lietadlá vo farbách spoločností Smartwings, Ryanair či Wizzair. Možné je tu nájsť aj lietadlá od Delta Airlines, Emirates či Lufthansy. Tieto spoločnosti, a niekoľko ďalších, prevádzkujú aj interkontinentálne lety, na ktoré sú nasadené širokotrupé lietadlá. Vďaka nim má Praha priame spojenie s východom Ázie, mestami na Blízkom východe či New Yorkom. Celkovo sa dá z Prahy doletieť do 157 destinácií [7].

### **1.3.1 Obdobie rokov 2019 - 2022**

V roku 2019 dosiahlo Letisko Praha svoj vrchol, keď jeho služby využilo pri cestovaní 17,8 milióna ľudí. Rok 2020 však priniesol rapídny pokles z dôvodu pandémie Covid-19. V súčasnosti sa letecká doprava pomaly zotavuje z cestovných obmedzení. Potvrdzujú to aj čísla Letiska Václava Havla Praha za rok 2021. V porovnaní s rokom 2020 sa počet cestujúcich v roku 2021 zvýšil takmer o 20 % a pohyby lietadiel sa zvýšili o 13 %. Najrušnejšie dni z pochopiteľných dôvodov nastávajú v letných mesiacoch. Najviac cestujúcich z Prahy smeruje do Španielska, Grécka a Talianska, pričom z konkrétnych miest smerujú priame lety najčastejšie do Amsterdamu, Paríža a Londýna. Rok 2021 sem priviedol 4 388 826 cestujúcich, čo predstavuje 20 % nárast oproti roku 2020, no stále je to pokles o približne 75 % v porovnaní s rokom 2019. Pri niektorých dovolenkových destináciách zaznamenali nárast cestujúcich až o stovky percent [8]. Nárast počtu spojení a dopravcov znamenal medziročné zvýšenie počtu pohybov lietadiel o 13 percent na 61 164. Počet odbavených pasažierov v roku 2022 prekonal ich pôvodné očakávania, čo urýchlilo návrat spoločnosti k ziskovosti po náročných rokoch ovplyvnených covidom-19. Letecká doprava v Prahe ešte nedosiahla predpandemickú úroveň kvôli nedostatku cestujúcich z Ruska, Ukrajiny, Ázie a zníženiu prevádzky českých leteckých spoločností. V ostatných segmentoch však bolo zaznamenané rýchle obnovenie výkonov na úrovne pred pandémiou. V roku 2022 bolo odbavených 10 734 880 cestujúcich, čo predstavuje nárast o 145 % oproti predchádzajúcemu roku. Napriek tomu počet cestujúcich zostáva o 40 % nižší ako v najúspešnejšom roku 2019. Počet cestujúcich však prekročil očakávania o 2 milióny, vďaka rýchlemu zrušeniu opatrení proti koronavírusu, čo malo pozitívnejší dopad než následky konfliktu na Ukrajine [9].

### **1.3.2 Predpoklady vývoja roku 2023**

V roku 2022 pribudlo na letisku jedenásť nových dopravcov a pridali sa spojenia do šestnástich nových destinácií, vrátane obnoveného diaľkového letu do Spojených štátov amerických, ktorý zabezpečuje dopravca Delta Airlines na letisko J. F. Kennedy v New Yorku. Na základe najnovších informácií od leteckých dopravcov a vývoja leteckej prevádzky od Asociácie letísk ACI bol zostavený plán s predpokladom odbavenia 12,7 milióna cestujúcich. V súčasnosti však možno pozorovať mierne nižšie čísla kvôli obmedzeniam kapacít niektorých dopravcov. Napriek tomu sa očakáva silná letná sezóna, ktorá by mohla kompenzovať slabšie čísla zo začiatku roka. Je dôležité zdôrazniť, že napriek zníženej miere neistoty voči predchádzajúcim rokom stále existujú riziká, najmä v súvislosti s možnými dopadmi zhoršujúcej sa ekonomickej situácie a prípadným opätovným obmedzením cestovania v prípade vypuknutia ďalšej vlny pandémie alebo eskalácie konfliktu na Ukrajine [9].

## 1.4 Charakteristika prednádražia

Hlavnou funkciou letiskového terminálu je sprostredkovať prepravu cestujúcich a tovaru medzi pozemnými a vzdušnými dopravnými prostriedkami. Letisko vo svojej podstate sprostredkúva zmenu typu prepravy. Buďto z leteckej na pozemnú alebo opačne z pozemnej na leteckú. Konkrétne možnosti pozemnej dopravy, ktoré je možné využívať na Letisku Praha si rozoberieme v nasledujúcej podkapitole. K tomuto presunu medzi pozemnou a vzdušnou dopravou dochádza v prednádraží a letiskových bránach. Budova terminálu teda slúži skôr na realizáciu procesov potrebných k tranzitu medzi týmito dvoma miestami. Prednádražie môžeme označiť ako zariadenie, ktoré poskytuje cestujúcim prichádzajúcim na letisko prístup k leteckej doprave a celkovo dostupnosť samotného letiska aj necestujúcim. Naopak, cestujúcim a ľuďom, či už pracovníkom letiska alebo len napríklad leteckým nadšencom, odchádzajúcim z letiska prístup k rôznym iným typom dopravy. To môže zahŕňať autobusy, metro, vlaky, taxislužby, vlastné automobily ale aj požičovne áut a iné dopravné služby. Nachádzajú sa tu preto prvky potrebné pre prístup k týmto variantom dopravy, ako sú príjazdové cesty na letisko, zastávky autobusov, vlakové nádražia či stanica metra. Neoddeliteľnou súčasťou sú aj parkoviská, ktorým sa budem konkrétnejšie venovať v nasledujúcej kapitole. Prednádražie sa zvyčajne nachádza pred terminálom letiska alebo v jeho blízkosti a malo by byť navrhnuté tak, aby umožnilo čo najefektívnejší a najpohodľnejší presun cestujúcich na letisko alebo z letiska do ich ďalšej destinácie. Malo by sa v ňom dať jednoducho orientovať a nájsť tam všetky potrebné informácie potrebné pre pohyb v tomto priestore [10].

## 1.5 Možnosti dopravy na Letisko Praha

Po definovaní prednádražia a je dôležité zhrnúť si možnosti dopravy na letisko. V súčasnej dobe existuje viacero spôsobov ako sa cestujúci môže dopraviť do prednádražia letiska, ktoré vždy závisia od dostupnosti infraštruktúry v danom meste alebo lokalite:

1. verejná doprava – v mnohých väčších mestách existujú vlaky, autobusy alebo metro, ktoré smerujú k letisku [11];
2. taxi alebo služba zdieľaného cestovania. Zdieľané cestovanie ponúka svoje platformy najčastejšie cez aplikácie. Zahŕňa spolujazdu, alebo je alternatívou taxislužby [12];
3. vlastné auto alebo prenajaté auto. Ide o bežný spôsob prepravy na letisko, ktorý generuje potrebu auto parkovať v areáli letiska alebo jeho blízkom okolí [13];
4. alternatívna doprava [14] [15].

### 1.5.1 Verejná doprava

V mnohých väčších mestách fungujú prostriedky verejnej dopravy, ktoré smerujú priamo k letisku. Výnimkou nie je ani mesto Praha, kde je možnosť využiť služby DPP, ktorý prevádzkuje štyri pravidelné linky na prepojenie letiska s mestom Praha. Jedná sa o linky 191, 119 a 100. Autobus číslo 191 premáva na trase letisko - Petřiny - Anděl. Linka 119 prepája letisko s Nádražím Veleslavín, odkiaľ je možné prestúpiť na ďalšie autobusové linky, vlak aj metro a linka 100 dostane cestujúcich na Zličín. Štvrtou je špeciálna linka tzv. „Airport Express“ ktorá priamo prepája letisko s hlavnou vlakovou stanicou a trasu absolvuje bez zastávok. V noci sú k dispozícii dva spoje 910 a 907. Linka 910 je komplexný nočný spoj, ktorý obíde prakticky celú Prahu. Autobusy s číslom 907 jazdia po trase letisko - Hlavní nádraží. [11]

### 1.5.2 Taxislužby alebo služba zdieľaného cestovania

Dôležitou súčasťou sú taxi služby, ktoré, ako je zvykom na väčšine svetových letísk, majú svoj priestor aj na letisku v Prahe. Zmluvná taxislužba Uber je cestujúcim k dispozícii nonstop. Kiosky a prepážky spoločnosti Uber sú umiestené v priletových halách Terminálu 1 aj 2. Nástupné miesta sú pred nimi patrične vyznačené. K modernejším alternatívam taxislužieb patrí aj spoločnosť Bolt, ktorá prevádzkuje platformy na zdieľanú prepravu osôb. Cestujúci si vie pomocou aplikácie v smartfóne zavolať odvoz a dopraviť sa do svojej destinácie podobne ako štandardnou taxislužbou [12].

### 1.5.3 Vlastné auto

Veľa cestujúcich sa rado dopraví na letisko vlastným autom. Možnosťou je využitie expresného parkovania, ideálneho pre všetkých, ktorí privádzajú cestujúcich na letisko alebo ich plánujú vyzdvihnúť bez zdržania. Pre tých, ktorí privádzajú svojich blízkych a radi by ich odprevadili k odletu, alebo naopak privítali v priletovej hale, je ideálnym riešením krátkodobé parkovanie. Posledná varianta slúži na dlhodobé parkovanie, ktoré je možné využiť na niekoľko dní až týždňov. Celkovo sa na Letisku Praha nachádza 10 parkovísk rozdelených na:

- Premium
- Economy
- Smart
- Holiday
- Express

a s ďalším identifikačným označením PX (X = A, B, C, 1, 2) [13].

Na dlhodobé parkovanie sú určené parkovacie domy PC Premium Valet, PD Holiday s prístupom k oboj terminálom na Letisku Sever a PA Comfort pri Termináli 2. Nekryté parkoviská PA Smart a PB Economy takisto pokrývajú priestor pri Termináli 2.

Poslednou možnosťou je PC Premium nekryté parkovisko s extra veľkými parkovacími miestami pri oboch termináloch. PB Economy a PA Comfort majú v rámci svojej kapacity vyčlenený priestor aj pre krátkodobé parkovanie [13].

Na naloženie a vyloženie slúžia parkoviská Express P1 a P2 očíslované podľa terminálu, pred akým sa nachádzajú. P2 Express svojou polohou a možnosťami ponúka aj takzvané Kiss and Ride vysadenie cestujúcich rovno pred budovou. Parkoviská Express sú zdarma na 15 minút a preto sú ideálne ako alternatíve pre krátke zastavenie na vysadenie pasažiera a vyloženie batožiny. Parkoviská ponúkajú aj možnosť nabitia elektrického vozidla [13].

#### **1.5.4 Alternatívne spôsoby dopravy**

Okrem vyššie spomenutých typických spôsobov prichádzajú alebo odchádzajú cestujúci na letisko aj napríklad súkromnými autobusmi. Ide hlavne o organizované zájazdy v súvislosti s charterovými letmi. Okrem iného existuje na Letisku Praha aj možnosť vypožičania si auta priamo v areáli [14]. Spomenúť sa oplatí aj linka diaľkového autobusu spoločnosti RegioJet, ktorá ju prevádzkuje na trasách z okolitých miest [15].

#### **1.5.5 Plány na zlepšenie dostupnosti letiska**

Absencia metra či vlakového spojenia je čiastočným nedostatkom Letiska Praha. V snahe zlepšiť a rozšíriť verejnú dopravu v Prahe bola schválená a naplánovaná výstavba trolejbusovej trasy, ktorá povedie na Letisko Praha. Ide o elektrifikáciu linky 119. Táto nová trasa by mala umožniť pohodlnú a ekologicky prijateľnú prepravu cestujúcich z rôznych častí mesta priamo na letisko. Projekt by mal zvýšiť dostupnosť letiska pre obyvateľov mesta aj návštevníkov, a tým prispieť k odľahčeniu premávky na cestách. Výstavba začala 14. februára 2023. Prvý trolejbus by mal na cestu vyraziť začiatkom roka 2024 [16]. V rámci modernizácie vlakovej trate medzi Prahou a Kladnom by na nej malo pribudnúť 6 zastávok. Jednou z nich bude aj Letisko Václava Havla. Vytvorí sa tým vlakové spojenie medzi Prahou, Kladnom a letiskom [17].

### **1.6 Konfigurácia prednádražia Letiska Praha**

Po tom čom som v podkapitole 1.4 charakterizoval prednádražie vo všeobecnosti, uvádzam konkrétny popis prednádražia Letiska Praha. Pre zjednodušenie popisu rozdelím prednádražie

na dve časti. Prvá sa rozprestiera pred a prilieha k Terminálu 1 a druhá zase k Terminálu 2. Obe časti sú v určitých bodoch prepojené a niekoľko úsekov majú spoločných.

Vypísaním spôsobov dopravy na Letisko Praha som vysvetlil ako je možné sa do prednádražia dopraviť. V nadväznosti vykreslím miesta kde cestujúci opúšťajú pozemné dopravné prostriedky. V prípade verejnej dopravy to sú zastávky autobusov. Pred Terminálom 1 sa nachádza zastávka s názvom Terminál 1. Skladá sa zo štyroch bodov. Všetky štyri sú v jednej rovine hneď za sebou. Prvé je nástupište C, kde všetky linky vysadzujú svojich cestujúcich. Číslo liniek a ich trasy sú popísané v podkapitole 1.5. Nasleduje nástupište D. Tu sa už naopak cestujúcich naberajú menej frekventované linky 100 a 191. Na nástupišti E je možné nastúpiť do autobusov s označením 119. E slúži aj pre nástup do nočných spojov. Na konci sa nachádza nástupište G. Z neho sa cestujúci dokážu dopraviť na pražské Hlavní nádraží, keďže je určené pre AE. Pred parkovacím domom v ktorom sa nachádzajú parkoviská Premium a Comfort je zastávka pre autobusy spoločnosti RegioJet. Celá plocha je prepletená sieťou chodníkov a ciest. Súčasná podoba prednádražia pred Terminálom je na obrázku 4. Cesta najbližšie k terminálovej budove je určená pre taxislužby a nachádza sa na nej menšie parkovisko pre zamestnancov letiska. Od ďalšej cesty ju oddeľuje chodník so zastávkou. Ďalšia cesta je preto určená pre autobusy MHD. Nasleduje územie parkoviska P1 Express a najvzdialenejšia cesta, ktorej účelom je prejazd rovno k Terminálu 2. Na budove terminálu sa nachádza 12 vstupných bodov. Označené od A po K, navyše s bodom B2. Okrem bodov C a G až K sa zvyšné skladajú z dvoch dverí. Tie fungujú na senzory, teda otvárajú sa automaticky po priblížení sa k nim.

Časť prednádražia pred Terminálom 2 je členená na dve výškové úrovne. Voči Terminálu 1 je táto časť orientovaná kolmo. V spodnej časti sa nachádza zastávka s názvom Terminál 2. Zložená je z troch nástupíšť. Na poslednom vystupujú cestujúci zo všetkých liniek. V strede je možné nájsť nástupište B, kde začínajú trasy linky 100, 191 a nočné spoje. Nástupište A je určené pre nástup na linku 119. Rovnako tu majú svoje stanovišťa taxislužby. Spodná časť je s hornou vo vonkajšom prostredí prepojená jedným eskalátorom. Na hornom poschodí je parkovisko P2 Express. Na hornú časť je napojený nadjazd, ktorý začína na vjazde do prednádražia. Vstupné body do budovy sú ako dole, tak aj hore. V dolnej časti ich je 5, A až E. Hore sa nachádza o jeden bod navyše (bod F). Body A, E a F hore a B dole tvoria len jedny dvere, zvyšné sú zložené z dvoch. Fungujú automaticky, rovnako ako na budove Terminálu 1.





Obr. 4 Súčasná podoba prednádražia pred Terminálom 1 [28]

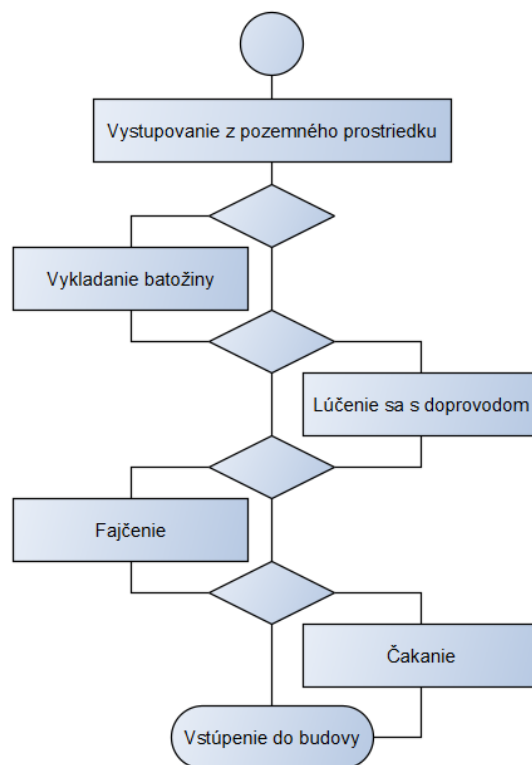
Prechodov medzi týmito dvoma časťami je viacero. Jednou z možností je prejsť po chodníku popri budove alebo využiť sieť chodníkov. Za spoločné považujem parkoviská iné od parkovísk Express. Niektoré sa síce nachádzajú bližšie k jednému z terminálov ako k druhému, avšak ich využívanie nie je nutne spojené s najbližším terminálom. V priestore je umiestnená aj budova ĽLP spolu s menším parkoviskom pre pracovníkov. Vedľa najväčšieho parkovacieho domu je taktiež menšie parkovisko pre zamestnancov a budova pasáže Europort. Plochy vyhradené pre fajčiarov sa nachádzajú vedľa každého vstupného bodu na oboch termináloch.



Obr. 5 Priestor pred Terminálom 2 [29]

### 1.6.1 Definovanie procesov

Kedže som ako primárnu funkciu prednádražia definoval prechod cestujúcich z pozemnej dopravy do budovy terminálu, prvým a evidentným procesom presun človeka od pozemného dopravného prostriedku do budovy terminálu. Tento proces je nevyhnutný a absolvuje ho každý cestujúci. To isté platí aj opačne, presun z budovy terminálu k pozemnému dopravnému prostriedku. Ak sa na proces presunu pozriem komplexnejšie, zistím že sa môže skladať z viacerých procesov. Na obrázku 5 sú v podobe stavového diagramu vyobrazené presun ako súbor možných procesov.

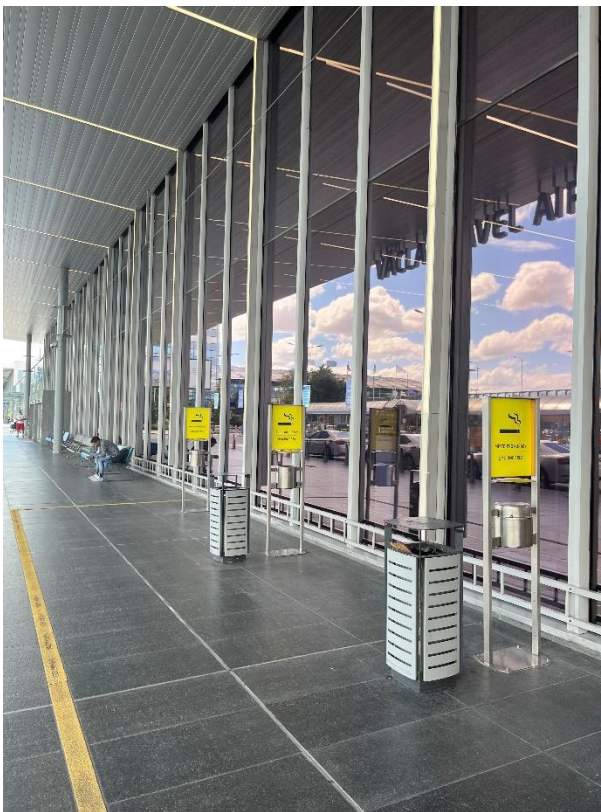


Pasažier môže absolvovať po vystúpení z pozemného dopravného prostriedku len samotný presun, alebo aj množstvo ďalších procesov. Všetko závisí od okolností, situácie či charakteristiky cestujúceho. Pri príchode autom sa môže stať že cestujúci si z neho bude vykladať batožinu. Ak ho priviezol známy, môže sa s ním ešte rozlúčiť. Časť populácie tvoria fajčiari, preto môže byť súčasťou aj presunu aj zastávka na cigaretu alebo cestujúci sa môže jednoducho rozhodnúť skrátiť si čas do odletu vo vonkajšom prostredí. Na záver každý cestujúci vstúpi do budovy. Pri odchode z letiska by stavový diagram vyzeral veľmi podobne. Cestujúci musí absolvovať presun z budovy k miestu nastúpenia do pozemného dopravného prostriedku a počas presunu sa môže zdržať viacerými procesmi, ako je nakladanie batožiny do auta alebo čakanie na autobus

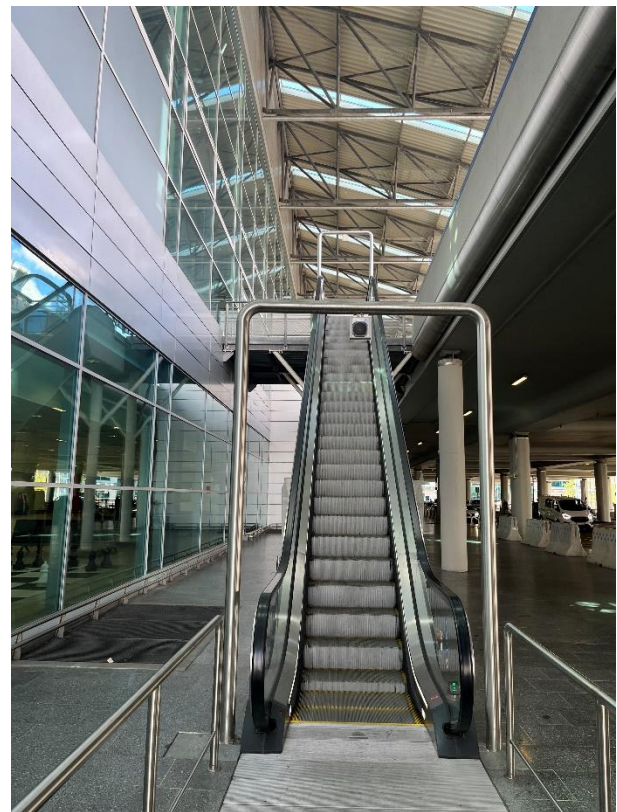


## 1.6.2 Definovanie prvkov

Ako vyplýva z charakteristiky, prednádražie letiska tvorí dôležitú časť letiskovej infraštruktúry, ktorá slúži na organizáciu a zabezpečenie presunu cestujúcich a batožiny pred odletom alebo po príchode. Nachádzajú sa tu preto prvky potrebné pre bezproblémové uskutočnenie procesov. Ako základné prvky sa preto ponúkajú miesta kde cestujúci vystupujú a nastupujú z pozemných dopravných prostriedkov (parkoviská, zastávky a stanovištia taxi) a následne vstupné body do terminálových budov. Prvky zabezpečujúce pohyb medzi bodmi vstupu a výstupu z priestoru, sú chodníky a prechody pre chodcov cez cestu. Časť prednádražia pred Terminálom 2 je koncipovaná do dvoch podlaží a preto je tu umiestnený eskalátor. Tento prvok umožňuje cestujúcim prekonať výškový rozdiel a dostať sa na horné podlažie, ktoré je určené na odlety. V prednádraží Letiska Praha môžeme nájsť aj prvky na uskutočnenie ďalších procesov. Lavičky či zóny pre fajčiarov sa nachádzajú pri všetkých vstupných bodoch na Terminály 1 a 2. Ich presný vzhľad je možné vidieť na obrázkoch 6 a 7. Na letiskách po celom svete sa rozhodne nájdu aj iné prvky. Všetko záleží od potrieb letiska a jeho konečnej konfigurácie. Ako doplnkové prvky, ktoré sa dajú nájsť aj v prednádraží Letiska Praha, sú informačné a smerové značenia. Tie tiež prispievajú k hladkému priebehu procesov. Na záver ešte musím spomenúť dôležité prvky, a to vstupné body do terminálových budov. Ich množstvo a označenia som popísal v podkapitole 1.6.



Obr. 7 Fajčiarska zóna [vlastný zdroj]



Obr. 8 Exterierový eskalátor [vlastný zdroj]

## 1.7 Zhrnutie kapitoly

Cieľom prvej kapitoly bakalárskej práce je načrtnúť teoretické východiská pre následný popis modelu toku cestujúcich po letištnom prednádraží a vytvorenie simulácie rôznych scenárov pre lepšie pochopenie hromadných presunov cestujúcich v prednádraží letiska. Kapitola začína podrobnejšou charakteristikou letiska. V úvode sa venujem základným informáciám z histórie pražského letiska.

V ďalšej podkapitole sú popísané jednotlivé časti letiska – terminály 1 - 4, Areál Sever, Areál Juh a cargo terminály, vrátane uvedenia aktuálneho využívania jednotlivých objektov v areáli (stredná škola, dielne, hangáre, úrad a podobne). Stručne sú uvedené možnosti, ktoré letisko poskytuje pre cestujúcich. Zároveň uvádzam štatistické údaje týkajúce sa počtu prepravených cestujúcich a pôvodu cestujúcich prechádzajúcich letiskom Praha.

Podkapitola 1.3 sa venuje podrobnejšej charakteristike prednádražia – všeobecne, aj konkrétne, v prípade pražského letiska.

Posledná časť kapitoly – východisko pre ďalšie skúmanie, je zameraná na popis možností prepravy na letisko. Uvádzam všeobecne existujúce možnosti a následne možnosti, ktoré sú využiteľné v prípade Letiska Václava Havla.

Súčasťou kapitoly sú snímky areálu letiska a jednotlivých terminálov a tiež zhrnutie štatistických údajov o cestujúcich.

Dôležitou súčasťou kapitoly je definovanie procesov a prvkov. Na začiatok som sa zamerlal na všetky možné procesy a prvky, z ktorých neskôr pri tvorbe modelu vyberiem tie relevantné. Ich definovanie vzišlo z analýzy súčasnej konfigurácie.

## 2. METÓDY

Pri svojej práci, na dosiahnutie jej cieľov a dopracovaní sa k výsledkom, využijem niekoľko metód – pozorovanie, multiagentné modelovanie a počítačovú simuláciu. V kapitole budem argumentovať výber daných metód. Spomenuté výhody môžu byť zároveň považované aj za dôvody výberu. Jednou z hlavných príčin je pri všetkých výberoch ich dostupnosť.

### 2.1 Počítačová simulácia

Pre využitie počítačovej simulácie je niekoľko dôvodov. Sú to najmä jej nespochybniteľné výhody v porovnaní s fyzickým meraním v teréne. Jednou z najväčších výhod použitia simulácií je ich flexibilita a opakovateľnosť. Môžem rýchlo meniť parametre, podmienky a predpoklady, čo mi umožňuje skúmať rôzne scenáre a hľadať optimálne riešenia. Vďaka tomu sa rýchlo dostávam k relevantným výsledkom a nemusím tráviť dlhý čas na opakované pokusy v reálnom svete. Pozitívom je aj jednoduchšia práca s veľkým množstvom dát. Dáta získané zo simulácie, respektíve výsledky netreba prevádzať do digitálnej podoby. Vďaka tomu poskytuje prehľadnejšie následné hodnotenie a analyzovanie výsledkov. Programy často ponúkajú vykreslenie výsledkov aj graficky, či v tabuľkách. Benefitom počítačových simulácií je aj komfort alebo odolnosť voči vonkajším vplyvom ako je napríklad počasie a zamedzenie bezpečnostných rizík spojených s pohybom sa v teréne. Pre správne využitie všetkých výhod je dôležitý výber správnej modelovacej metódy na prevedenie simulácie [18].

### 2.2 Multiagentná metóda

Na simuláciu toku cestujúcich v prednádraží Letiska Praha som využil multiagentnú metódu. Multiagentné modelovanie je prístup v informatike, ktorý sa zaoberá skúmaním interakcie a správania sa viacerých autonómnych agentov v rôznych situáciách alebo prostrediach. Uplatňuje sa v rôznych oblastiach, pričom cieľom je skúmať a analyzovať vzájomné vzťahy, efektivitu a dôsledky interakcie medzi agentmi a ich prostredím. Existujú rôzne prístupy k multiagentnému modelovaniu, napríklad:

- kooperatívne – agenti pracujú spoločne na dosiahnutí spoločných cieľov a maximalizácii kolektívnych úspechov,
- konkurenčné – agenti sú v konkurenčných vzťahoch a snažia sa dosiahnuť individuálne ciele,
- kombinované – kombinuje kooperatívne a konkurenčné prvky, kde agenti v istých situáciách spolupracujú a v istých súperia,

- simulačné – použitie simulačných prostredí na testovanie a analýzu interakcie medzi agentmi [19].

Multiagentné modelovanie prináša do štúdia zložitých systémov a problémov nové pohľady a umožňuje lepšie pochopiť a optimalizovať vzťahy medzi autonómnymi agentmi. Je užitočné aj pri návrhu a testovaní inteligentných systémov, ktoré majú spolupracovať s ľuďmi alebo s inými strojovými entitami v rôznych prostrediach.

Primárnou motiváciou využitia tejto metódy bolo niekoľko faktorov. Multiagentné modelovanie v prvom rade umožňuje modelovať zložitejšie systémy. Každý agent môže mať vlastný súbor pravidiel, cieľov a rozhodovacích procesov, čo prispieva k lepšiemu zobrazeniu dynamiky a interakcií vo vnútornom systéme. Ďalším dôležitým faktorom je poskytnutie platformy pre rôzne experimenty a realizovanie rozličných scenárov. Je možné nastavovať a meniť parametre, pravidlá a charakteristiky ktoré ovplyvňujú správanie agentov a konečné výsledky. To poskytuje hlavne možnosť skúmania scenárov “čo keby”. V skratke by sa dalo povedať, že táto metóda má štyri základné rysy:

1. každý agent má nekompletnú informáciu alebo schopnosť pre riešenie problému a disponuje limitovaným uhlom pohľadu
2. neexistuje globálne riadenie systému
3. dáta sú decentralizované
4. výpočty sú uskutočňované asynchrónne [19].

Základnými prvkami každej multiagentnej simulácie sú agenti a prostredie, v ktorom sa nachádzajú. Agenti fungujú ako autonómne systémy. Vzťahy medzi nimi môžu vznikáť a zanikať podľa aktuálneho nastavenia a situácie. Ich hlavnými vlastnosťami sú autonómnosť, reaktivita, intencionalita a schopnosť sociálneho správania. Vždy sa nachádzajú v určitom okamžitom stave, nazývanom tiež lokálny stav, ktorý obsahuje všetky potrebné informácie. Agentov možno rozdeliť na:

1. biologickí agenti - ľudia
2. technickí agenti – roboti
3. programoví agenti – softboti (počítačové hry, umelé entity,...) [20].

Pre potreby mojej práce som využil agentov biologických, ďalej označený ako “cestujúci”.

Prostredím sa označuje priestor, v ktorom sa agent pohybuje a s ktorým prichádza do kontaktu. Umožňuje taktiež interakcie medzi agentami a interakcie medzi agentom a prostredím. Prostredie môže byť statické alebo dynamické. V prípade tejto simulácie ide o prostredie statické [20]



## 2.3 Simulačný nástroj AnyLogic

AnyLogic je multimetódový simulačný modelovací nástroj vyvinutý spoločnosťou The AnyLogic Company. Podporuje metódy simulácie založené na agentoch, diskretných udalostiach a systémovej dynamike. Pri výbere programu na simuláciu môjho zadania padla voľba na AnyLogic pretože poskytuje prostriedky na splnenie cieľov práce. AnyLogic umožňuje jednoduché vytváranie a správu agentov a ich správania pomocou vizuálneho editora. To znamená, že je možné vytvárať a upravovať modely agentov pomocou vizuálnych prvkov bez nutnosti programovania, čo uľahčuje a urýchľuje proces modelovania. Poskytuje taktiež bohaté nástroje na vizualizáciu a animáciu simulácií. Je možné jednoducho sledovať pohyb agentov, sledovať štatistické údaje a analyzovať výsledky simulácie. Podporuje programovanie v jazyku Java, ktorý všeobecne patrí medzi najrozšírenejšie a ľahko dostupné k edukácii. Veľká komunita užívateľov uľahčuje zoznámenie sa s programom a riešenie prípadných problémov pri vytváraní modelu. Nezanedbateľným faktorom je jeho dostupnosť a možnosť bezplatného využívania pre študentov [31].

## 2.4 Pozorovanie

Pozorovanie je jednou z najzakladanejších metód výskumu a je často používaná v rôznych disciplínach. Táto metóda spočíva v systematickom a pozornom sledovaní a zaznamenávaní skutočností, javov alebo udalostí, pričom sa snaží zachytiť ich charakteristiky a vzťahy. Pozorovanie môže byť uskutočňované vo viacerých formách, napríklad vo forme priameho sledovania v reálnom čase alebo analýzy existujúcich záznamov.

Pozorovanie môže byť buď neštruktúrované alebo štruktúrované.

Pre potreby mojej práce som využil štruktúrované pozorovanie, pri ktorom boli vopred jasné ciele, ktoré majú byť sledované – počet osôb, ktoré sa pohybujú v sledovanom priestore, cieľ ich pohybu a body odkiaľ prichádzajú.

## 2.5 Floyd – Warshallov algoritmus

Na záver kapitoly ostáva popísať princíp fungovania časti modelu. Algoritmi sú presné postupy, ktorými je možné riešiť úlohy. Využiteľné sú predovšetkým v programovaní. V prípade Floyd – Warshallov algoritmu sa jedná o postup na zistenie najkratšej cesty. Počíta dĺžky minimálnych ciest medzi všetkými vrcholmi v grafe v rámci jedného výpočtu. Algoritmus sa teda vykoná na začiatku a po jeho ukončení sú k dispozícii informácie o vzdialenostiach medzi ktorýmikoľvek dvoma vrcholmi grafu.

V počiatku výpočtu sa načíta matica priamych vzdialeností. V cykle sa následne vytvára postupnosť matíc. Matica  $m_c$  značí vzdialenosti všetkých uzlov s alternatívou cesty cez  $c$

medziľahlých uzlov. V každom kroku algoritmu sa zisťuje, či je možné skrátiť cestu z bodu  $i$  do bodu  $j$  cez  $k$ , kde  $k = 1 \dots n$ . Vykonáva sa nasledujúci prepočet [22]:

$$c_{ij}^{(k)} = \min \{c_{ij}^{(k-1)}, c_{ik}^{(k-1)} + c_{kj}^{(k-1)}\}$$

V prípade ak platí  $k < n$ , dvihne sa hodnota  $k$  o jedna a výpočet pokračuje ďalej. V opačnom prípade posledná matica, maticou dištančnou. Tá sa v programe uloží a je možné z nej kedykoľvek získať informácie o vzdialenostiach medzi vrcholmi. Pri hľadaní najkratšej cesty potom stačí zadať index začiatočného a koncového bodu. Respektíve, v tomto prípade názov parkoviska, zastávky či stanovišťa taxi a názov vstupného bodu terminálovej budovy.

## 2.6 Zhrnutie kapitoly

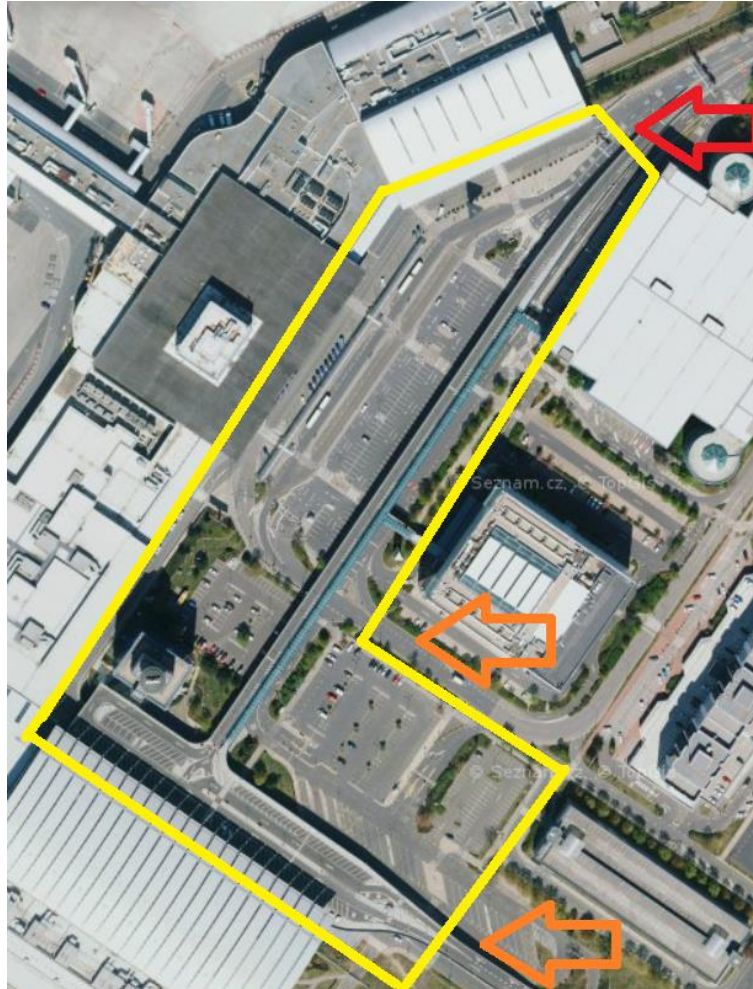
V druhej kapitole sú popísané metódy, ktoré budú neskôr využité pri tvorbe modelu, simulovaní scenárov a na hodnotenie toku cestujúcich v prednádraží Letiska Praha. Prvá podkapitola popisuje charakteristiku multiagentnej metódy a vysvetľuje výhody a dôvody jej využitia. Druhá podkapitola obsahuje informácie o programe AnyLogic. Tento program je prostriedkom pre následné tvorenie modelu a aplikovanie metódy popísanej v predchádzajúcej podkapitole. Predposledná podkapitola popisuje pozorovanie ako metódu výskumu v mojej práci a na záver kapitoly sa venujem popisu pri Floydovho algoritmu.

### **3. DEFINOVANIE ZLOŽIEK PRE MODEL**

Pred vytváraním akýchkoľvek modelov pre skúmanie určitých situácií je potrebné definovať zložky, od ktorých sa bude tvorba modelu odvíjať. Nutné je najprv vedieť ciele skúmania. Potom, na základe cieľov je možné určiť potrebné prvky či procesy. Zo zadania mojej práce vyplýva, že cieľom je analyzovať využitie vstupných bodov terminálových budov. Z tohto dôvodu pokračujem definovaním potrebných zložiek. V podkapitolách popíšem pohyb cestujúcich teoreticky, so všetkými prvkami, faktormi či procesmi ktoré sú jeho súčasťou. Neskôr sa pokúsím všetky zložky zhrnúť a vybrať z nich tie, ktoré sú potrebné pre fungovanie modelu a na správne vykonanie analýzy využitia vstupných bodov terminálových budov.

#### **3.1 Vymedzenie skúmaného priestoru**

V predchádzajúcich kapitolách sa nachádza popis prednádražia vo všeobecnosti. Prvým krokom k vytvoreniu modelu je definovanie konkrétneho prednádražia priliehajúceho k Letisku Praha a vymedzenie skúmaného priestoru. Ten je súčasťou ulice Aviatická. Priestor zahŕňa všetky parkoviská, príjazdové cesty, zastávky autobusov, stanovištia taxi a chodníky, ktoré sú súčasťou prednádražia. Vstup na plochu je z, už vyššie spomenutej, ulice Aviatická. Na obrázku 9 je vyznačený červenou šípkou. Pokračuje pred Terminál 1, kde sa cesta rozdeľuje štyrmi smermi. Prvý mieri priamo pred terminál, druhý slúži pre autobusy a tretí zase smeruje k parkovisku P1Express. Za parkoviskom, zastávkami autobusov a stanovišťami taxi sa všetky tri spoja a následne rozdelia na dva, z ktorých prvý smeruje pod hornú časť prednádražia pred Terminálom 2 do ulice Schengenská a druhý zase k jednému z dvoch výjazdov z priestoru. Na obrázku 9 vyznačenými oranžovou farbou. Posledný štvrtý pruh dovedie autá na vrchnú časť pred Terminálom 2 z ktorého smeruje k druhému výjazdu a neskôr sa spojí s pruhom zo spodnej časti v ulici Schengenská.



Obr. 9: Vymedzený priestor [vlastný zdroj]

Všetky parkovacie domy a aj nekryté parkoviská som do priestoru nezaradil. Pri tvorbe modelu sa s každým parkoviskom ráta len ako s jednotlivým bodom, odkiaľ cestujúci vstupujú do vymedzeného priestoru prednádražia, a kde z neho vystupujú. Parkovisko P1 Express je síce celé súčasťou priestoru, avšak takisto sa z neho vedú tri body na vstup a výstup. Presnejšie vysvetlenie podám v nasledujúcej podkapitole.

### 3.2 Výber relevantných procesov a prvkov

V prvej kapitole som po charakterizovaní prednádražia definoval procesy ktoré sa odohrávajú v tomto priestore a prvky ktoré ich umožňujú. V tejto kapitole sa už budem venovať procesom a prvkom menej komplexne, a to z pohľadu vytvárania modelu. Vyberiem zo skôr definovaných procesov a prvkov tie, ktoré budú mať vplyv na výsledky simulácie. Cieľom práce je analýza využívania vstupných bodov terminálových budov, preto bude hlavnou motiváciou pri posudzovaní relevantnosti to, či dané procesy a prvky ovplyvnia cestujúceho pri výbere vstupného bodu.

### 3.2.1 Relevantné procesy

Ako som už písal, hlavným procesom je presun od pozemných dopravných prostriedkov k vstupným bodom do terminálových budov a opačne. Z jeho definovania vyplynulo, že to môže byť samostatný proces, kedy sa človek len presúva z bodu A do bodu B. V inom prípade môže ísť o presun, ako o súbor viacerých, kratšie trvajúcich procesov uskutočnených za sebou. Vystúpenie z auta, či autobusu je taktiež samozrejmosťou pri každom cestujúcom. Pri odchode zase nástup. Pri modelovaní však tento proces nemá zmysel brať do úvahy, keďže neovplyvňuje ďalšie procesy ani rozhodovanie o výbere vstupného bodu. Podobne to bude aj s vykladaním batožiny a lúčením sa. Cestujúceho to maximálne mierne zdrží. Pri definovaní prvkov som zistil, že fajčiarske zóny sa nachádzajú pri každom vstupnom bode. To znamená, keď sa cestujúci fajčiar rozhodne pred vstupom do terminálovej budovy zapáliť si, nemusí kvôli tomu meniť svoje rozhodnutie o vybranom vstupnom bode. To isté platí aj keby sa cestujúci rozhodol skrátiť si čas, prípadne niekoho čakať vonku pred terminálom a sadnúť si pri tom na lavičku. Má možnosť urobiť to pri ktoromkoľvek vstupnom bode. Jediným relevantným procesom je samotný presun, ako chôdza z jedného miesta na druhé. Vstúpenie do samotnej budovy takisto pri modelovaní nemusím brať do úvahy ako samostatný proces. Pri zvyšných spomenutých procesoch by bolo navyše náročné odhadnúť koľko ľudí ich absolvuje. Informácie o zastúpení fajčiarov v populácii sa síce dohľadať dajú, avšak to, koľko cestujúcich využije lavičky, či v akom rozmere tieto procesy ovplyvní počasie alebo časový stres by bolo len subjektívnym odhadom.

### 3.2.2 Relevantné prvky

Po vytriedení procesov na relevantné, vyberiem aj z definovaných prvkov len tie, ktoré s nimi súvisia. Pre presun sú rozhodne potrebné chodníky a prechody. Určite netreba zabudnúť na základné prvky ako vstupné body do terminálových budov a miesta nástupu a výstupu z pozemných dopravných prostriedkov. Bez týchto prvkov by model nemal šancu fungovať. Horné poschodie na Termináli 2 je určené pre odchody ale autobusy prichádzajú na spodné. Konfigurácia je nastavená, aby cestujúci nemuseli vchádzať do budovy na prízemí ale majú možnosť využiť exteriérový eskalátor. Za dverami vo vnútri Terminálu 2 je viacero eskalátorov, avšak pre moju prácu je relevantný len ten vonku. Informačné a smerové značenie v modeli aplikovať nebudem.

## 3.3 Agenti

Na letiská po celom svete denne prichádzajú milióny ľudí. Nie všetci ale so zámerom cestovať. Letisko ako obrovský komplex potrebuje dostatok zamestnancov. Tí každodenne dochádzajú do práce, pričom využívajú prednádražie podobne ako cestujúci. Na letisko môžu tiež

smerovať napríklad leteckí nadšenci alebo s ľuďmi s jedným z mnohých možných cieľov. Zo zadania práce vyplýva, že cieľom skúmania sú len cestujúci. Z tohto dôvodu sa v modeli budú vyskytovať len agenti cestujúci. Presnejšie cestujúci prichádzajúci a cestujúci odchádzajúci. Podobne ako zamestnanci smerujúci do práce, sa do úvahy neberú ani pracovníci zásobovania prevádzok v terminálových budovách. Medzi cestujúcimi sa môžu objaviť aj ľudia s obmedzenými pohybovými schopnosťami, respektíve invalidi alebo vozíčkari. Ich podiel medzi cestujúcimi a vplyv na tok je ale pre potreby skúmania zanedbateľný. V mnohých modeloch sa medzi agentmi vyskytujú dopravné prostriedky. V tomto prípade nie je potrebné venovať vozidlám zvýšenú pozornosť. Ich počet, či spôsob pohybu taktiež nie je relevantný pre ciele skúmania. Dôležitý je len údaj, koľko ľudí sa nimi do vymedzeného priestoru prepraví.

### **3.4 Pravidlá v modeli**

V reálnych podmienkach dochádza k interakciám medzi ľuďmi a ľuďmi a dopravnými prostriedkami. Interakcie človek – človek budú v modeli vznikáť len v momente, kedy sa viacero cestujúcich stretne pred vchodom, ktorý ich nebude schopný poňať naraz. Dajú si prednosť. Vzhľadom k tomu, že sa pri simulácii nebudú vozidlá pohybovať po priestore, nemôže tak dochádzať ani k ich interakciám s cestujúcimi. Podľa pravidiel cestnej premávky má chodec, prechádzajúci cez vyznačený prechod cez cestu prednosť pred vozidlom. Budem teda uvažovať, že cestujúci využívajú na prejdeň cez cestu len vyznačené úseky určené na tento proces a zakaždým dostanú od dopravného prostriedku, s ktorým by mala prebehnúť interakcia, prednosť.

### **3.5 Zhrnutie kapitoly**

Prvá podkapitola priniesla definovanie priestoru ktorý je predmetom skúmania. Vymedzený priestor zahŕňa plochu pred terminálovými budovami Letiska Praha. Tá obsahuje časti ulice Aviatická a Schengenská. Parkoviská nie sú priamou súčasťou tohto priestoru, reprezentujú ich len vstupné a výstupné body. Druhá podkapitola priniesla definovanie prvkov a procesov. Zhrnutie definovaných procesov, ich prvkov a faktory je v tabuľke 1. Zložky, označené za nerelevantné, sú napísané modrou farbou.

Tab. 1 Zhrnutie prvkov, procesov a faktorov [vlastný zdroj]

PRVKY	PROCESY
parkoviská	presun
zastávky MHD	čakanie
stanovištia taxi	fajčenie
chodníky a prechody pre chodcov	lúčenie
vstupné body terminálových budov	vykladanie batožiny
eskalátor	
plochy pre fajčiarov	
lavičky	



## 4. MODEL POHYBU CESTUJÚCICH V PREDNÁDRAŽÍ LETISKA PRAHA

Nástrojom na analýzu využitia vstupných bodov terminálových budov Letiska Praha je model pohybu ľudí v zadanom priestore, vytvorený v programe AnyLogic. Postup pri vytváraní modelu je zložený z viacerých krokov.

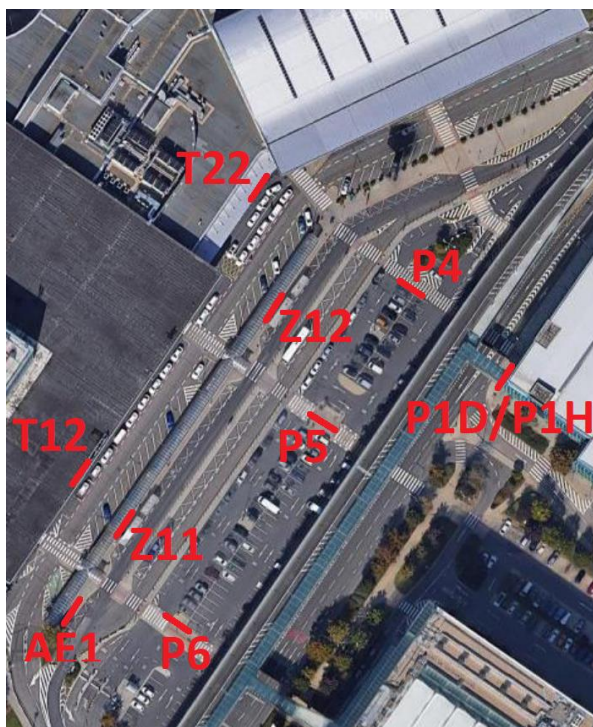
### 4.1 Prednádražie v modeli

Časť prednádražia pred Terminálom 1 je celá rozložená na jednej výškovej úrovni. Cestujúci majú možnosť využiť množstvo variantov ciest k dverám terminálovej budovy bez ohľadu na to, z ktorého vstupného bodu do priestoru prídu. To umožňuje sieť chodníkov, ktorá pokrýva celú plochu. Hlavnú časť tvorí parkovisko P1 Express. V modeli ho zastupujú tri body pod označeniami P4, P5 a P6. Parkoviská PA Comfort a PC Premium Valet sú sústredené do bodu P1D. Pri parkovisku PD Holiday uvažujem, že cestujúci ktorí tu svoje auto zaparkujú, musia využiť linku 100 alebo 119 k tomu, aby sa dostali do prednádražia. Cestujúcich z tohto parkoviska preto budem počítat' medzi cestujúcich z MHD. Rozdelenie zastávok je nasledovné. Z12 je pre nástupište C z tohto miesta do prostredia cestujúci len vstupujú. Cestujúcich tu vysádzajú autobusové linky 100, 191, 119 a AE. Nástupište D, kde naberajú cestujúcich linky 191 a 100, je reprezentovaná bodom Z12. Linka 119 nabera cestujúcich na nástupišti E. Vzhľadom na to, že cestujúci tu do autobusov nastupujú, zjednodušil som to a zastúpil to v bode Z12. Posledným je AE1, kde na nástupišti G môžu cestujúci nastúpiť na Airport Express. Body Z12 a AE1 majú funkciu iba pre výstup z priestoru. Zvyšné dva body, T1 a T2 zastupujú stanovištia taxi pred Terminálom 1. Vozidlá taxi stoja v rade pričom prichádzajúce sa zaradí na koniec, kde vysadí cestujúceho alebo cestujúcich. Pri odchode z letiska cestujúci nasadne do auta, ktoré je prvé v rade. Bod T1 je vždy pre posledné miesto v rade, teda bod len pre vstup do priestoru. T2 zastupuje zase prvé miesto, takže len výstup z priestoru. Pri presune z týchto bodov k vstupným bodom do terminálovej budovy, popísaných pri definovaní prvkov, má cestujúci možnosť využiť konkrétne štyri chodníky paralelne umiestnené spolu s budovou terminálu a chodník priľahlý k nej, ktoré sú poprepávané štrnástimi prechodmi pre chodcov.

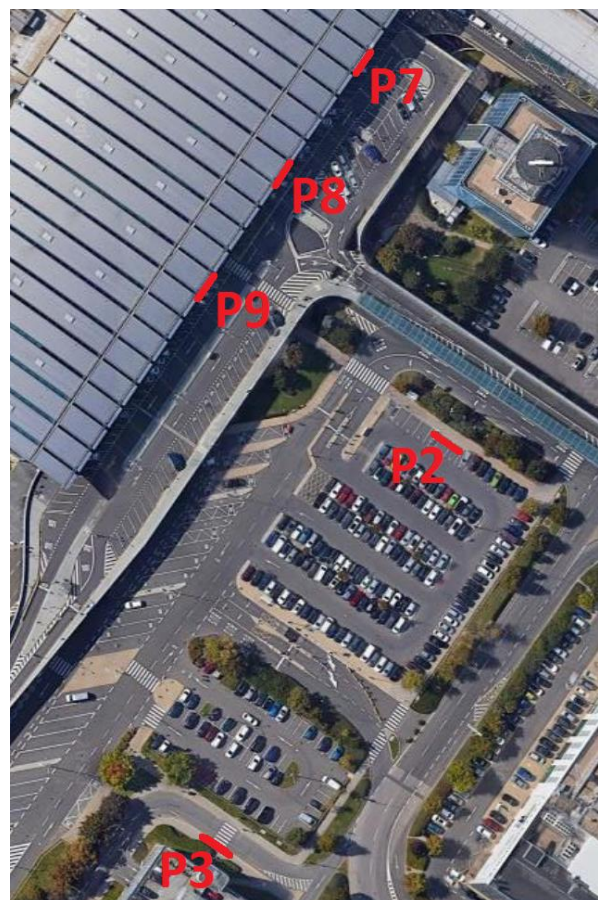
Terminál 2 je na rozdiel od Terminálu 1 rozložený na dvoch podlažiach. Vrchné slúži na odlety, spodné zase prílety. S priestorom pred budovou je to podobne. Tiež je rozložený na dvoch podlažiach, avšak ich funkcie sú zmiešané. Rozloha oboch je podstatne menšia ako rozloha časti priestoru pred Terminálom 1. Horné poschodie obsahuje parkovisko P2 Express, ktoré má zastúpenie v bodoch P7, P8 a P9. P1H zastupuje rovnaké parkoviská ako P1D,

s rozdielom že P1H sa nachádza nad zemou na začiatku nadjazdu umožňujúceho príchod na hornú časť prednádražia pred Terminálom 2. Spodná časť je rozmanitejšia, nachádzajú sa tu aj autobusové zastávky a stanovišťa taxi. Tie majú rovnako ako pri Termináli 1, dva body. T21 slúži pre vystúpenie z vozidla a vstúpenie do priestoru, T22 má zase opačnú funkciu. Bod P2 predstavuje parkovisko PB Economy. Zastávky sa tu nachádzajú tri. Z21 pre vstup, keďže linka 119 tu vysádza svojich pasažierov. Z22 je zase pre výstup z 100,191 a AE. Následne všetky linky na Z23 naberajú cestujúcich, ktorí opúšťajú letisko. Všetky body označujúce parkoviská majú funkciu vstupu aj výstupu. Cestujúci tu majú taktiež možnosť na presun využiť niekoľko chodníkov poprepájaných prechodmi cez cestu. Zo spodného poschodia na horné ich môže vyviezť eskalátor, jediný nachádzajúci sa vonku.

Všetky body sú navzájom poprepájané do jedného celku. Pre lepšiu predstavu som predchádzajúci popis rozdelil na dve časti pre Terminál 1 a Terminál 2. Graf so všetkými vrcholmi (vstupnými a výstupnými bodmi) a vzdialenosťami medzi nimi je možné vidieť na obrázku 9. Jednotlivé body, spomenuté v predošlom texte, budú teda prenesené do prostredia modelu.



Obr. 10 Body v modely (1) [vlastný zdroj]



Obr. 11 Body v modely (2) [vlastný zdroj]

## 4.2 Prostredie modelu pohybu cestujúcich

Vymedzený priestor je potrebné presunúť do programovacieho prostredia. Program AnyLogic ponúka pestrú paletu pre jeho tvorbu. Agenti majú vyznačené, kde sa môžu pohybovať, aby sa dostali k pridelenému cieľu. Všetky plochy, po ktorých sa môžu pohybovať, chodníky a prechody cez cestu, sú ohraničené a agent sa cez toto ohraničenie nevie dostať. Ďalej sú do prostredia vložené najdôležitejšie prvky, čiže body pred vstup a výstup z prostredia. Všetky sa, samozrejme, musia nachádzať v rámci ohraničených zón. V inom prípade by ich prítomnosť nemala zmysel. Nakoniec sa do prostredia vložia zvyšné prvky ako napríklad eskalátor.

## 4.3 Hodnoty parametrov a rozhodovanie

Priemerná rýchlosť chôdze cestujúceho počas pohybu cez letisko je 4,896 kilometrov za hodinu. Hodnoty by sa mali pohybovať v intervale od 3,96 km/h po 7,2 km/h. Ide o hodnoty hraničné pre rýchlosť priemernej bežnej chôdze. Dáta zodpovedajú priemeru rýchlostí cestujúcich vo veku od 5 do 80 rokov. Rýchlosť chôdze cestujúceho pri prechode cez skúmaný priestor v rámci simulácie som preto určil na priemernú hodnotu, a to 4,90 kilometrov za hodinu [24].

Ako už vyplynulo z predchádzajúceho textu, rozhodovanie cestujúceho o výbere dverí pre vstup do terminálovej budovy prebieha v modeli na základe vzdialeností. Funkcia vyberie najbližšie dvere podľa toho, na akom mieste, respektíve v akom bode cestujúci vstúpi do vymedzeného priestoru. Princíp fungovania funkcie je založený na Floydovom algoritme. Týmto agentom, respektíve cestujúcim prideli funkcia náhodný vchod. Pri výbere relevantných procesov som postupoval podľa toho, či ovplyvnia rozhodovanie výberu vstupného bodu alebo sú jednoducho nevyhnutné. Procesy vo vonkajšom prostredí ako napríklad fajčenie neovplyvnia výber vchodu keďže fajčiarske zóny sa nachádzajú prakticky pri každom vstupnom bode. Ak má však cestujúci vo vnútri budovy vyslovený cieľ, napríklad konkrétnu reštauráciu alebo obchod, ponúka sa že si vyberie vchod najbližšie k jeho cieľu. Podobne ako s využívaním lavičiek, nemám potrebné dáta k určenie počtu cestujúcich, ktorí by mali cieľ iný ako check – in alebo bezpečnostná kontrola. Navyše ani to nemusí znamenať, že si cestujúci príslušný vstupný bod vyberie. Z tohto dôvodu som určil, že 10% cestujúcich si v modeli vstupný bod vyberie náhodne.

Cestujúci, ktorí na LKPR prileteli a z budovy terminálu vychádzajú von, zvolia vchod, ktorý sa nachádza najbližšie k prechodu z neverejného priestoru do priletovej haly. Na Termináli 1 je

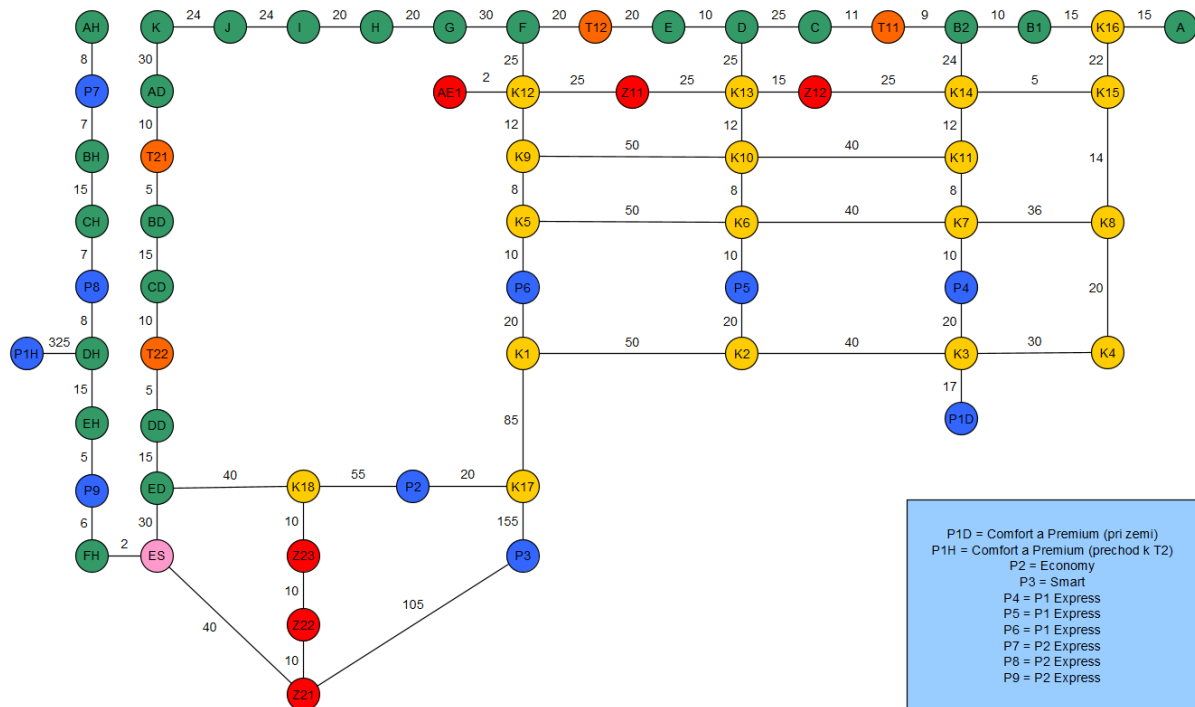
bod D. Terminál 2 má na prílety vyčlenený spodný priestor. Najbližšie sú taktiež dvere D. Cestujúci môže mať po prilete ešte cieľ na letisku. Využiť jednu zo služieb, ktoré letisko ponúka a následne využiť dvere pri danej prevádzke alebo službe. Z tohto dôvodu bude model pre odchádzajúcich cestujúcich nastavený podobne ako pre prichádzajúcich. 90 percent z nich si zvolí najbližšie dostupné miesto pre východ. Zvyšným desiatim percentám budú pridelené náhodné dvere. 10 percent som určil odhadom, ktorý nie je založený na žiadnych dátach. Patrí to k dôvodom, prečo sa výsledky simulácie nebudú považovať za odzrkadlenie reality ale len ako mnou vytvorený teoretický model.

#### **4.4 Vzďialenosti rozhodujúcich bodov priestoru**

Kedže sa cestujúci po príchode rozhodujú ktorý bod využijú pre vstup do terminálovej budovy na základe vzdialenosti od ich aktuálnej pozície, bolo dôležité správne odmerať vzdialenosti všetkých bodov, popísaných v predchádzajúcich kapitolách, kde cestujúci vojdú do skúmaného priestoru, od vstupných bodov do terminálových budov. Na obrázku 12 - schematická mapa prednádražia Letiska Praha, sú zobrazené všetky prvky, ktoré považujem za relevantné. Kruhy so zelenou výplňou reprezentujú vstupné body do budov. Oranžové kruhy sú stanovištia taxi a červené kruhy zastávky pre autobusy. Malá legenda, taktiež na obrázku 12, vysvetľuje aké parkovisko prislúcha k akému modrému kruhu. Ružový kruh symbolizuje eskalátor a žlté kruhy sú na miestach križovaní chodníkov. Označil som ich skratkou „K“ ako križovatky. Pod tenkými čiernymi čiarami, ktoré spájajú jednotlivé body, si možno predstaviť chodníky, či prechody pre chodcov. Mapa odráža skutočnú situáciu a dĺžky chodníkov, respektíve vzdialenosti medzi bodmi sú s minimálnou odchýlkou reálne.

Túto mapu som prepísal do matice v programe Excel. Matica musí byť symetrická a štvorcová. Následne je táto matica zdroj pre funkciu s Floyd-Warshallovým algoritmom v programe.

Agenti si teda vyberajú vchod na základe tejto mapy. Presnejšie fungovanie algoritmu som popisoval pri vysvetľovaní metodík v druhej kapitole.



Obr. 12 Vrcholy a vzdialenosti medzi nimi [vlastný zdroj]

## 4.5 Vstupné dáta

Pre správne fungovanie modelu a prevedenie simulácie je dôležité vložiť doňho adekvátne vstupné dáta. Tie môžu výrazne ovplyvniť výsledky simulácie a ich následnú analýzu. Potrebné sú správne hodnoty hlavne prichádzajúcich cestujúcich. Keďže princíp výberu vstupného bodu na terminálovej budove je založený na hľadaní toho najbližšieho, množstvo cestujúcich prichádzajúcich z bodov reprezentujúcich jednotlivé parkoviská, či zastávky je rozhodujúci pri intenzite využitia daných vchodov. Najprv je potrebné cestujúcich rozdeliť podľa využitého spôsobu pozemnej dopravy pri príchode na LKPR. Percentuálne zastúpenie IAD, MHD a taxi mi poskytlo Letisko Praha. To isté platí aj pre využívanie jednotlivých parkovísk. Keď je známe, akým typom pozemnej dopravy cestujúci na letisko prichádzajú, je potrebné v rámci spôsobov rozdeliť ich príchody na konkrétne miesta. Cestujúci využívajú parkoviská dostupné na letisku. Či už ide o dlhodobé parkovanie, alebo sa nechajú na odlet priviezť a využijú expresné parkoviská. Podľa dát som schopný správne určiť počet cestujúcich, ktorí prislúchajú jednotlivým bodom. Poskytnuté boli aj dáta o veľkosti skupín v ktorých cestujúci na letisko prichádzajú a s akým časovým predstihom. Z týchto dát som vytvoril príchodovú krivku. Nemenej dôležité sú samozrejme aj informácie o celkovom počte cestujúcich. Pri neskoršom

vyberaní časového úseku pre analýzu využijem poskytnutý letový poriadok s počtom cestujúcich na palubách lietadiel.

Kvôli citlivosti dát a zmluvnej dohode o ich poskytnutí nebudem žiadne hodnoty týchto dát vizualizovať ani konkrétnejšie popisovať. Využijem ich len pre funkčnosť svojho modelu a dosiahnutie čo najreálnejších podmienok pre analýzu.

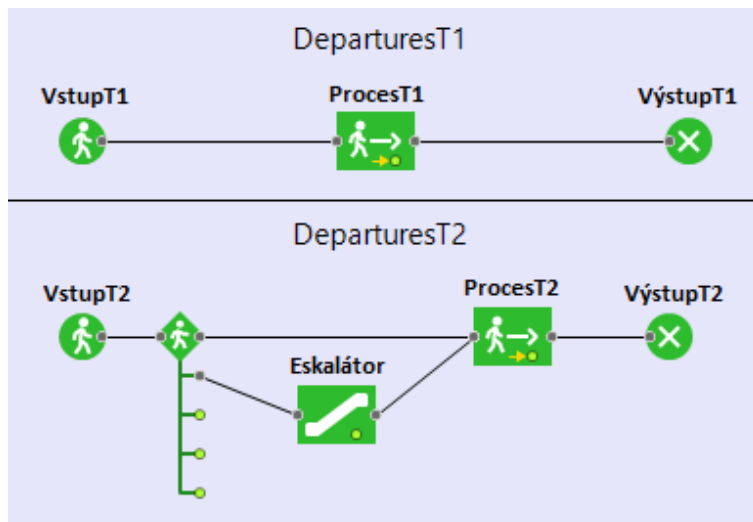
Na záver podkapitoly ale musím podotknúť, ako už mohlo vyplynúť z predchádzajúcich textov, že pre vytvorenie modelu, ktorý by bol schopný simulovať reálnu prevádzku, by bolo treba viac overených vstupných dát. Nedostupné dáta boli nahradené vlastnými hodnotami, čo je znakom teoretického modelu.

## 4.6 Stavové diagramy

Program AnyLogic ponúka na modelovanie pohybu ľudí, respektíve chodcov knižnicu „Pedestrian“. Knižnica „Pedestrian“ predstavuje súbor nástrojov a funkcií navrhnutých na modelovanie a simuláciu pohybu chodcov v prostredí. Táto knižnica poskytuje prostriedky na detailné modelovanie ľudského správania v rôznych scenároch vrátane verejných priestorov, výrobných hál, letísk a ďalších lokalít, kde sa pohyb ľudí hrá dôležitú úlohu. S využitím knižnice „Pedestrian“ je možné definovať rôzne typy chodcov, stanoviť ich správanie, sledovať interakcie medzi nimi a s prostredím, ako aj analyzovať tok. Táto knižnica poskytuje nástroje na nastavenie trás chodcov, definíciu ich cieľov a reakcie na rôzne podnety. Ja som vo svojom modeli využil bloky „PedSource“, „PedGoTo“, „PedSink“ a „PedEscalator“. „PedSource“, ako napovedá preklad, slúži na generovanie agentov. Jeden alebo viacero blokov „PedSource“ sa nachádza na začiatku každého diagramu z knižnice „Pedestrian“. Následne má význam blok „PedGoTo“, ktorý umožňuje pohyb agentov z miesta vzniku na ďalšie miesto v prostredí. Blok „PedEscalator“ sa využíva v prípade potreby prechodu medzi dvoma úrovňami, s výškovým rozdielom.

### 4.6.1 Prichádzajúci cestujúci

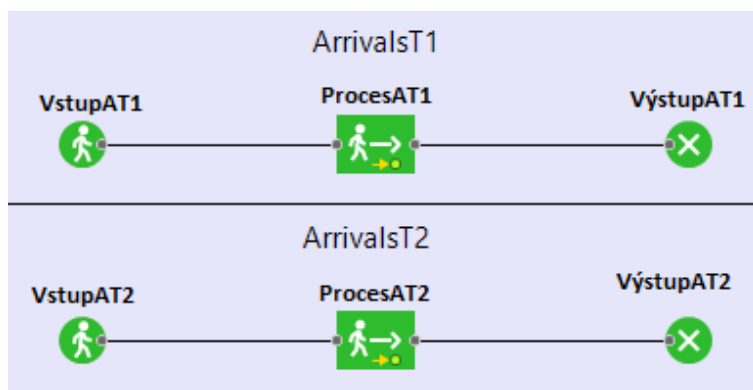
Diagram, ktorý riadi prichádzajúcich cestujúcich je rozdelený pre Terminál 1 a Terminál 2. Pre prichádzajúcich cestujúcich je diagram zložitejší. Kompletne diagramy sú na obrázku 13. V oboch blokoch „Vstup“ sa vyvoláva funkcia ktorá prideluje agentovi TargetLine (prah kde sa agenti generujú alebo zanikajú) podľa štatistík zo vstupných dát. Nasleduje blok „Proces“ ktorý volá funkciu už spomínaného Floydovho algoritmu. Tá zabezpečuje výber TargetLine, respektíve vstupného bodu do terminálovej budovy. V diagrame pre Terminál 2 sa ešte vyskytuje rozdeľovací prvok kvôli, ktorý rozhoduje akého cestujúceho je potrebné poslať cez eskalátor. Diagramy vyzerajú na prvý pohľad jednoducho, v jednotlivých blokoch sa však nachádza množstvo funkcií ktoré zabezpečujú funkčnosť modelu.



Obr. 13 Stavové diagramy prichádzajúcich cestujúcich [vlastný zdroj]

#### 4.6.2 Odchádzajúci cestujúci

Opačný proces je menej náročný a diagramy sú jednoduchšie. Prvotnou štruktúrou najjednoduchšie možné. Nie je v nich volaná funkcia Floydovho algoritmu. V blokoch „Vstup“ funkcia vyberá TargetLine vstupného bodu pre východ z terminálovej budovy. V blokoch „Proces“ následne ďalšia funkcia prideli TargetLine, podľa vstupných dát o využívaní pozemných dopravných prostriedkov. Na Termináli je pre prílety určené spodné podlažie. Cestujúci, ktorí chcú využiť parkovisko P2 Express, ktoré sa nachádza hore, musia využiť pre východ z budovy vstupný bod na hornom podlaží. Vonkajší eskalátor na Termináli 2 smeruje len nahor. Z tohto dôvodu s blokom „Eskalátor“ v diagrame nepracujem. Cestujúci sú nútení využiť vnútorné eskalátory. Na obrázku 14 je možné vidieť stavové diagramy pre prílety, respektíve odchádzajúcich cestujúcich.



Obr. 14 Stavové diagramy odchádzajúcich cestujúcich [vlastný zdroj]



## **4.7 Zhrnutie kapitoly**

Cieľom pomerne rozsiahlej štvrtej kapitoly je popis vytvoreného modelu pohybu cestujúcich v prednádraží letiska. Kapitola sa preto postupne venuje popisu prostredia v modeli a jeho celkovej funkčnosti. Na obrázku 11 je vyobrazená mapa bodov a vzdialeností medzi nimi.

## 5. DEFINOVANIE SCENÁROV

Po vytvorení modelu je ďalším bodom definovanie simulačných scenárov. Tie poslúžia pri analýze využívania vstupných bodov terminálových budov. Potrebný je výber časového úseku pre analýzu a následné definovanie scenára tak, aby bola analýza čo najvýpovednejšia.

### 5.1 Prevádzkové aspekty letiska

Letisko Praha nepatrí svojou rozlohou ani počtom cestujúcich medzi najväčšie na svete, ale ani medzi najmenšie. Intenzita premávky na tomto letisku nie je úplne pravidelná. Počas zimy prevláda pravidelná letecká doprava. V letných mesiacoch, počas sezóny, pribúda počet letov a cestujúcich, pretože k pravidelným letom pribudnú aj lety charterové. Služby leteckej dopravy sa dajú rozdeliť do troch základných skupín [25]:

- pravidelné lety
- charterové lety
- business lety.

Najčastejšie prevádzkované sú pravidelné lety. Majú vytvorené pevné letové poriadky, ktoré sa menia len s malými odchýlkami. Väčšie zmeny v letových poriadkoch sa vykonávajú po dlhších časových intervaloch podľa dlhodobého vývoja trhu potrieb a trendov, či potrieb v daných regiónoch. Nemajú zameranie na konkrétnu skupinu cestujúcich. Využívajú ich ako turisti tak aj zamestnanci pre svoje pracovné cesty. Lietadlá prevádzkované na pravidelné linky môžu byť v závislosti od leteckej spoločnosti nízkonákladové, ale aj vybavené rôznymi vyššími triedami za cenu menšej kapacity [25].

Opakom pravidelných letov sú charterové lety. To, či sa charterový let uskutoční v určitý deň, závisí len od požiadavky prenajímateľa. Celý princíp prevádzkovania charterového letu spočíva v tom, že cestovná kancelária sa zameriava na cieľovú skupinu cestovateľov, ktorí zvyčajne letia do dovolenkovej destinácie raz za rok v lete. Za cieľové skupiny možno považovať napríklad rodiny s deťmi, keďže takéto skupiny cestujúcich využívajú leteckú dopravu najmä v letnom období na cestovanie do rôznych destinácií za zábavou či oddychom. Lietadlo prenajaté na charterový let má vo väčšine prípadov nízkonákladový charakter, pretože cieľom cestovnej kancelárie je prepraviť čo najviac dovolenkárov v jednom termíne [25].

Existuje ešte jeden typ letov, a to sú takzvané business lety alebo súkromné lety. Sú využívané podnikateľmi, manažérmi a ďalšími vysoko postavenými pracovníkmi, ktorí sú v mnohých prípadoch aj vlastníkmi využitých lietadiel. Títo ľudia sa často potrebujú náhle a rýchlo prepraviť do inej lokality za pracovnými povinnosťami, a preto je pre nich tento spôsob najvýhodnejší. Súkromné lety môžu byť využívané aj politikmi, športovcami či umelcami.

Lietadlá využívané na business lety majú prevažne luxusné vybavenie a veľmi nízku kapacitu cestujúcich [25].

Faktom je, že charterové lety sa prevádzkujú v lete. V tomto období sa pridávajú k pravidelným linkám, a to znamená, že sa počas sezóny odbaví najviac cestujúcich. Sezónnosť patrí k aspektom, ktoré ovplyvňujú množstvo cestujúcich. Ďalšími aspektami sú špičkové dni a špičkové hodiny [25].

Vo svete existuje mnoho odvetví, ktoré ovplyvňuje sezónnosť. V odvetviach súvisiacich s cestovaním je sezónnosť samozrejmosťou. Letecká doprava nie je výnimkou. Jedná sa o pravidelné zvýšenie cestujúcich v určitom období. V tomto prípade ide konkrétne o každoročný nárast cestujúcich v letných mesiacoch, spôsobený vyšším dopytom po cestovaní do dovolenkových destinácií. Lety navyše v období sezóny zabezpečujú práve charterové lety. Navýšením počtu letov a cestujúcich vyplývajú aj väčšie nároky na infraštruktúru letiska [25].

Najväčšie svetové letiská majú hustú premávku priletov a odletov každý deň. Lietajú tam lietadlá z celého sveta a frekvencia letov je vysoká stále. Na menších letiskách sa ale vyskytujú špičkové dni. Ide o dni, kedy je zvýšený počet letov ako obvykle. Na väčšine letísk sú špičkové dni prevažne pondelok, streda a piatok [25].

Posledným aspektom sú špičkové hodiny. Pri špičkových hodinách hovoríme o hodinách, kedy je vyššia frekvencia letov v rámci daného dňa. Tieto časové intervaly zvyknú byť na letiskách rozdelená do dvoch cyklov. Prvý ranný a druhý popoludňajší cyklus špičkových hodín. To spôsobuje nárast cestujúcich prichádzajúcich aj odchádzajúcich z letiska počas týchto častí dní [25]

## **5.2 Výber časového úseku**

Na analýzu využitia vstupných bodov terminálových budov bude najrelevantnejšie vybrať časový úsek, ktorý spĺňa tri aspekty prevádzky. Interval, počas ktorého sú najväčšie nároky na infraštruktúru letiska. Pôjde teda o špičkový deň počas sezóny, respektíve letných mesiacov a zároveň tiež o špičkové hodiny. Podľa dát, ktoré mi boli poskytnuté, som sa rozhodol vybrať pondelok 26. 8. 2019. Mesiac august spĺňa sezónnosť a pondelok špičkový deň. Vo vybranom dni, medzi špičkovými hodinami bol najfrekventovanejším časovým úsekom interval od 10:00 hod do 14:59 hod. V tomto intervale bolo uskutočnených najviac letov. Konkrétne priletelo 78 lietadiel z rôznych destinácií. Do vzduchu sa dvihlo 85 lietadiel [26]. Z dôvodu splnenia prevádzkových aspektov je tento časový úsek ideálny pre simulačné scenáre. Najrušnejší čas prevádzky najlepšie ukáže využívanie vstupných bodov terminálových budov. Pri malom počte cestujúcich by analýza mohla nadobudnúť skreslenie. Presný počet cestujúcich zúčastnených na konkrétnych letoch kvôli citlivosti týchto informácií neuvádzam.

Tab. 2 Odlety z Terminálu 1 [31]

Číslo letu	Čas odletu	Číslo letu	Čas odletu
SU2011	10:10	QS1082	12:25
UA0187	10:10	QS2930	12:30
MU0708	10:20	OK0894	12:40
QS2634	10:30	QS1178	12:40
QS2786	10:30	QS1284	12:45
EZY7366	10:50	SU2013	12:50
J20110	11:00	DL0211	13:30
FV6622	11:10	BA0863	13:45
LY2522	11:10	EZY3068	13:45
BA0855	11:15	B20862	13:50
AA0053	11:20	HU7938	14:00
QS0886	11:20	S75866	14:10
OK0918	11:35	FR8562	14:15
OK0802	11:40	QS2798	14:20
OK0662	11:45	CY0261	14:35
QS1196	11:50	TK1772	14:40
RO0226	12:00	CJ7338	14:55
QS1084	12:15	U60752	14:55
EZY8994	12:25		

Tab. 3 Odlety z Terminálu 2 [31]

Číslo letu	Čas odletu	Číslo letu	Čas odletu
LO0524	10:05	AZ0513	12:15
FR5508	10:10	OK0972	12:15
LX1485	10:25	QS1132	12:20
LH1393	10:50	QS1170	12:20
VY8653	11:00	OK0760	12:25
QS1026	11:15	DY1503	12:30
FR8330	11:20	IB3391	12:40
OS0706	11:20	QS1122	12:40
FR8230	11:25	EJU7906	12:50
OK0688	11:25	OK0734	12:55
AY1222	11:35	LO0528	13:00
OK0480	11:40	VOE2095	13:00
OK0490	11:40	LH1691	13:10
DY4572	11:50	A54413	13:20
LH1395	11:50	FR8242	13:25
SN2810	11:50	EJU2582	13:30
QS1104	12:00	QS2208	14:05
QS2036	12:00	SK0768	14:05
OK0724	12:05	LH1397	14:10
OK0730	12:05	FR4069	14:20
OK0782	12:05	KL1356	14:20
FR1827	12:10	LX1487	14:35
OK0790	12:10		

Tab. 4 Prílety na Terminál 1 [31]

Číslo letu	Čas priletu		
LY2521	10:00	EZY8993	11:55
QS2561	10:00	QS1109	12:00
QS1187	10:05	SU2012	12:00
EZY7365	10:20	BA0862	12:55
FV6621	10:20	EK0139	13:00
BA0854	10:30	B20861	13:05
QS1241	10:30	QR0291	13:10
QS2555	10:40	EZY3067	13:15
FR1013	10:55	S75865	13:15
QS2523	11:00	CY0260	13:35
QS1181	11:05	TK1771	13:45
QS2933	11:05	U60751	13:55
QS1223	11:10	CJ7339	14:15
RO0225	11:10	PS0807	14:30
QS1191	11:35	SU2018	14:55
DL0210	11:45		

Tab. 5 Prílety na Terminál 2 [31]

Číslo letu	Čas priletu	Číslo letu	Čas priletu
LH1392	10:00	OK0759	11:30
OK0545	10:20	FR1826	11:45
QS1115	10:20	OK0745	11:50
VY8652	10:20	IB3390	11:55
OK0505	10:35	DY1502	12:00
OK0631	10:35	A54412	12:20
OK0535	10:40	EJU7905	12:20
OK0777	10:45	LO0527	12:25
OK0787	10:45	FR8261	12:35
OS0705	10:45	LH1690	12:35
AY1221	10:50	VOE2038	12:35
FR8211	10:50	EJU2581	13:00
OK0617	10:55	QS2001	13:05
OK0719	10:55	FR5507	13:25
QS1119	10:55	SK0767	13:25
SN2809	11:00	LH1396	13:30
LH1394	11:05	KL1355	13:35
OK0523	11:05	LX1486	13:45
QS1127	11:15	FR4070	13:55
QS1131	11:15	OS0707	14:00
DY4571	11:20	SK1767	14:20
QS1147	11:20	AF1082	14:25
AZ0512	11:25	A30866	14:55
QS1103	11:25		

Vo vybranom časovom úseku, je ešte potrebné brať do úvahy frekvenciu premávky autobusov mestskej hromadnej dopravy. Linka 119 premáva najčastejšie. Počas špičkových hodín, medzi ktoré patrí aj mnou zvolený časový úsek je prevádzkovaná v štvorminútových intervaloch. To znamená, že za hodinu privezie cestujúcich na Terminál 1 a Terminál 2 štrnásťkrát. Linka 100 dorazí na letisko štyrikrát v pätnásť minútových intervaloch. Autobusy linky 191 je možné na letisku vidieť vždy po 24 minútach. Za hodinu teda dorazia dvakrát.

### 5.3 Simulačné scenáre

Posledným krokom pred prevedením simulácií je definovanie scenárov. Simulačné scenáre sú dôležitým nástrojom v rôznych odvetviach, ako sú veda, technológia, medicína, vzdelávanie a mnoho ďalších. Tieto scenáre sú vytvorené na modelovanie reálnych situácií



alebo procesov, čo umožňuje testovanie hypotéz, analýzu rizík, rozhodovanie a tréning bez potreby manipulácie so skutočnými situáciami. Mne pomôžu pri analýze využitia vstupných bodov. Jednotlivé scenáre sa budú odlišovať malými rozdielmi. Simulácie rôznych scenárov by mohli ukázať prípadné slabiny v súčasnej konfigurácii.

### **5.3.1 Scenár 1**

Prvým scenárom bude štandardná situácia vybraného časového úseku. Čiže prevádzky počas sezóny, špičkového dňa a špičkovej hodiny. Počasie bude dobré a všetky vstupné body budú funkčné. Tento scenár bude mať za úlohu umožniť hodnotenie, prednádrazia a zároveň pomôcť pri definovaní ďalších, tentokrát už scenárov s neštandardnými podmienkami. Situácia je síce vložená do bežnej prevádzky, avšak do rušného obdobia s veľkým množstvom cestujúcich. Výsledky tohto scenára budú primárnymi výsledkami celej práce. Ich analýzou bude možné zhodnotiť využívanie vstupných bodov terminálových budov. Výsledky simulácie pomôžu pri definovaní ďalšieho scenára.

### **5.3.2 Scenár 2**

Scenár číslo dva sa bude odvíjať od výsledkov prvého. Pri tejto simulácii vyradím z prevádzky najvyužívanejší vchod z Terminálu 1 aj Terminálu 2. Výsledky simulácie ukážu, či je súčasná konfigurácia pripravená čeliť takejto výzve a môžu odhaliť prípadné problémy pri vchádzaní ľudí do terminálov. Očakávanie je, že znefunkčnenie najvyužívanejšieho vchodu spôsobí nával cestujúcich na iné vchody. Keďže pôjde o najvyužívanejší vchod, množstvo cestujúcich bude vysoké. V takej situácii by mohol napríklad susedný vchod daného najvyužívanejšieho bodu byť vystavený veľkému množstvu cestujúcich, na ktoré nemusí byť konfigurovaný.



Obr. 15 Zatvorený vstupný bod [vlastný zdroj]

## 5.4 Zhrnutie kapitoly

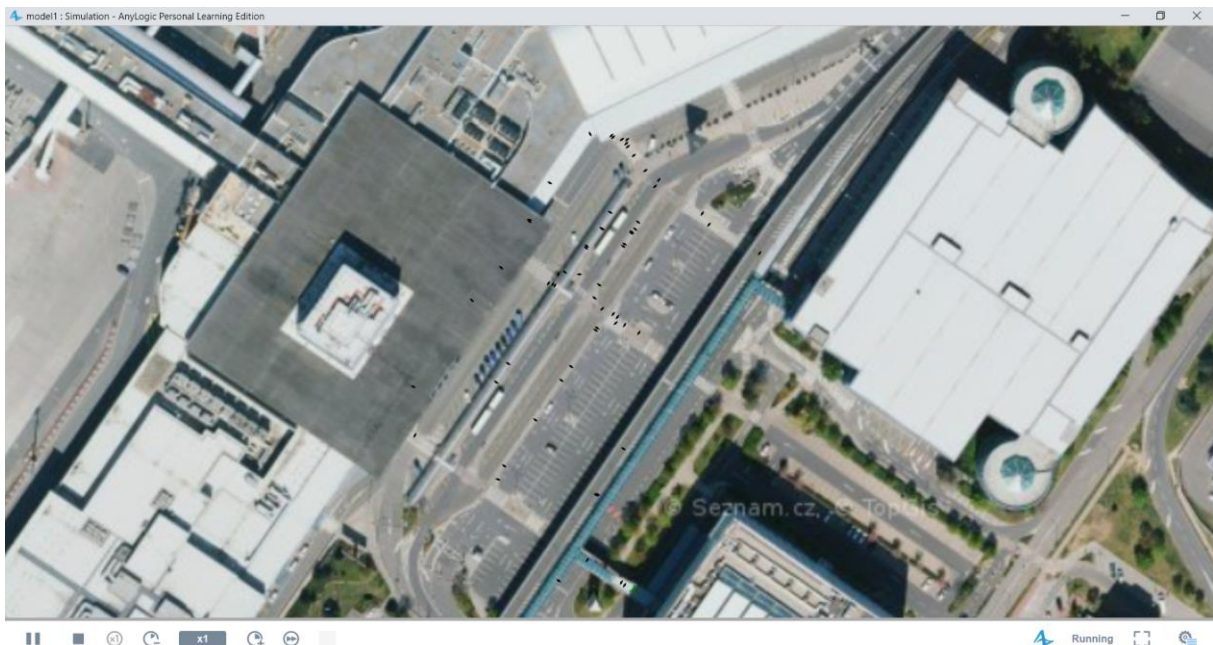
Piata kapitola priniesla zoznamenie sa s prevádzkovými aspektami letiska. Sezónnosť, špičkové dni a špičkové hodiny patria medzi tri základné aspekty. Na základe nich je neskôr vybraný časový úsek. Druhá podkapitola obsahuje aj tabuľku s priletmi a odletmi vo vybranom intervale. Na záver sú vysvetlené tri konkrétne simulačné scenáre.

## 6. PREVEDENIE SIMULÁCIE

Po dokončení modelu a definovaní scenárov ostáva uskutočniť ich simuláciu. Rozhranie AnyLogic ponúka simulovanie v reálnom čase. Odsimulovaných teda bude reálnych päť hodín, ktoré som pre simuláciu vybral. V modeli je nahraná databáza s príchodmi cestujúcich na letisko podľa dát, ktoré hovoria s akým predstihom cestujúci na letisko prichádzajú. Databáza obsahuje údaje z celého dňa (26.8.2019). Simulácia začína 10:00 hod, to znamená že cestujúci, ktorí majú svoj let napríklad 10:10, sa už na letisku nachádzajú. Na druhú stranu analyzovaný časový úsek končí 15:00. V čase napríklad 14:45 na letisko prichádzajú cestujúci, ktorí majú odlet už neskôr ako 15:00. To v skratke znamená že prichádzajúci cestujúci, nemusia mať v tomto čase odlet. Opačne to bude pri cestujúcich ktorí prileteli. Pri nich sa počíta že do niekoľkých minút opustia terminálové budovy vydajú sa na cestu k pozemným dopravným prostriedkom.

Celkovo prebehnú, keďže som definoval dva scenáre, dve simulácie. Na základe prvej sa určia zmeny pre druhú, ako som to už spomenul pri definovaní scenárov. Prostredie AnyLogic ponúka pestré možnosti výstupov zo simulácií. Všetky merané hodnoty sa počas simulácie zapisujú do premenných aj grafov.

Na obrázku 16 je záber na prostredie v programe AnyLogic v čase simulácie. Čierne bodky predstavujú cestujúcich.



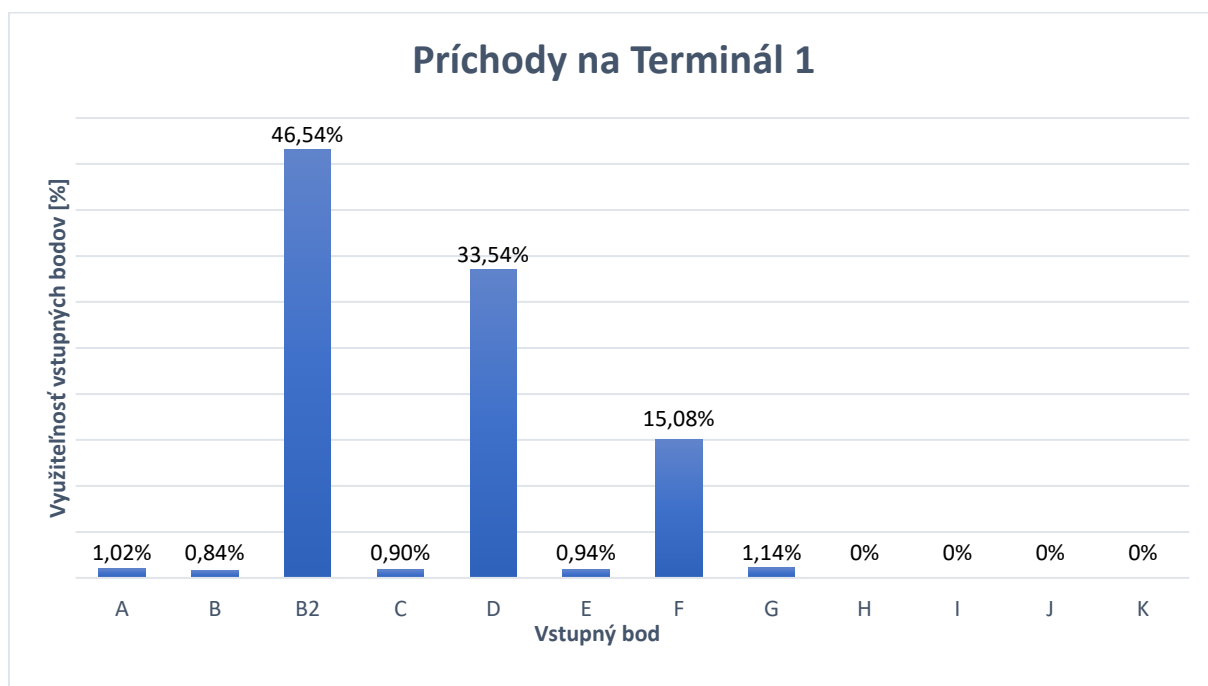
Obr. 16: Ukážka simulácie [vlastný zdroj]

## 7. VÝSLEDKY

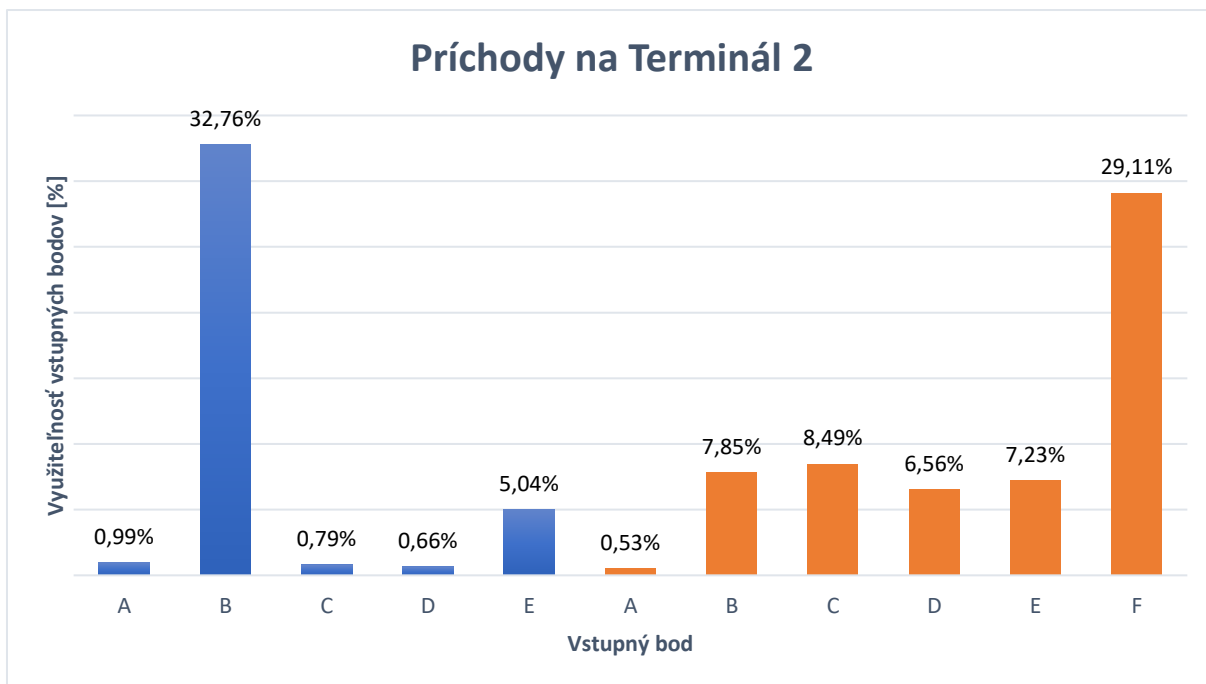
V nasledujúcich podkapitolách budú v podobe grafov zobrazené výsledky simulácií všetkých troch scenárov. Obsiahlejší komentár k výsledkom bude čitateľovi k dispozícii v kapitole 7.

### 7.1 Scenár 1

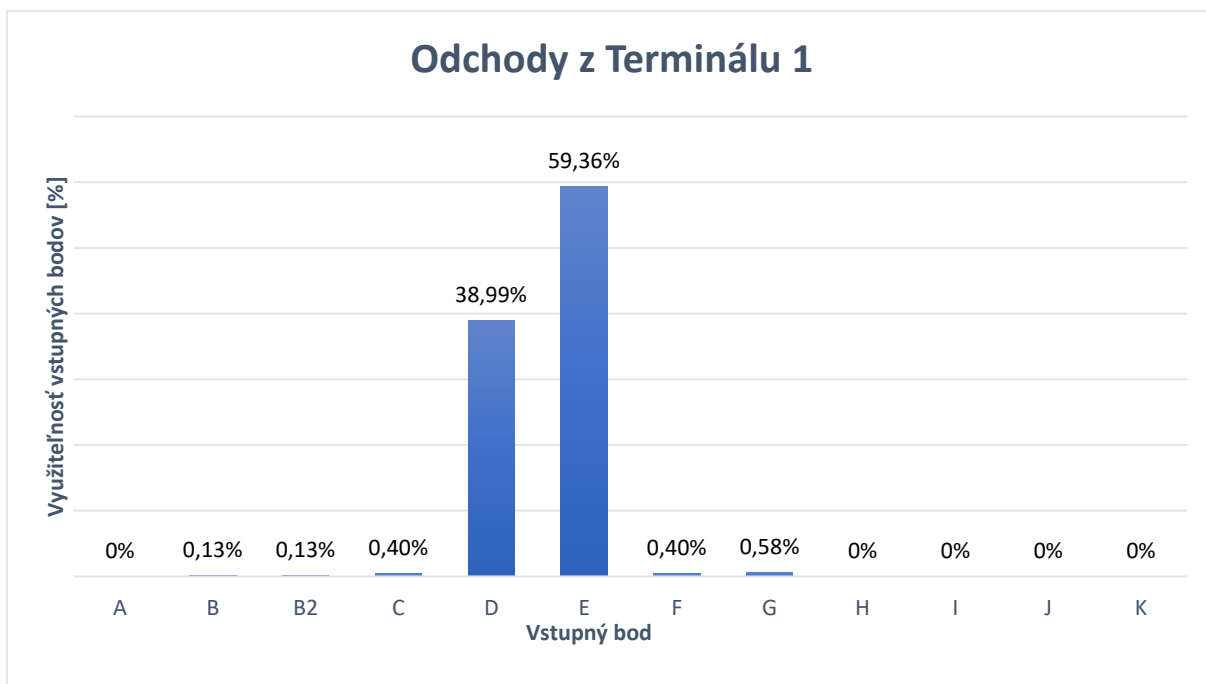
Výsledky simulácie, vzhľadom na umiestnenie vstupných bodov, vnútorných a vonkajších procesorov, prvého scenára je možné vidieť v nasledujúcich grafoch. Grafy 1 a 2 ukazujú ako cestujúci počas simulácie využívali jednotlivé vstupné body na Termináli 1. Grafy 3 a 4 zobrazujú rovnaké údaje o Termináli 2. Vstupné body na hornom podlaží sú v grafe vizualizované modrou farbou a vstupné body na dolnom podlaží zase oranžovou farbou. V nasledujúcej kapitole, kde sa budem zaoberať hodnotením výsledkov, bude prevedená analýza výsledkov. Výsledky v grafoch sú uvedené v percentách, aby z nich nebolo možné vypočítať presné počty cestujúcich



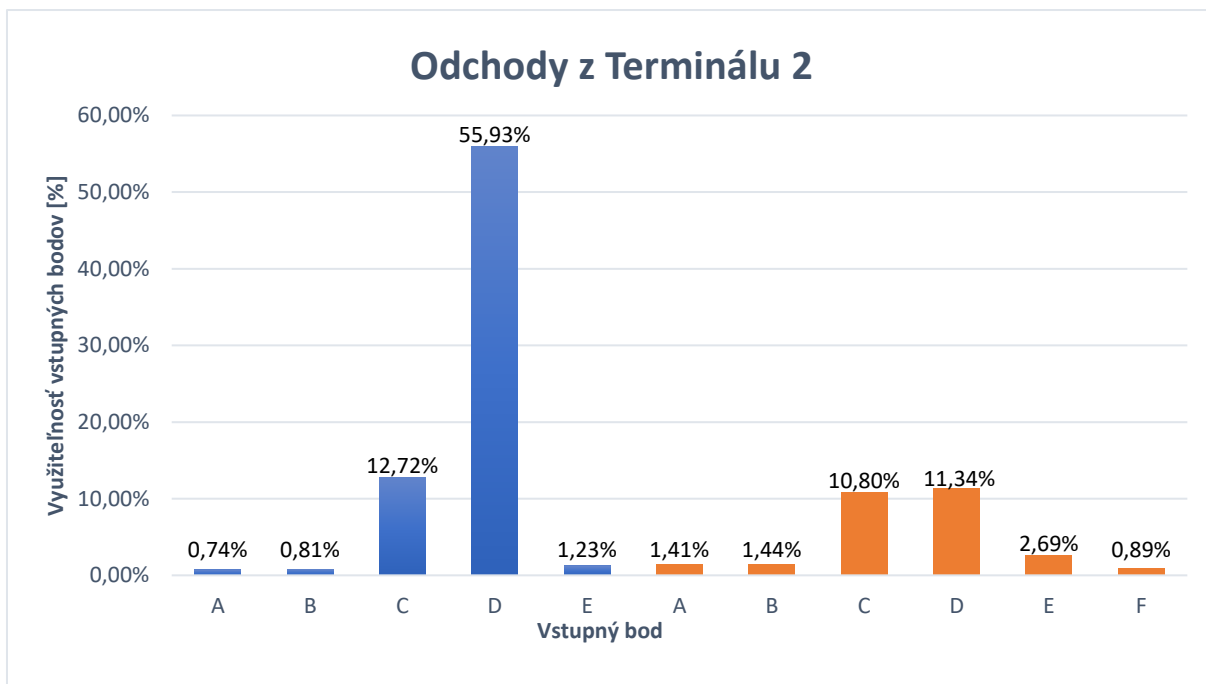
Graf 1. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 1 pri príchode – výsledok 1. simulácie



Graf 2. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 2 pri príchode – výsledok 1. simulácie

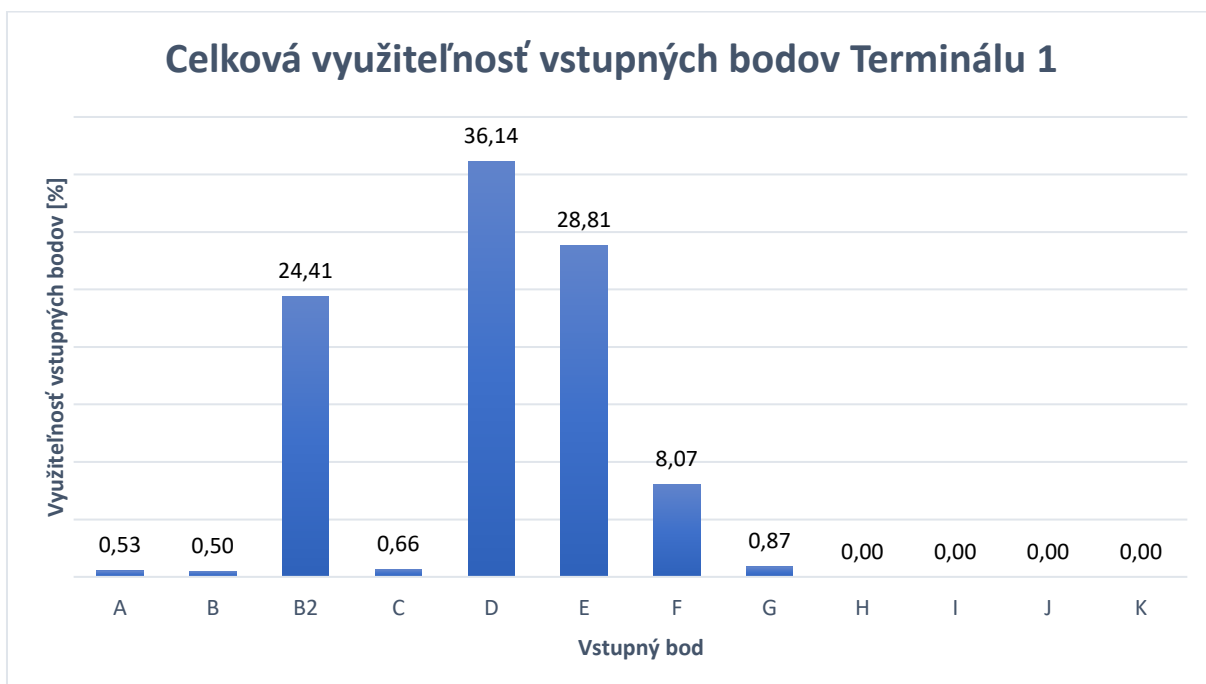


Graf 3. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 1 pri odchode – výsledok 1. simulácie



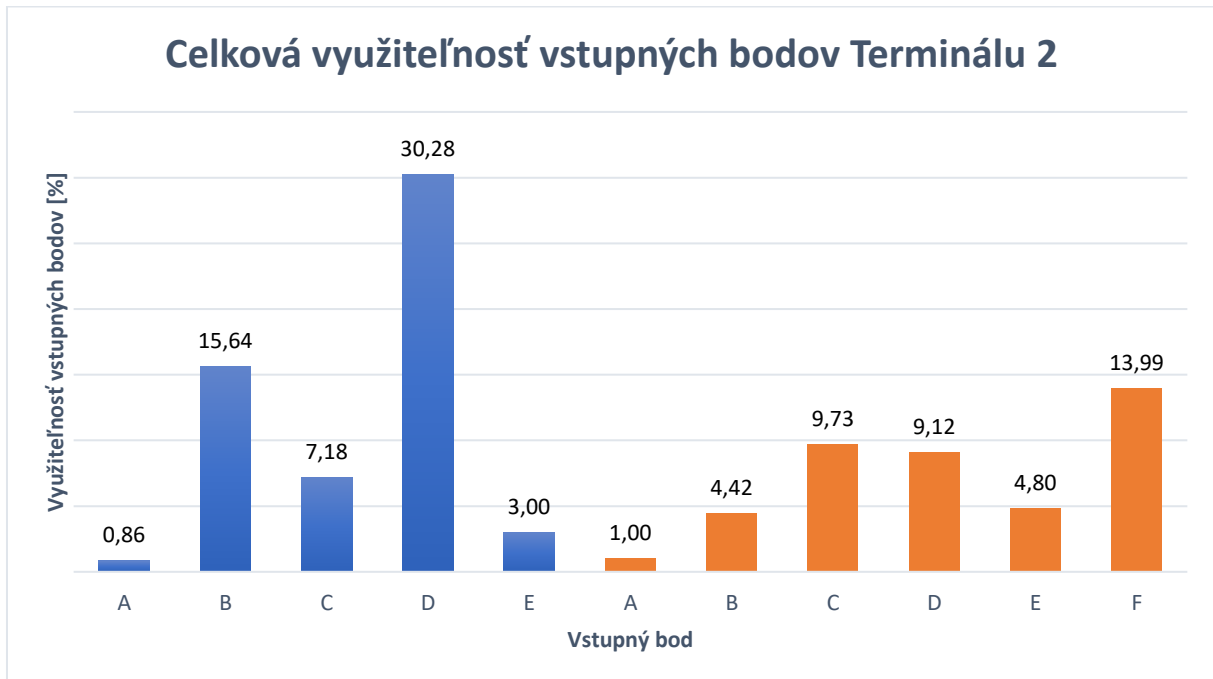
Graf 4. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 2 pri odchode – výsledok 1. simulácie

Na grafe 5 je možné vidieť využívanie vstupných bodov na Termináli 1 po sčítaní prichádzajúcich aj odchádzajúcich cestujúcich. Z tohto grafu sa určil najvyužívanejší vstupný bod. Ním bol vstupný bod D. Tento bod bude pri simulácií druhého scenára zatvorený. Percentá sú vypočítané z celkového počtu cestujúcich 19 814.



Graf 5 Celková využiteľnosť vstupných bodov na Termináli 1 – výsledok 1. simulácie

Graf 6 zobrazuje podobne ako graf 5, celkovú využitelnosť vstupných bodov na Termináli 2. Modrou farbou je v grafe zastúpené dolné podlažie, oranžovou horné. Z grafu sa dá vyčítať, že najvyužívanejším bodom je bod D na dolnom podlaží. Rovnako ako najvyužívanejší vstupný bod na Termináli 1, aj tento bude počas simulácie druhého scenára zatvorený.



Graf 6 Celková využitelnosť vstupných bodov na Termináli 2 – výsledok 1. simulácie



Obr. 17 Poloha najvyťaženejšieho bodu na Termináli 1 [5]

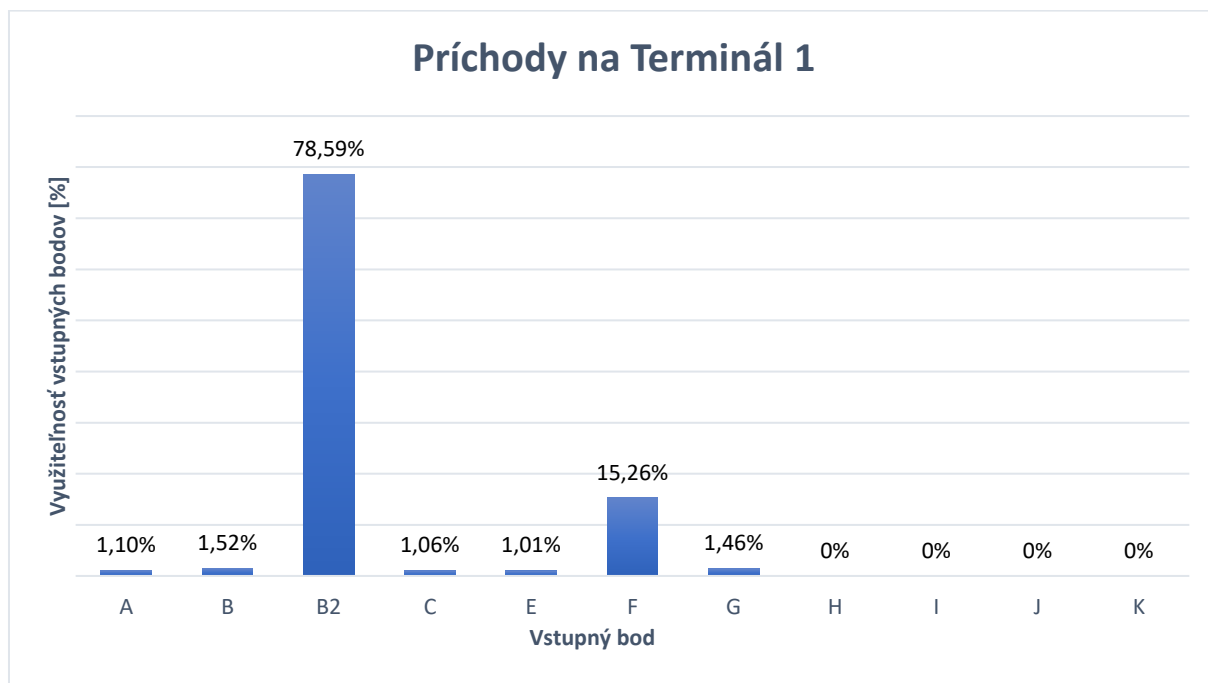


Obr. 18 Poloha najvyťaženejšieho bodu na Termináli 2 [5]

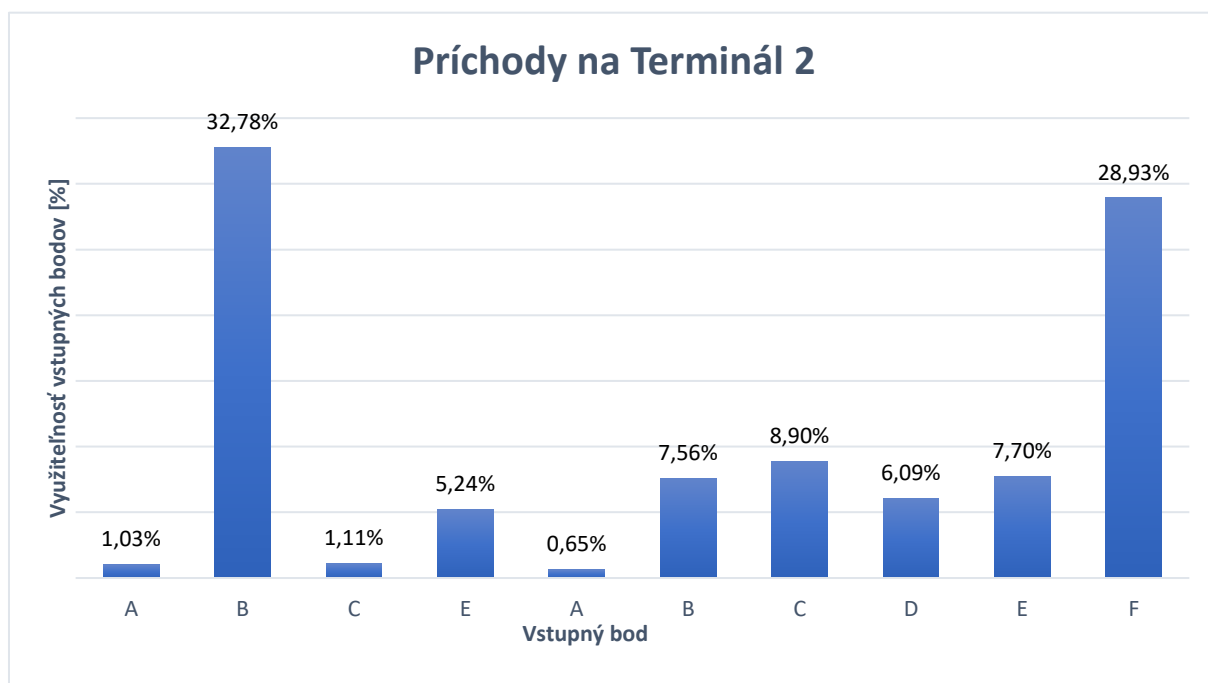


## 7.2 Scenár 2

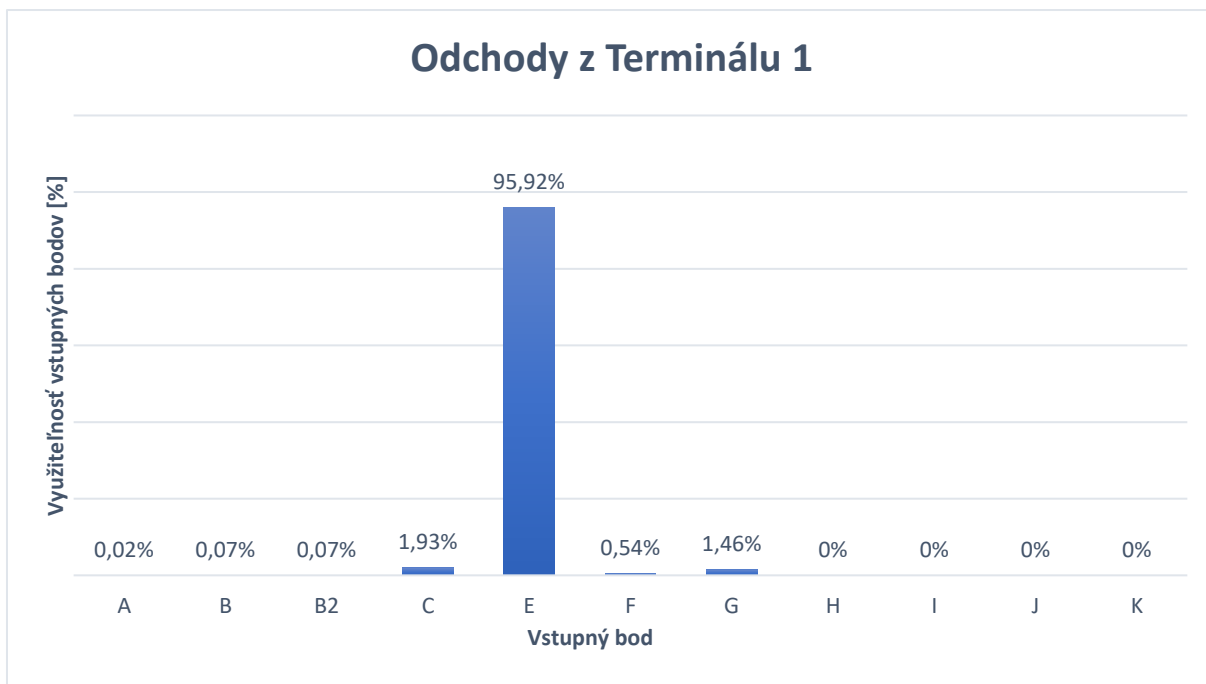
V tejto podkapitole sú v grafoch vyobrazené výsledky scenára 2. Percentá sú rovnako ako pri výsledkoch prvého scenára z celkového počtu cestujúcich 19 814.



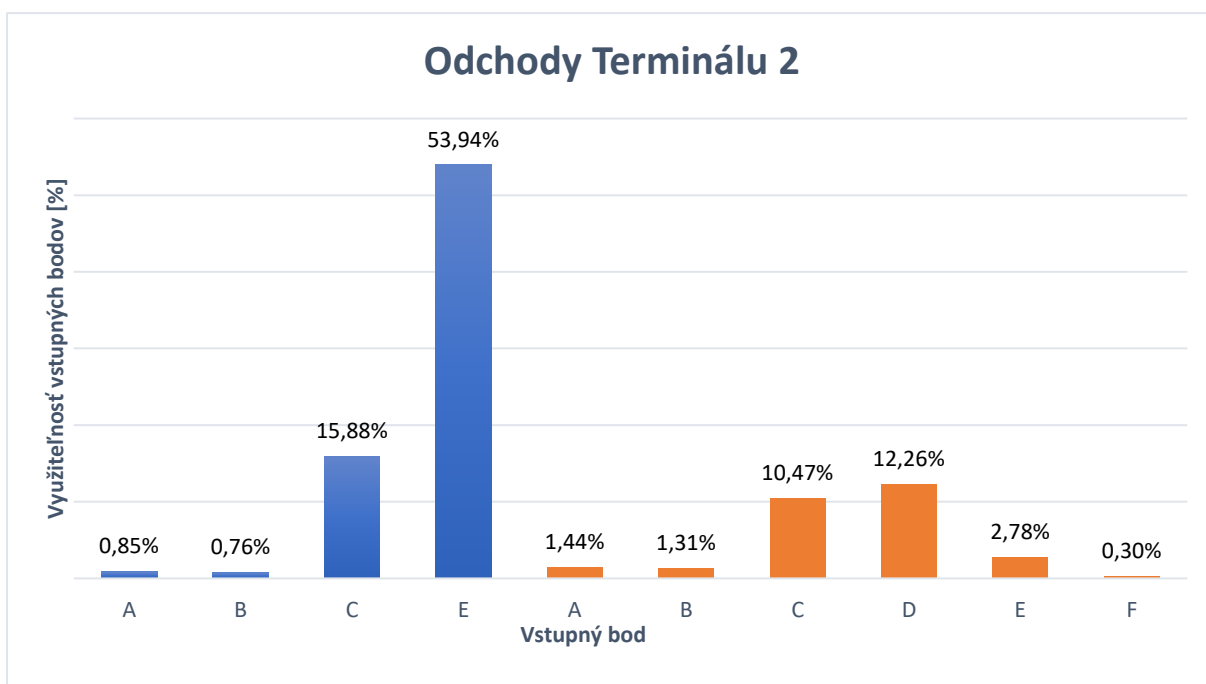
Graf 7. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 1 pri príchode – výsledok 2. simulácie



Graf 8. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 2 pri príchode – výsledok 2. simulácie

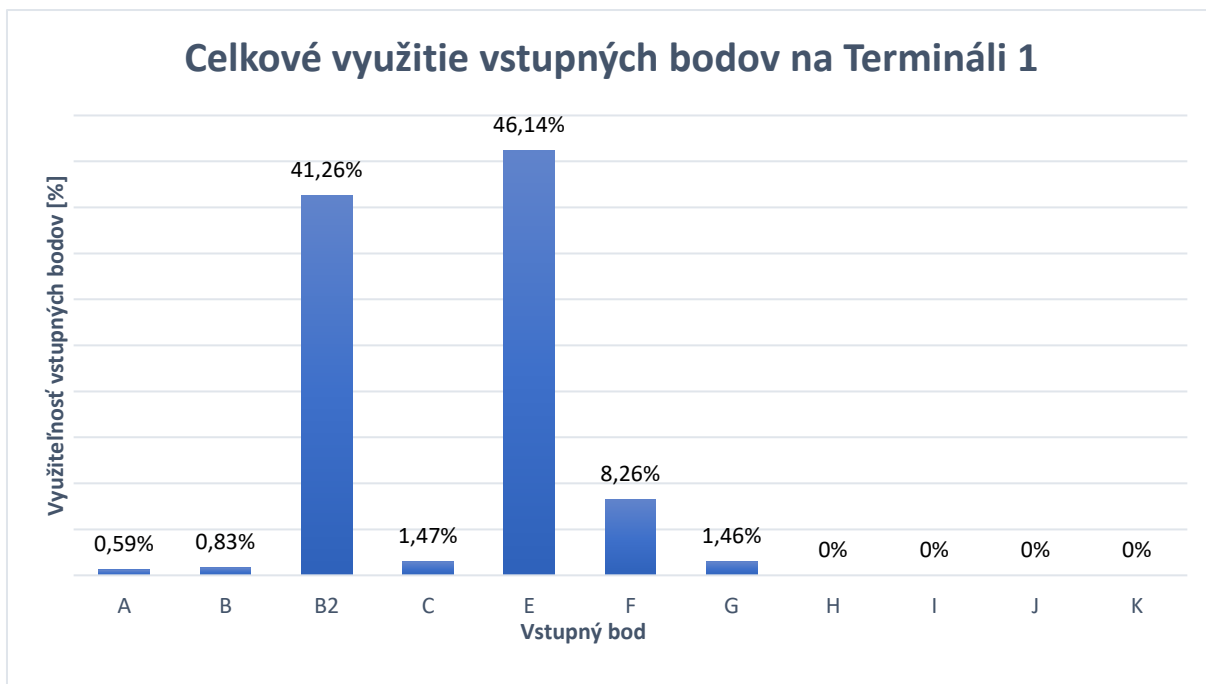


Graf 9. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 1 pri odchode – výsledok 2. simulácie

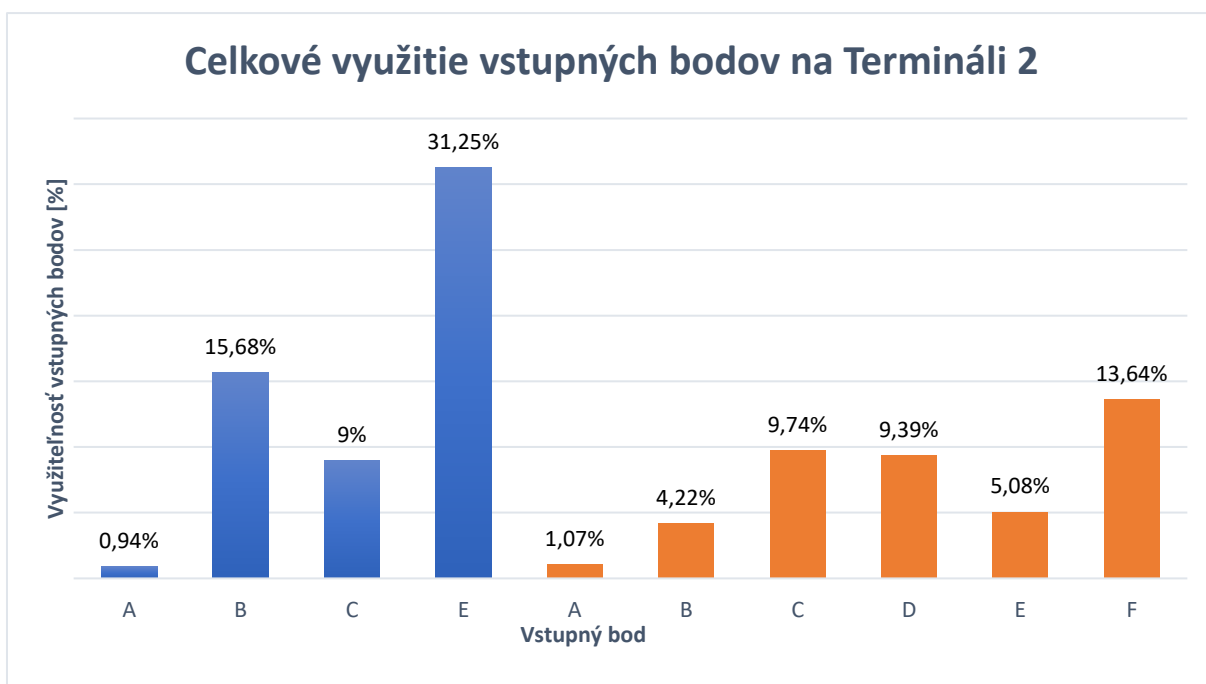


Graf 10. Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na Termináli 2 pri odchode – výsledok 2. simulácie

Pri výsledkoch celkovej využiteľnosti sú percentá spočítané z celkového počtu cestujúcich 19 814.



Graf 11 Celková využitelnosť vstupných bodov na Termináli 1 – výsledok 2. simulácie



Graf 12 Celková využitelnosť vstupných bodov na Termináli 2 – výsledok 2. simulácie

## 7.3 Výsledky pozorovania

Pre overenie nastavení v modeli a pre lepšie poznatky k diskusii výsledkov som uskutočnil pozorovanie. Nejaké informácie vyplývajúce z tohto pozorovania som už spomínal v priebehu popisu vzniku modelu. Hlavným cieľom bolo zistiť či nastavenie toku cestujúcich v modeli nie je úplne v rozpore s realitou. Výsledkom nie sú konkrétne čísla, len poznatky.

Prvým miestom bola zastávka MHD Terminál 1, respektíve nástupište D. Miesto kde cestujúci vystupujú z autobusov všetkých liniek. Zo zastávky to je podobne ďaleko k vstupnému bodu B2 aj D. Pozorovanie ukázalo, že väčšina cestujúcich po vystúpení zamierila k vchodu D.

Druhým bodom sledovania bolo zistiť, či je exterierný eskalátor využívaný cestujúcimi z nástupišťa C, zastávka Terminál 2 kde vysadzujú pasažierov všetky linky. Pozorovanie aj v tomto prípade potvrdilo odhady.

## 8. DISKUSIA VÝSLEDKOV

Prvý scenár nemal žiadne špecifiká. Išlo o simulovanie bežnej situácie vo vybranom časovom úseku. Analýzou výsledkov, ktoré simulácia priniesla, som zistil, že najvyužívanejším vstupným bodom, respektíve vchodom Terminálu 1 je bod D. Je to hlavne z dôvodu, že prijme väčšinou cestujúcich, ktorí prišli autobusmi MHD a veľkú časť cestujúcich z parkoviska P1 Express. Navyše sa nachádza, z vnútorného pohľadu, v priletovej hale. To spôsobilo že väčšina cestujúcich využíva práve tento bod pre opustenie budovy Terminálu 1. Pri ďalšej diskusii sa budem ale hlavne venovať grafu o využívaní vstupných bodov pre vstup do terminálových budov.

Cestujúci majú možnosť využiť pri príchode na letisko tri spôsoby pozemnej dopravy. Taxi (alebo Uber, Bolt...), autobusy MHD a IAD. Miesta, kde sa z daných pozemných dopravných prostriedkov vystupuje, by mali byť čo najbližšie k časti terminálovej budovy, kde sa nachádzajú check – in prepážky a vstup k bezpečnostnej kontrole. Tak aby cestujúci mal čo najjednoduchšiu a najpríjemnejšiu cestu k terminálovej bráne. To znamená, ak cestujúci zvolí pre vstup do terminálu najbližší vchod, nebude musieť zložiť hľadať svoj cieľ (prevažne check – in alebo bezpečnostná kontrola) vo vnútri budovy. Graf 1 ukazuje, že prichádzajúci cestujúci najviac využívali vchod B2. Bolo to spôsobené najmä tým, že ho využila väčšina cestujúcich, ktorí dorazili na letisko taxislužbou. Zároveň tam smerovala väčšina z parkovísk Comfort, Premium a časť cestujúcich z P1 Express. Drop – off pás sa nenachádza len priamo pred vchodom B2, avšak jeho začiatok, miesto kde by sa počas špičky mali prichádzajúce taxíky zaradzovať, je k nemu najbližšie. Vstupný bod B2 je ideálny pre cestujúcich, ktorí majú odlet z Terminálu 1. Nachádza sa práve v miestach terminálu, kde sa nachádzajú check – in prepážky a bezpečnostná kontrola.

Druhým najvyužívanejším vstupným bodom pri vstupovaní je vchod D. To je spôsobené tým, že ho využíva väčšina cestujúcich, ktorí prichádzajú autobusmi. Vchod D nie je pre vstup do budovy taký praktický ako vchod B2. Nachádza sa v miestach priletovej haly a skôr určený pre odchádzajúcich cestujúcich. Vstupný bod D je zložený z dvoch častí, respektíve z dvoch dverí. To znamená, že miešanie prichádzajúcich a odchádzajúcich cestujúcich by nemalo spôsobovať významné komplikácie. Umiestnenie autobusovej zastávky, kde autobusy svojich pasažierov vysadzujú, ponúka jednoduchý prístup aj k vchodu B2. V ideálnom prípade by si títo cestujúci (z autobusov) mali vybrať pre vstup do budovy vchod B2. Ako som ale už skôr písal, pozorovanie ukázalo, že vo väčšine prípadov volia vchod D. Bude to zrejme z dôvodu, že pokračujú v smere, v akom ich priviezol autobus. Do vchodu D smerovali aj ďalšia časť cestujúcich z P1 Express.

Tretím najvyužívanejším vchodom je F. Spôsobené to je umiestnením parkovísk Economy a Smart. Nachádzajú sa najďalej od Terminálu 1 a najkratšia cesta k nemu má na konci vchod F. K cestujúcim z parkovísk Economy a Smart sa aj v tomto prípade pridala časť cestujúcich z P1 Express. Vchod F podobne ako vchod D nie je praktický pre vstup do terminálovej budovy. Po jeho využití sa cestujúci nachádzajú ešte ďalej od odletovej haly.

Vstupné body A, B, C, E a G využilo v každom prípade niečo okolo 1% cestujúcich. Vchody A a B sú vhodné pre vstup do budovy z vnútorného pohľadu. Z vonkajšieho je ich umiestnenie mierne mimo miest kde cestujúci vystupujú z pozemných dopravných prostriedkov. Vchod E a G sa nachádzajú presne medzi miestami, kde sa chodníku priľahlému k budove terminálu pripájajú prechody pre chodcov. Z tohto dôvodu sa nenachádzajú najbližšie k miestu výstupu z aut či autobusov. Vchod E je umiestnený v časti kde je priletová hala a má svoje podstatné využitie pre vychádzajúcich cestujúcich. Vchody H, I, J a K sa nachádzajú mimo hlavných častí (priletovej a odletovej haly) budovy Terminálu 1 a preto nie je dôvod aby ich cestujúci pre vstup či výstup z budovy použili. Svoje využitie majú určite v prípade núdze, alebo pre pracovníkov letiska.

Najvyužívanejším vstupným bodom na Termináli 2 bol bod D, nachádzajúci sa dole. Rovnako ako pri bode D na Termináli 1, je to spôsobené hlavne jeho umiestnenie v priletovej hale najbližšie k výstupu z SRA zóny a preto ho využíva veľká časť cestujúcich po prilete. Na rozdiel od bodu D na Termináli 1, je zložený len z jednej časti a jedných dverí. To sa môže javiť ako problém, pre ľudí ktorí by chceli v tomto mieste do budovy Terminálu 2 vstúpiť. Veľké množstvo vychádzajúcich cestujúcich by im to mohlo znemožniť. Vďaka konfigurácií prednádražia je pre vstup tento vchod výhodný len pre veľmi malú časť cestujúcich. Konkrétne vchodom D do budovy vstúpilo len niečo viac ako pol percenta cestujúcich.

Priletová hala sa nachádza na hornom podlaží Terminálu 2. Preto pre vstup do budovy je lepšie využiť vchody nachádzajúce sa taktiež na hornom podlaží. Konfigurácia prednádražia to umožňuje. K horným vchodom je prístup z parkovísk P2 Express, Premium, Comfort. Rovnako cez vonkajší eskalátor sa môžu na horné podlažie dostať cestujúci zo zastávky MHD a z parkoviska Smart. Dolné vchody sa ponúkajú teda iba pre cestujúcich od taxislužieb a z parkoviska Economy.

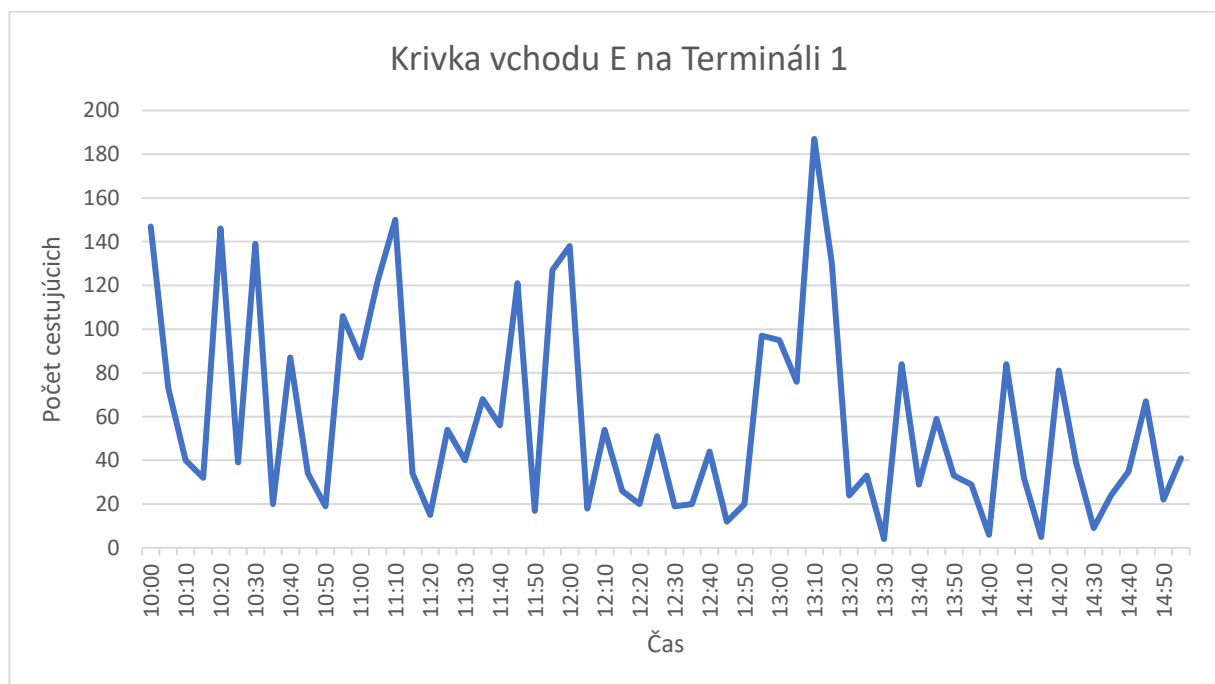
Z pohľadu príchodov je najvyužívanejším vstupným bodom, dolný bod B. Spôsobené to je umiestnením dropp – off zóny pre taxíky, ktorá má začiatok najbližšie práve k vchodu B. Ten je zložený z jedných dverí. Keďže je dolné podlažie určené pre prílety, je možnosť miešania vchádzajúcich a vychádzajúcich cestujúcich v tomto vstupnom bode. Vchody B a D na dolnom podlaží sú zložené z jedných dverí. Podľa výsledkov simulácie, by sa viac ponúkalo

keby boli vchody B a D zložené z dvoch dverí. Zvyšné vchody sa skladajú z dvoch, aj keď sú podľa simulácie využívané menej.

Druhým najvyužívanejším vstupným bodom na Termináli 2, zároveň najvyužívanejším na hornom podlaží je vchod F. Spôsobuje to exterierny eskalátor, ktorý ústí práve v blízkosti tohto vchodu. Ako vyplynulo z predchádzajúceho textu, eskalátor využíva podstatné množstvo cestujúcich. To sa ukázalo vo výsledkoch, keď v simulácii využila pre vstup do budovy vchod F viac ako 29% cestujúcich. Zložený je opäť len z jedných dverí. V tomto prípade je daný vchod vďaka svojmu umiestneniu využívaný zväčša len na vchádzanie a nepredpokladajú sa preto komplikácie pri miešaní vchádzajúcich a vychádzajúcich cestujúcich.

Zvyšné vstupné body – A, B, C a D na hornom podlaží sú využívané približne rovnomerne.

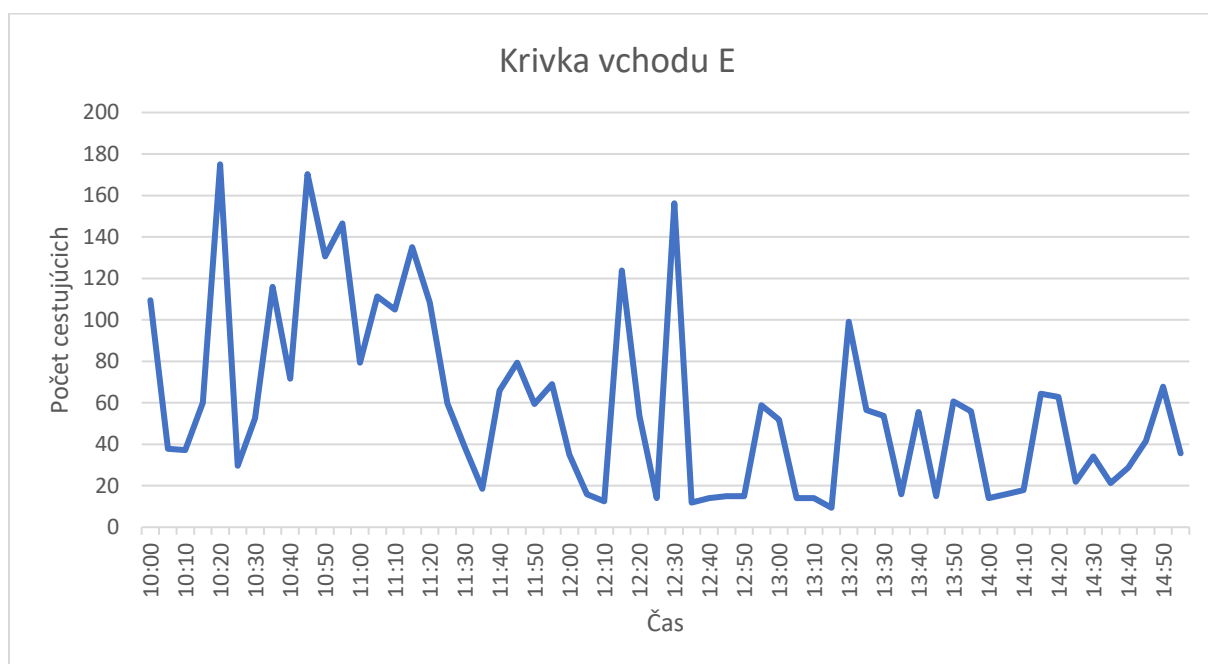
Vyradením najvyužívanejších vstupných bodov sa ich „ťažba“ logicky presunula na iné vchody. Po vyradení vchodu D na Termináli 1, sa cestujúci pre vstup do budovy namiesto neho rozhodli využiť vchod B2. Ten sa vďaka tomu stal ešte výraznejšie najvyužívanejším vstupným bodom pri príchodoch. Na výsledky druhého scenára sa ale podrobnejšie pozriem trochu odlišne. Po zatvorení vchodu D na Termináli 1 sa celkovo najvyužívanejším stal bod E. Tento bod musel poňať veľké množstvo cestujúcich. V grafe 13 je zobrazená krivka s okamžitým počtom cestujúcich, ktorí prešli dverami každých 5 minút.



Graf 13 Krivka s okamžitým počtom cestujúcich Terminál 1

Graf dosahuje vrchol v čase od 13:10 do 13:15 s hodnotou 187 cestujúcich. Čo znamená jedného cestujúceho každú jeden a pol sekundu. Vstupný bod E sa skladá z dvoch dverí, to znamená že sa cestujúci môžu rozdeliť a na jedného to vyjde na 3 sekundy. Tento údaj nepôsobí kriticky. Z toho sa dá usudzovať, že uzatvorenie vstupného bodu D, by nemalo spôsobiť „zápchy“ pri iných vchodoch. Potvrzuje to aj simulácia, kde k tomu nedošlo.

Výsledky simulácie druhého scenára, po vyradení z prevádzky bodu D (na dolnom podlaží), ukazujú že sa najvyužívanejším stal vstupný bod E (tiež dole). Terminál 2 mal naplánovaných viac letov ako Terminál 1, logicky teda doň vošlo aj vyšlo viac cestujúcich. Graf 14 má na osiach rovnaké veličiny ako graf 13.



Graf 14 Krivka s okamžitým počtom cestujúcich Terminál 2

Maximum je 175 cestujúcich v čase od 10:15 do 10:20. Aj keď Terminál 2 využilo viac cestujúcich, vstupné body volili rovnomernejšie a preto je toto maximum nižšie ako pri Termináli 1. Ani v tomto prípade by teda nemalo dôjsť ku komplikáciám. Tak tomu bolo aj počas simulácie.



## 9. ZÁVER

Účelom tejto práce bolo analyzovať tok cestujúcich v prednádraží Letiska Praha a následne analyzovať využitie vstupných bodov terminálových budov. Výsledky analýzy ukázali najvyužívanejšie vstupné body. Simulovanie viacerých scenárov malo za úlohu ukázať dôležitosť jednotlivých bodov a možné dopady vyradenia tých najdôležitejších z nich z prevádzky.

Pomalé zotavovanie sa leteckej dopravy z dopadov pandémie Covid-19 a návratu k číslam z obdobia pred pandemiou prináša opäť otázku dostatočných infraštruktúr letísk po celom svete. Mnou vybraný časový úsek pochádza z najvyťaženejšej sezóny v histórii Letiska Praha. Analýza ukázala, že prednádražie Letiska Praha je vhodne konfigurované a využiteľnosť vstupných bodov terminálových budov sa pohybuje v nekritických hodnotách. Aj v scenári vyradenia najfrekvencovanejšieho vstupného bodu z prevádzky sa jeho nástupca v najväčšej využiteľnosti nedostal nad úroveň, kedy by sa mali pred ním cestujúci hromadiť a čakať, kým budú môcť dverami prejsť.

Analýza výsledkov taktiež ukázala, že cestujúci sa výberom najbližšieho vchodu pre vstup do terminálovej budovy dostanú do časti terminálu s odletovou halou. Cestujúci tak majú možnosť dostať sa najkratšou možnou cestou k svojmu obvyklému cieľu. Zároveň sa ukázalo, že zastávky autobusov, kde sa vystupuje sa nachádzajú bližšie k odletovým halám. Nástupištia kde sa zase do autobusov nastupuje, sa nachádzajú v blízkosti priletových hál. Na Termináli 2 je problém s úrovňovým rozdielom vyriešený vonkajším eskalátorom, ktorý odkloní prichádzajúcich priamo na horné podlažie a tí sa tak nemusia miešať s odchádzajúcimi na podlaží dolnom. Jedinou slabinou sa javí dropp – off taxi pás na dolnom podlaží prednádražia Terminálu 2. Simulácia ale hlavne poskytla primárne výsledky práce, a to využiteľnosť jednotlivých vstupných bodov.

Vzhľadom na trend rastu počtov cestujúcich na Letisku Praha nepredpokladám významný nárast cestujúcich v najbližších letných sezónach oproti poslednej sezóne. Najväčším nedostatkom LKPR je neprítomnosť metra či vlaku pre jeho spojenie s mestom Praha. Plánovaná výstavba vlakovej trate, ktorá má viesť cez Letisko Praha, by mohla pomôcť s vyriešením zvyšujúcich sa počtov cestujúcich v budúcich rokoch. V súčasnosti sa veľa cestujúcich dopravuje na letisko taxislužbami. To ovplyvňuje výsledky analýzy využívania vstupných bodov terminálových budov. Železničná trať by mohla výraznejšie zmeniť pomery využívania spôsobov pozemnej dopravy pri príchode na Letisko Praha. Tento faktor by ovplyvnil využívanie vstupných bodov.

Limitáciami tejto práce boli hlavne nedostupné informácie o využívaní vstupných bodov terminálových budov z reálnej prevádzky. Dáta by poslúžili na validáciu výsledkov simulácií. To by umožnilo považovať model za schopný simulovať situácie reálnej prevádzky. Overovanie pomocou pozorovania neprináša relevantnú presnosť. Ďalšími limitáciami je neuvažovanie všetkých možných definovaných procesov pri tvorbe modelu a nedostupnosť všetkých potrebných dát. Teoretická časť je postavená na informáciách z oficiálnych internetových stránok Letiska Praha. Praktická časť, respektíve tvorba modelu, ako nástroja pre simulácie, je z časti postavená na odbornej literatúre a dátach poskytnutých Letiskom Praha. Kvôli ich citlivosti som vo väčšine prípadov neuvádzal presné čísla, ale len percentuálne zastúpenie. Dáta o využiteľnosti vstupných bodov letisko Praha neposkytlo zrejme z dôvodu zásahu do oblasti bezpečnosti. Nedostupné dáta neboli potrebné len k overeniu výsledkov, ale aj pri tvorbe modelu. Z tohto dôvodu, nie všetky nastavenia modelu sú založené na reálnych dátach, ostáva model len v rovine teórie a nie je možné ho v tomto momente považovať za vhodný nástroj pre riešenie problematík alebo návrhov v reálnej prevádzke. Ak by došlo k overeniu modelu reálnymi dátami o využiteľnosti vstupných bodov, mohol by model slúžiť napríklad pre simulácie návrhov uzatvorenia vchodových dverí pre zimné obdobie.

## 10. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Letiště Praha. Historie Letiště Václava Havla Praha. Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/historie-letiste-vaclava-havla-praha>. [cit. 2023-06-24].
- [2] LETIŠTĚ PRAHA. Technické parametry dráhy. Online. LETIŠTĚ PRAHA. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/technicke-parametry-drahy>. [cit. 2023-07-01].
- [3] LETIŠTĚ PRAHA. Z jakého terminálu odletí můj let? Online. LETIŠTĚ PRAHA. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/faq-z-jakeho-terminalu-odleti-muj-let>. [cit. 2023-07-01].
- [4] Letištní terminály v Ruzyni se přejmenují. Online. Praha.eu. 2007. Dostupné z: [https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/letecka/letistni\\_terminaly\\_v\\_ruzyni\\_se\\_prejmenuji.html](https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/letecka/letistni_terminaly_v_ruzyni_se_prejmenuji.html). [cit. 2023-07-01].
- [5] Snímky z map. Online. In: Mapy.cz. 2023. Dostupné z: <https://sk.mapy.cz/zakladni?source=base&id=1703769&ds=1&x=14.2621233&y=50.1084365&z=17>. [cit. 2023-07-01].
- [6] Plán areálu. Online. In: PlanetaCestování.cz. ©2013-2023. Dostupné z: <https://www.planetacestovani.cz/mapa-letiste-praha/>. [cit. 2023-07-01].
- [7] Destinace. Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/destinace>. [cit. 2023-07-02].
- [8] Aktualita, Letecká spojení, Tisková zpráva. Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/letiste-praha-loni-odbavilo-bezmala-44-milionu-cestujicich>. [cit. 2023-07-02].
- [9] Výroční zpráva. Online. Letiště Praha. 2023. Dostupné z: [https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/O-letisti/O%20spole%C4%8Dnosti/soubory/Vyrocni-zpravy/VZ\\_LP\\_2022.pdf](https://www.prg.aero/sites/default/files/obsah/O-letisti/O%20spole%C4%8Dnosti/soubory/Vyrocni-zpravy/VZ_LP_2022.pdf). [cit. 2023-07-02].
- [10] MANDLE, Peter B.; WHITLOCK, E.M. a LAMAGNA, Frank. Airport Curbside Planning and Design. Online. OnlinePubs.org. ©2023. Dostupné z: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1982/840/840-001.pdf>. [cit. 2023-07-03].
- [11] Doprava z letiště MHD autobusem. Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/mhd-autobusem>. [cit. 2023-11-29].
- [12] Doprava na/z letiště Taxi (Uber). Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/taxi>. [cit. 2023-07-03].
- [13] Doprava na/z letiště Osobním vozem. Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/osobnim-vozem>. [cit. 2023-07-03].
- [14] Autopůjčovna Hertz. Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/autopujcovna-hertz>. [cit. 2023-07-03].

- [15] Doprava na/z letiště Dálkovým autobusem. Online. Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.prg.aero/dalkovym-autobusem>. [cit. 2023-07-03].
- [16] DPP zahájil stavbu trolejbusové tratě na letiště Václava Havla Praha. Online. Planobnovy.cz. ©2023. Dostupné z: <https://www.planobnovy.cz/dpp-zahajil-stavbu-trolejbusove-trate-na-letiste-vaclava-havla-praha>. [cit. 2023-07-03].
- [17] Železnice na letiště. Online. Spravazeleznic.cz. ©2023. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/zeleznice-na-letiste/zakladni-informace>. [cit. 2023-07-03].
- [18] BANKS, J. HANDBOOK OF SIMULATION Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. Online. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998. ISBN 0-471-13403-1. Dostupné z: <https://juancarlosvergaras.files.wordpress.com/2013/09/handbook-of-simulation-principles-methodology-advances-applications-and-practice.pdf>. [cit. 2023-07-06].
- [19] SYCARA, Katya P. Multiagent Systems. Online. AI magazine. 1998, roč. 19, č. No.2 Intelligent Agents Summer 1998, s. 92. Dostupné z: <https://www.cs.cmu.edu/~softagents/papers/multiagentsystems.PDF>. [cit. 2023-07-07].
- [20] ING. NETRVALOVÁ, Arnoštka a . Úvod do problematiky multiagentních systémů. Online. ZČU v Plzni. Dostupné z: <https://www.kiv.zcu.cz/~netrvalo/phd/MAS.pdf>. [cit. 2023-07-07].
- [21] BRAILSFORD, Sally; CHURILOV, Leonid a DANGERFIELD, Brian. Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making. John Wiley, 2014. ISBN 9781118762745.
- [22] Floyd-Warshall Algorithm. Online. Semantic scholar.org. 2013. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/c053/e94fb1bc48c7354dcd3e8d78dc41a44d2768.pdf>. [cit. 2023-07-08].
- [23] SCHULTZ, Michael; SCHULZ, Christian a FRICKE, Hartmut. Passenger Dynamics at Airport Terminal Environment. Online. Link.springer.com. 2009. Dostupné z: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-04504-2\\_33](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-04504-2_33). [cit. 2023-07-10].
- [24] KERNER, Libor, Viktor SÝKORA a Ludvík KULČÁK. Provozní aspekty letišť. Praha : Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-010-2841-0
- [25] Dáta poskytnuté Letiskom Praha
- [26] Pedestrian Library. Online. Anylogic.com. 2009. Dostupné z: <https://www.anylogic.com/features/libraries/pedestrian-library/>. [cit. 2023-11-18].
- [27] Snímka prednádražia Terminálu 1. Online. In: Archiv.hn.cz. ©2023. Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-63926760-cenove-nevalne-letiste-by-melo-skoncit-obchody-na-ruzyni-se-letos-zmeni>. [cit. 2023-11-27].
- [28] Snímka prednádražia Terminálu 2. Online. In: Letiště Praha. ©2023. Dostupné z: <https://www.aeroparking.cz/en/pb-economy>. [cit. 2023-11-27].
- [29] Snímky z map. Online. In: Google maps. 2023. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>

[30] AnyLogic. Online. Anylogic.com. ©2023. Dostupné z:  
<https://www.anylogic.com/company/about-us/>. [cit. 2023-11-30].

[31] Dáta od Letiště Praha [4.8.2023]

## Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Plán Letiska Praha z roku 2022.....	13
Obrázok 2: Nové letisko - Terminál Sever .....	14
Obrázok 3: Staré Letisko - Terminál Juh.....	15
Obrázok 4: Súčasná podoba prednádražia pred Terminálom 1.....	21
Obrázok 5: Priestor pred Terminálom 2.....	21
Obrázok 6: Stavový diagram s procesmi.....	22
Obrázok 7: Fajčiarska zóna.....	23
Obrázok 8: Exterierový eskalátor.....	23
Obrázok 9: Vymedzený priestor.....	30
Obrázok 10: Body v modeli (1).....	35
Obrázok 11: Body v modeli (2).....	35
Obrázok 12: Vrcholy a vzdialenosti medzi nimi.....	38
Obrázok 13: Stavové diagramy prichádzajúcich cestujúcich.....	40
Obrázok 14: Stavové diagramy odchádzajúcich cestujúcich.....	40
Obrázok 15: Zatvorený vstupný bod.....	49
Obrázok 16: Ukážka simulácie.....	50
Obrázok 17: Poloha najvyužívanejšieho vstupného bodu T1.....	54
Obrázok 18: Poloha najvyužívanejšieho vstupného bodu T2.....	54

## Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Zhrnutie prvkov a procesov.....	33
Tabuľka 2: Odlety z Terminálu 1.....	44
Tabuľka 3: Odlety z Terminálu 2.....	45
Tabuľka 4: Prílety na Terminál 1.....	46
Tabuľka 5: Prílety na Terminál 2.....	47

## Zoznam grafov

Graf 1: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T1 pri príchode – výsledok 1. simulácie.....	51
Graf 2: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T2 pri príchode – výsledok 1. simulácie.....	52
Graf 3: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T1 pri odchode – výsledok 1. simulácie.....	52
Graf 4: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T 2 pri odchode – výsledok 1. simulácie.....	53
Graf 5: Celková využiteľnosť vstupných bodov na T1 – výsledok 1. simulácie.....	53
Graf 6: Celková využiteľnosť vstupných bodov na T2 – výsledok 1. simulácie.....	54
Graf 7: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T1 pri príchode – výsledok 2. simulácie.....	55

Graf 8: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T2 pri príchode – výsledok 2. simulácie.....	55
Graf 9: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T1 pri odchode – výsledok 2. simulácie.....	56
Graf 10: Výsledky využiteľnosti vstupných bodov na T2 pri odchode – výsledok 2. simulácie.....	56
Graf 11: Celková využiteľnosť vstupných bodov na T1 – výsledok 2. simulácie.....	57
Graf 12: Celková využiteľnosť vstupných bodov na T2 – výsledok 2. simulácie.....	57
Graf 13: Graf 13 Krivka s okamžitým počtom cestujúcich Terminál 1.....	61
Graf 14: Graf 13 Krivka s okamžitým počtom cestujúcich Terminál 2.....	62