

Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta aplikovaných věd  
Katedra informatiky a výpočetní techniky

## Bakalářská práce

# CAAFIS: Aplikace na podporu poskytování letištní letové informační služby



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta aplikovaných věd  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin VÁŇA**  
Osobní číslo: **A12B0193P**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informatika**  
Název tématu: **CAAFIS: Aplikace na podporu poskytování letištní letové informační služby**  
Zadávací katedra: **Katedra informatiky a výpočetní techniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se rámcově s pravidly létání malých letadel v provozních zónách letišť (ATZ) a s pravidly letištní letové informační služby AFIS. Prozkoumejte existující počítačovou podporu služby AFIS.
2. Navrhněte a implementujte intuitivní a snadno ovladatelnou aplikaci, která bude významně usnadňovat a částečně automatizovat výkon služby AFIS. Dispečerovi AFIS bude poskytovat pomocí přehledného zobrazení informace o známém provozu v provozní zóně (ATZ), důležité informace předávané letadlům v ATZ a na letišti (počasí, QNH, RWY in use, atp.). Aplikace musí být maximálně modulární, aby bylo možno později zapracovávat další součásti.
3. Ověřte kvalitu implementovaného řešení buď reálným nasazením na malém sportovním letišti nebo důkladnou simulací.
4. Vše důkladně zdokumentujte, popište dosažené výsledky.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **doporuč. 30 s. původního textu**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:  
**Dodá vedoucí bakalářské práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kamil Ekštejn, Ph.D.**  
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2015**

  
Doc. RNDr. Miroslav Lávička, Ph.D.  
děkan



  
Prof. Ing. Jiří Šafařík, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2014

## Poděkování / Prohlášení

Chtěl bych poděkovat Ing. Kamilu Ekšteinovi, Ph.D. za vedení této práce a věcné připomínky. Dále bych rád poděkoval RNDr. Petru Olšákovi za nástroj OPmac.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 22. 4. 2015

.....  
Martin Váňa

*Microsoft a Windows* jsou registrované ochranné známky společnosti *Microsoft Corporation*, *IBM PC* je registrovaná ochranná známka společnosti *International Business Machines Corporation*. V práci jsou kromě výše uvedených použity i další názvy softwarových produktů, firem, apod., které mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

## Abstrakt / Abstract

Práce se zabývá vývojem podpůrné aplikace pro letištní letové informační služby (AFIS), jejíž cílem je významně napomoci poskytování této služby. Jsou zde stručně popsány pojmy a pravidla letového provozu. Zmiňují se zde existující softwarová řešení, která jsou však odlišná od navržené aplikace. Dále se zabývá popisem vlastního návrhu řešení. K realizaci byl použit framework *Qt*, zejména jeho knihovna *Qt Quick* pro tvorbu grafických uživatelských rozhraní pomocí deklarativního jazyka *QML*. Na závěr jsou uvedeny příklady použití aplikace v typických situacích během radiokorespondence s operátorem AFIS a testovací scénáře, které posloužily k ověření kvality řešení.

**Klíčová slova:** AFIS, software, podpora AFIS, poskytování informací letovému provozu, *Qt Quick*, *QML*

The thesis deals with the development of software intended to support and significantly improve the service provided by the Aerodrome Flight Information Service (AFIS). First, air traffic rules, acronyms and abbreviations are briefly mentioned, and existing software solutions, which are different from the proposed application, are described. Then it gives a complete description of the proposed solution. The software was implemented using the *Qt* framework, especially its module *Qt Quick*, which provides an engine and visual components for creating a graphical user interface using the *QML* markup language. Finally, examples of the application's use during typical radio communication with an AFIS operator and test scenarios that served to verify the quality of the solution are provided.

**Keywords:** AFIS, software, AFIS assistance, providing airport flight information, *Qt Quick*, *QML*

**Title translation:** CAAFIS: Computer-Aided Aerodrome Flight Information Service

# Obsah /

<b>1 Úvod</b> .....	1
<b>2 Pravidla letového provozu</b> .....	3
2.1 Pojmy .....	3
2.1.1 ICAO .....	3
2.1.2 IATA .....	3
2.1.3 Kód letiště .....	3
2.1.4 Vzletová a přistávací dráha .....	4
2.1.5 Letištní okruh .....	5
2.1.6 Letištní provozní zóna .....	5
2.1.7 Letištní letová infor- mační služba .....	6
2.2 Předpisy .....	6
2.2.1 Pohyb po okruhu .....	6
2.2.2 Typy hlášení .....	7
<b>3 Analýza problému</b> .....	9
3.1 Požadavky na aplikaci .....	9
3.2 Existující řešení .....	9
3.2.1 AeroPlus Tower .....	9
3.2.2 SESAR Remote Tower... ..	10
3.2.3 Airfield Technology .....	10
3.2.4 Airport Suppliers .....	11
3.2.5 Shrnutí .....	11
3.3 Volba frameworku .....	11
3.3.1 Swing .....	11
3.3.2 Qt .....	12
3.3.3 Shrnutí .....	12
<b>4 Řešení</b> .....	13
4.1 Použité technologie .....	13
4.2 Detaily implementace .....	13
4.2.1 Controller .....	13
4.2.2 Airport .....	14
4.2.3 Plane .....	14
4.2.4 Settings .....	14
4.2.5 UnitConverter .....	14
4.3 Vizuální komponenty .....	15
4.3.1 Menu .....	15
4.3.2 Nastavení .....	15
4.3.3 Informační panel .....	16
4.3.4 Letadlo .....	17
4.3.5 Hangár .....	17
4.3.6 Seznam letadel .....	17
4.3.7 ATZ .....	18
4.3.8 Letištní okruh .....	19
4.3.9 Kompas .....	19
4.4 Nevizuální komponenty .....	20
4.4.1 Logika letiště .....	20
4.5 Externí knihovny .....	21
4.5.1 QsLog .....	21
4.6 Technické požadavky .....	22
4.7 Shrnutí .....	22
<b>5 Ověření kvality řešení</b> .....	23
5.1 Příklady typických radioko- respondencí s AFISO .....	23
5.1.1 Vzlétnutí letadla, opuš- tění ATZ .....	23
5.1.2 Vstup do ATZ, přistání ..	24
5.1.3 Operace v ATZ .....	25
5.2 Testovací scénáře .....	26
5.2.1 Nastavení .....	26
5.2.2 Informační panel .....	27
5.2.3 Seznam letadel .....	28
5.2.4 ATZ – průlet .....	28
5.2.5 ATZ – vstup do okruhu .	29
5.2.6 ATZ – let po okruhu .....	29
5.2.7 ATZ – operace v ATZ ...	29
5.2.8 Ad-hoc .....	30
5.3 Shrnutí .....	30
<b>6 Závěr</b> .....	31
<b>Literatura</b> .....	33
<b>A Zkratky</b> .....	35
<b>B Uživatelská dokumentace</b> .....	37
B.1 Požadavky .....	37
B.2 Překlad a spuštění programu ..	37
B.2.1 Překlad programu .....	37
B.2.2 Spuštění programu .....	37
B.3 Obsluha programu .....	37
B.3.1 Menu .....	37
B.3.2 Dialog nastavení .....	38
B.3.3 Informační panel .....	38
B.3.4 Hangár .....	40
B.3.5 Seznam letadel .....	40
B.3.6 Letištní provozní zóna ...	40
B.3.7 Letištní okruh .....	41
B.3.8 Kompas .....	42
B.3.9 Letadlo .....	43
B.3.10 Logování informací .....	43
<b>C Testovací reporty</b> .....	45
C.1 Subjekt 1 .....	45
C.1.1 Nastavení .....	45
C.1.2 Informační panel .....	47
C.1.3 Seznam letadel .....	48

C.1.4	ATZ – průlet .....	48
C.1.5	ATZ – vstup do okruhu .	49
C.1.6	ATZ – let po okruhu.....	50
C.1.7	ATZ – operace v ATZ ...	50
C.1.8	Ad-hoc .....	50
C.1.9	Shrnutí .....	51
C.2	Subjekt 2 .....	51
C.2.1	Nastavení.....	51
C.2.2	Informační panel .....	53
C.2.3	Seznam letadel .....	54
C.2.4	ATZ – průlet .....	54
C.2.5	ATZ – vstup do okruhu .	55
C.2.6	ATZ – let po okruhu.....	56
C.2.7	ATZ – operace v ATZ ...	56
C.2.8	Ad-hoc .....	56
C.2.9	Shrnutí .....	56
C.3	Subjekt 3 .....	57
C.3.1	Ad-hoc .....	57
C.3.2	Shrnutí .....	58



## Tabulky / Obrázky

<b>2.1.</b> Příklady kódů letišť .....	4
<b>2.1.</b> Vzletová a přistávací dráha .....	4
<b>2.2.</b> Letištní okruh .....	5
<b>2.3.</b> Letištní provozní zóna .....	5
<b>3.1.</b> AeroPlus Tower software.....	10
<b>4.1.</b> Nastavení aplikace .....	15
<b>4.2.</b> Informační panel .....	16
<b>4.3.</b> Barevné varianty letadla.....	17
<b>4.4.</b> Letadlo s registrační značkou ..	17
<b>4.5.</b> Komponenta ATZ .....	18
<b>4.6.</b> Komponenta letištní okruh ....	19
<b>4.7.</b> Komponenta kompas.....	20
<b>4.8.</b> Výsledná aplikace .....	22
<b>5.1.</b> Vzlétnutí letadla, opuštění ATZ.....	23
<b>5.2.</b> Vstup do ATZ, přistání .....	24
<b>5.3.</b> Operace v ATZ .....	25
<b>B.1.</b> Hlavní okno aplikace .....	38
<b>B.2.</b> Dialog nastavení aplikace .....	39
<b>B.3.</b> Informační panel .....	39
<b>B.4.</b> Letištní provozní zóna .....	41
<b>B.5.</b> Letištní okruh .....	41
<b>B.6.</b> Kompas .....	42
<b>B.7.</b> Barevné varianty letadla.....	43
<b>B.8.</b> Letadlo s registrační značkou ..	43
<b>C.9.</b> Max OS X dialog.....	57
<b>C.10.</b> Windows 7 chybová hláška ....	57



# Kapitola 1

## Úvod

V posledních letech zažily informační technologie výrazný rozmach, který se projevil jak v komerčním, tak i civilním letectví (GA – *General aviation*). Jednu z nejnvýraznějších změn lze nalézt ve vybavení sportovních a turistických letadel, kam masivně a rychle pronikají nejnovější technologie, jako je například tzv. „glass cockpit“, typicky složený z LCD obrazovek, které nahradily tradiční analogové přístroje (např. výškoměr), GPS či inerciální navigační systém.

Zatímco mezinárodní a větší řízená letiště se neobejdou bez výpočetní techniky, u neřízených letišť je situace opačná. Stále se zde často používá tužka a papír k zaznamenávání provozu na letišti.

Tato bakalářská práce se proto zabývá vývojem podpůrné aplikace pro letištní letové informační služby (CAAFIS – *Computer-Aided Aerodrome Flight Information Service*), jejíž cílem je významně napomoci poskytování této služby. Dispečerovi AFIS by měla poskytovat pomocí přehledného zobrazení informace o známém provozu v provozní zóně (ATZ), důležité informace předávané letadlům v ATZ a na letišti (počasí, QNH, RWY in use, atp.). Návrh aplikace musí být maximálně modulární, aby bylo možno později zapracovávat další součásti, jako např. komunikaci s IP meteostanicí, modulem pro detekci polohy letadel, atp.

V následujících kapitolách se nejprve seznámíme s pravidly letového provozu v ATZ a pravidly týkající se poskytování služby AFIS. Poté provedeme analýzu existujících řešení a vhodného programového vybavení pro realizaci aplikace. Stěžejní částí aplikace bude schématická simulace leteckého provozu v provozní zóně.

Výsledný program přehledně zobrazí informace předávané letadlům a schématicky vizualizuje letecký provoz v provozní zóně. Aplikace bude fungovat na platformách *GNU/Linux*, *Mac OS X* i *Windows*.



# Kapitola 2

## Pravidla letového provozu

V této kapitole se seznámíme s pravidly letového provozu v provozní zóně (ATZ) neřízených letišť. Věnovat se budeme pouze částem podstatným pro vytvoření podpůrné aplikace pro letištní letovou informační službu (AFIS). Zde uvedené informace nemohou sloužit jako ucelený učební materiál pro začínající piloty, ale jsou nutné k porozumění problematice služby AFIS pro účely aplikace. Pokud nebude uvedeno jinak, informace byly čerpány z [1].

### 2.1 Pojmy

Znalost níže uvedených pojmů, jejich zkratk (případně anglických názvů, od kterých byly zkratky povětšinou odvozeny) je klíčová pro pochopení navazujících kapitol.

#### 2.1.1 ICAO

Mezinárodní organizace pro civilní letectví (*International Civil Aviation Organization*), zkráceně ICAO, je mezinárodní agentura Organizace spojených národů (OSN, anglicky *United Nations*), jejíž prací je standardizovat principy a techniky mezinárodní civilní letecké dopravy. Její sídlo se nachází v Montrealu v Kanadě.

Organizace vznikla *Chicagskou úmluvou* 7. prosince 1944 a v říjnu roku 1947 se stává součástí OSN. Tvoří a přijímá normy a doporučené postupy týkající se letecké dopravy, infrastruktury, atp.

Mezi nejdůležitější standardy patří zejména model kolísání tlaku, teploty a viskozity atmosféry v závislosti na nadmořské výšce sloužící k přesné kalibraci přístrojů. Významné jsou taktéž unikátní kódy letišť, aerolinií a typů letadel. Více informací naleznete na [2] nebo [3].

#### 2.1.2 IATA

Mezinárodní asociace leteckých dopravců IATA (*International Air Transport Association*) je obchodní asociací představující přibližně 250 světových leteckých dopravců, kteří představují 84 % celkového objemu letecké dopravy.

Založena byla v dubnu roku 1945 na Kubě. Sídlí v Montrealu v Kanadě stejně jako ICAO, se kterou do jisté míry spolupracuje. Pomáhá formulovat průmyslovou politiku v oblasti letectví. Pro více informací navštivte jejich web [4].

#### 2.1.3 Kód letiště

Teoreticky by každé letiště mělo mít právě jedno kódové označení. Realita je však jiná a v praxi se používají minimálně dvě:

- **IATA** – Jedná se o *třípísmenné* značení světových letišť nevládní mezinárodní organizace IATA a jsou aktualizována dvakrát ročně. Toto značení můžeme nalézt na zavazadlech či na letenkách.

- **ICAO** – Kód definovaný organizací ICAO je unikátní čtyřpísmenný alfanumerický<sup>1</sup> kód pro všechna letiště světa. Je tvořen systematicky na rozdíl od kódů IATA. První znak reprezentuje kontinent, druhý znak konkrétní stát a zbývající dva identifikují konkrétní letiště. Ze znalosti daného kódu lze usoudit, kde se letiště přibližně nachází. ICAO používají piloti, řízení letového provozu (ATC) a služby sledující pohyb letadel (ATS).

Příklady kódů letišť:

Název letiště	IATA	ICAO
Letiště Václava Havla, Praha	PRG	LKPR
Letiště Johna F. Kennedyho, New York	JFK	KJFK
Letiště Charlese de Gaulla, Paříž	CDG	LFPG
Letiště Rokycany	–	LKRY
Letiště Plzeň-Líně	–	LKLN

**Tabulka 2.1.** Příklady kódů letišť

Další příklady kódů IATA začínající na písmeno A lze nalézt např. zde [5] a kódy ICAO zde [6]. Předpokládá se, že v budoucnu by se mělo používat jen značení vytvořené organizací ICAO.

#### ■ 2.1.4 Vzletová a přistávací dráha

Vzletová a přistávací dráha (VPD), anglicky označovaná jako *runway* (RWY), je plocha obdélníkového tvaru na letišti určená ke vzletu a přistání letadel. Může být zpevněná (beton, asphalt, atp.) nebo nezpevněná (tráva, štěrk, atp.).

Pojmenování dráhy je dáno jejím magnetickým kurzem. Jedná se o dvouciferné číslo z rozsahu 01–36, které po vynásobení deseti dává přibližný azimut dráhy. Jelikož se dráha často využívá oběma směry v závislosti na větru, je dráha označena dvojicí čísel, která se liší o 18 (180°).



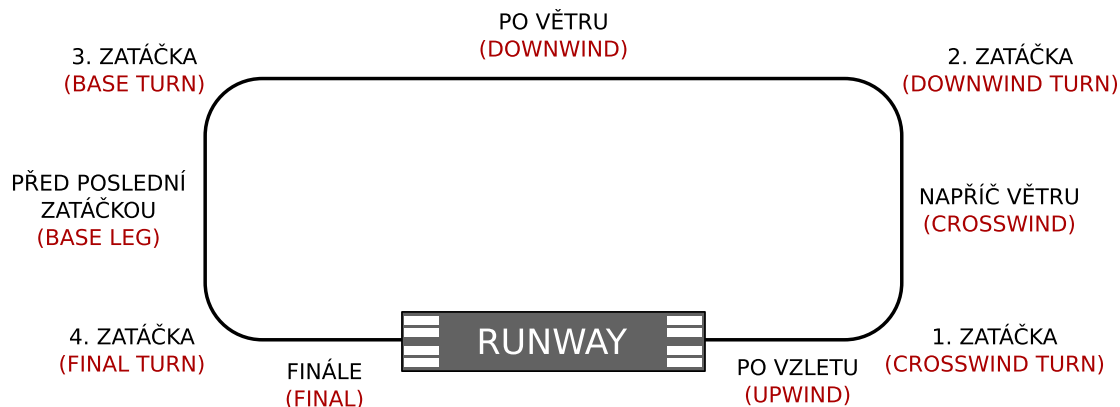
**Obrázek 2.1.** Vzletová a přistávací dráha 02/20

Na obrázku 2.1 je vyobrazena dráha s číslem 02/20. Při příletu „zespodu“ je dráha o 20° pootočená od severu a při příletu „seshora“ je natočena o 200°.

<sup>1</sup>) Je složen z písmen abecedy a číslic (neobsahuje speciální znaky jako například !@#%&).

### 2.1.5 Letištní okruh

Letištní okruh je pomyslný obrazec nejčastěji obdélníkového tvaru sloužící k bezpečnému a předvídatelnému pohybu letadel v bezprostředním okolí letiště. Okruh musí vést mimo obecní zástavbu, jelikož letový provoz představuje značné bezpečnostní riziko a je rušivý, což ovlivňuje jeho výsledný tvar. Jeho skutečný<sup>1</sup> tvar však není, z hlediska předpisů či následné vizualizace aplikací, podstatný. Budeme proto uvažovat standardní letištní okruh, který je znázorněn na obrázku 2.2.



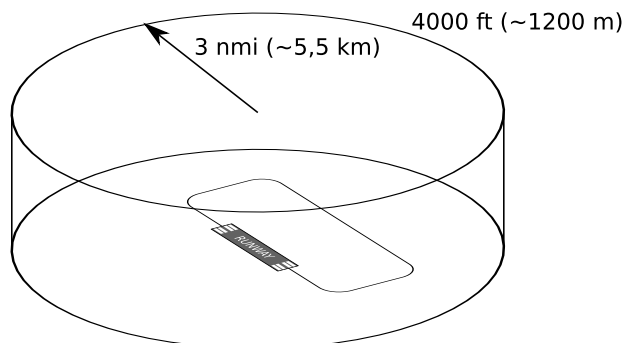
Obrázek 2.2. Letištní okruh (levý)

Okruhy se rozdělují na levé a pravé. Na levém okruhu se pohybujeme proti směru hodinových ručiček (CCW – *counterclockwise*), na pravém okruhu po směru hodinových ručiček (CW – *clockwise*). Výběr okruhu, který se bude používat, závisí na směru větru a volí jej například operátor služby AFIS.

Protože se vzlet a přistání provádí vždy proti směru větru, byly části okruhu pojmenovány (v závorce je vždy uveden anglický název) *po vzletu* (*upwind*), *napříč větru* (*crosswind*), *po větru* (*downwind*), *před poslední zatáčkou* (*base leg*) a *finále* (*final*). Na obrázku jsou navíc doplněny názvy jednotlivých zatáček.

### 2.1.6 Letištní provozní zóna

Jako letištní provozní zóna (ATZ – *Aerodrome Traffic Zone*) se označuje válcový vzdušný prostor v okolí neřízeného<sup>2</sup> letiště. V takovýchto zónách je poskytována služba AFIS (viz dále) či služba poskytování informací o známém provozu<sup>3</sup>, která je zjednodušenou formou služby AFIS.



Obrázek 2.3. Letištní provozní zóna

<sup>1</sup>) Informace o konkrétních letištích a jejich okruzích naleznete například v [7] nebo na [8].

<sup>2</sup>) Letiště bez služby řízení letového provozu ATC (*Air Traffic Control*) se nazývají neřízená.

<sup>3</sup>) Služba poskytování informací o známém provozu má volací znak RADIO.

Kruhová podstava provozní zóny (viz obrázek 2.3) má střed ve vztažném bodě letiště ARP (*Aerodrome Reference Point*) a poloměr je roven třem<sup>1</sup> námořním mílím<sup>2</sup>, což je rovno přibližně 5,5 km. Vertikálně je výška zóny ATZ omezena zemským povrchem a výškou 4000 ft (cca 1200 m) nad mořem.

### 2.1.7 Letištní letová informační služba

Letištní letová informační služba (AFIS<sup>3</sup> – *Aerodrome Flight Information Service*) poskytuje informace o provozu na letišti, meteorologických datech, případných rizicích, atp. s cílem zajištění bezpečného provádění letů. Služba neřídí provoz (nevydává letové povolení), ale koordinuje jej.

Letiště se službou AFIS, až na výjimky, nejsou vybavena radary. Je tedy nutné při příletu do ATZ takového letiště přesně ohlásit vysílačkou svojí polohu a zamýšlené úmysly operátorovi (AFISO).

## 2.2 Předpisy

Nyní si uvedeme elementární předpisy týkající se letového provozu v zóně ATZ, které jsou důležité pro realizaci pomocné aplikace služby AFIS. Na letištích s ATC platí naprosto odlišné předpisy [9].

### 2.2.1 Pohyb po okruhu

Pohyb letadla po letištním okruhu lze rozdělit na několik částí – vzlet, stoupaní po vzletu, let po okruhu, opuštění okruhu, vstup do okruhu, přiblížení na přistání a přistání.

- **Vzlet** – Před samotným vzletem je nutné provést předletovou kontrolu letadla a ohlásit začátek poježdění operátorovi AFIS. Po vstupu na dráhu v používání zkontrolujeme, zda-li je dráha volná, a podáme hlášení viz kapitolu 2.2.2. V případě, že je dráha volná, vzletneme s letadlem.
- **Stoupaní po vzletu** – V této fázi letu se dostáváme s letadlem do okruhové výšky<sup>4</sup> a rozhodujeme se, zda setrváme na letištním okruhu nebo jej opustíme.
- **Let po okruhu** – Během letu po okruhu se řídíme pokyny operátora AFIS a sdělujeme mu své úmysly a polohu.
- **Opuštění okruhu** – Okruh můžeme opustit v libovolné části. Vždy však hlásíme operátorovi, kde opustíme okruh a jakým směrem budeme pokračovat.
- **Vstup do okruhu** – Vstup se provádí do některé z okruhových zatáček nebo *downwindu*. Je možné se také zařadit přímo na *finále*, byť to není v praxi příliš časté.
- **Přiblížení na přistání** – Chystáme-li se přistávat, uvědomíme operátora AFIS o svých úmyslech a poloze. Řídíme se jeho pokyny a zahájíme klesání. Většinou se tak děje za *třetí zatáčkou*.
- **Přistání** – Při vstupu na *finále* ohlásíme svou polohu a pokusíme se přistát. Pokud nebude možné z nějakého důvodu přistát, ohlásíme nezdařené přiblížení/přistání a zopakujeme si celý okruh.

<sup>1)</sup> Poloměr ATZ je v jednotlivých zemích upraven místními předpisy. V České republice je roven 3 *nmi*, ale např. ve Spojeném království Velké Británie je roven 2 *nmi*.

<sup>2)</sup> 1 *nmi* = 1,8520 km

<sup>3)</sup> Služba AFIS má volací znak INFO.

<sup>4)</sup> Okruhová výška je standardně 1000 ft (cca 300 m) nad letištěm. U některých letišť je rozdílná a je explicitně uvedena např. v [7] nebo na [8].



### ■ 2.2.2 Typy hlášení

Letadla v ATZ mají za povinnost ohlásit:

- a) zahájení pojíždění a činnost po vzletu
- b) vstup na dráhu
- c) vzlet
- d) polohu *po větru (downwind)*
- e) polohu *před poslední zatáčkou (base leg)*<sup>1</sup>
- f) polohu na *finále (final)*
- g) nezdařené přiblížení – opakování okruhu (*go around*)
- h) úmysl křížovat dráhu nebo pojíždět zpět po dráze (i neaktivní)
- i) uvolnění dráhy v noci, nebo je-li další známý provoz na *finále*
- j) opuštění okruhu s udáním polohy a směru
- k) vstup na okruh s udáním polohy
- l) opuštění zóny ATZ s udáním polohy
- m) vstup do zóny ATZ s udáním polohy

---

<sup>1</sup>) V současné době se od tohoto typu hlášení ustupuje z důvodu zahlcení komunikačního kanálu.



# Kapitola 3

## Analýza problému

Cílem této kapitoly je seznámit čtenáře s požadavky aplikace, s existujícími řešeními a volbou frameworku, který použijeme pro tvorbu vlastní aplikace.

### 3.1 Požadavky na aplikaci

Podle zadání by aplikace měla bezpodmínečně splňovat následující požadavky:

- **Zobrazovat informace o známém provozu** – Přehledně zobrazí informace o známém letovém provozu v letištní provozní zóně (ATZ) např. pomocí tabulky, která bude obsahovat informace o registrační značce a názvu letadla.
- **Znázornit polohu letadel** – Bude schématicky simulovat pohyb letadel po letištním okruhu a obecný pohyb letadel v ATZ. Bude možné intuitivně pracovat s letadly.
- **Zobrazovat informace předávané letadlům** – Aplikace bude zobrazovat např. informace důležité pro kalibraci přístrojů (QNH), informace nutné k přistání (RWY in use) a o počasí na letišti.
- **Snadná ovladatelnost a intuitivita** – Program bude všechny požadované funkce poskytovat uživatelsky přívětivou formou. AFISO se jej naučí používat intuitivně sám po přečtení uživatelské dokumentace (viz přílohu B) bez nutnosti absolvování školení.
- **Modularita** – Aplikace bude psána přehledně, komentována (v anglickém jazyce) a bude vhodně dekomponována, což usnadní přidávání další funkcionality.

Volitelně může aplikace splňovat následující požadavky, jejichž nepřítomnost ve výsledném produktu není v rozporu se zadáním práce.

- **Logování informací** – Programové vybavení bude ukládat do souboru informace o známém v provozu v ATZ (informace o registrační značce, názvu letadla a času přidání/odebrání do/ze systému).
- **Multiplatformnost** – Aplikaci bude možné provozovat pod operačními systémy *Windows*, *GNU/Linux* a *Mac OS X*.

### 3.2 Existující řešení

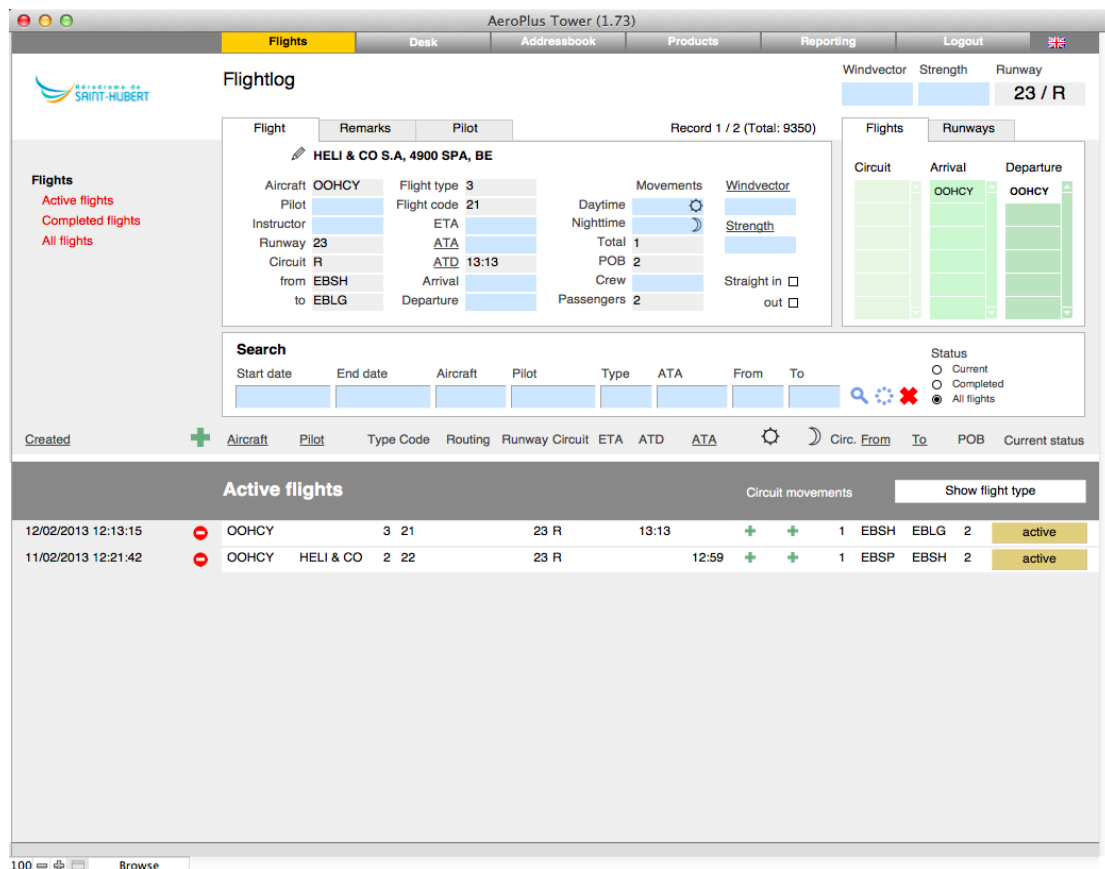
Nyní se seznámíme s různými softwarovými produkty používanými v letectví. Jelikož vyhovují mým požadavkům jen z velmi omezené části, nebudou zde uvedena řešení rozebírána do hloubky. Pro více informací doporučuji navštívit uvedené odkazy.

#### 3.2.1 AeroPlus Tower

*AeroPlus Aviation Software bv* [10] je nizozemská společnost vyvíjející software pro letectví. Mezi její produkty patří různé mobilní aplikace pro piloty, které zobrazují počasí, plánují lety, atd. Dále vytvořili webové aplikace pro letecké školy a aerokluby.

Programové vybavení pro operátory nacházející se v řídicí věži, které se zaměřuje na správu a tvorbu faktur, je z hlediska mé práce nejzajímavější. Aplikace má přehledné

rozhraní (viz obrázek 3.1) a je určena pro operační systémy Windows a Mac OS. Nasazena byla například na belgickém letišti Sv. Huberta (ICAO kód: EBSU) v roce 2013.



Obrázek 3.1. AeroPlus Tower software (Zdroj: <http://aeroplus.nl/>)

### 3.2.2 SESAR Remote Tower

Jelikož jsou systémy řízení letového provozu na hranici svých limitů a předpovídá se, že do roku 2030 se objem letecké dopravy téměř zdvojnásobí, byl vytvořen významný projekt SESAR [11] (*Single European Sky ATM Research*), jenž má za cíl radikálně změnit způsob koordinace letového provozu za použití nejmodernějších technologií.

Jedním ze zajímavých konceptů vytvořených touto iniciativou je projekt vzdáleného řízení letového provozu (ATC, AFIS) pomocí vzdálených a virtuálních řídicích věží (*RVT – Remote and virtual tower*) na letištích, kde je provozování těchto služeb v současné době nedostupné nebo by bylo příliš obtížné či drahé je provozovat tradičním způsobem přímo v místě potřeby.

Programové vybavení takové řídicí věže zobrazuje všechny důležité informace o letišti a jeho okolí sesbírané prostřednictvím panoramatických kamer a rozličných senzorů.

Tento systém je v aktivním vývoji a byl testován například ve Švédsku.

### 3.2.3 Airfield Technology

Americká společnost *Airfield Technology, Inc* [12] se zabývá vývojem zařízení pro službu AFIS. Má 23 let zkušeností v oboru a vytvořila více než třicet systémů řízení letiště. Její přenosná zařízení byla instalována na více než padesáti letištích různě po světě.

V současné době nabízí například produkt s označením *AT-930DG*, který slouží k snadnému provozu FIS. Obsahuje fyzická zařízení uložená v odolném a přenositelném šasi společně s programovým vybavením a operačním systémem Windows.

Cílem programového vybavení je kontrola letu. Přehledně zobrazuje data z nejrůznějších zařízení operátorovi a zlepšuje tím komunikaci s piloty.

### ■ 3.2.4 Airport Suppliers

Společnost *Airport Suppliers* [13] je velkou společností na trhu s programovým vybavením a službami v oblasti letectví. Nabízí nezměrné množství produktů a služeb od informačních tabulí až po software sloužící k monitoringu a řízení letového provozu.

### ■ 3.2.5 Shrnutí

Výše zmíněná řešení nabízejí buď funkcionalitu, která neodpovídá požadavkům na aplikaci (*AeroPlus Tower*), nebo je ve vývoji (*SESAR Remote Tower*), a nebo jsou určena především pro větší letiště (*AeroPlus Tower*, řešení od společností *Airfield Technology* a *Airport Suppliers*). Nehledě na to, že tato řešení jsou drahá a často omezena na konkrétní operační systém.

Proto má smysl navrhnout vlastní multiplatformní aplikaci poskytující požadovanou funkcionalitu, která je z pohledu větších letišť triviální a nedostačující, a tudíž pro zpeněžení nevhodná, ale která může významně napomoci poskytování služby AFIS na malých letištích bez radarů.

## ■ 3.3 Volba frameworku

Před započítím práce jsem se musel rozhodnout, který framework<sup>1</sup> a s ním spojený programovací jazyk použiji. Logicky v úvahu přichází Java se *Swingem*, jelikož jsem se s ním setkal během studia, a jazyk C++ s frameworkem *Qt*. Krátce je zde uvedu a následně ozřejmím důvody své volby.

### ■ 3.3.1 Swing

Jedná se o knihovnu (toolkit) napsanou čistě v Javě obsahující rozličné grafické komponenty od tlačítek, různých záložek a panelů, až po komplexní komponenty jako jsou tabulky a stromy. Částečně vychází ze svého předchůdce AWT (*Abstract Window Toolkit*), rozšiřuje ho však o novou funkcionalitu a je na rozdíl od knihovny AWT jinak implementována. Hojně využívá návrhový vzor<sup>2</sup> *Model-Pohled-Řadič* (MVC – *Model-View-Controller*), který odděluje zobrazovaná data od komponent představujících grafické uživatelské rozhraní.

Knihovna *Swing* je obsažena ve frameworku *Java Foundation Classes* (JFC), jenž má na starost vytváření přenositelných (multiplatformních) GUI (*Graphical User Interface*). Je napsán kompletně celý v Javě, čímž je zajištěna ona přenositelnost. Skládá se ze *Swingu*, AWT, *Java 2D*, nástroje pro internacionalizaci, API (*Application Programming Interface*) pro různá asistenční zařízení jako jsou displeje používající Braillovo písmo a podporu pro různorodý vzhled grafických komponent (*Look-and-Feels*) bez nutnosti změny programu. Framework je obsažen v každé běžné distribuci Javy SE.

Více informací o *Swingu* a JFC lze nalézt např. zde [16–18].

<sup>1</sup>) Aplikační rámec obsahující knihovny a nástroje pro snazší, rychlejší a často i bezpečnější vývoj požadovaného programového vybavení.

<sup>2</sup>) Návrhový vzor je obecné abstraktní řešení, často objektové orientované (OO), problémů, která se často vyskytují při návrhu programového vybavení. Nelze jej přímo převést na zdrojový kód, ale slouží jako vzor pro řešení částých problémů. Součástí bývá popis vztahů, vzájemného působení tříd a objektů, a rozbor možných situací, které mohou při návrhu nastat, a doporučen osvědčený postup (*best-practices*), jak se nimi vypořádat. Pro více informací o návrhových vzorech doporučuji navštívit [14] a prostudovat knihu [15], která odstartovala popularitu této tematiky.

### ■ 3.3.2 Qt

*Qt* [19], čti /'kju:t/, je framework s otevřeným zdrojovým kódem (OSS – *Open-Source Software*). Jeho klíčovou vlastností je multiplatformnost. Podporuje totiž až 15 různých platforem (téměř) bez nutnosti měnit zdrojový kód. Je napsán v jazyce C++ a je velmi rychlý. Existují také odnože pro další programovací jazyky – *QtRuby*, *PyQt*, atd.

Je vyvíjen finskou firmou *Digia*, která jej koupila v roce 2012 od společnosti *Nokia*. Klade velký důraz na vztah s komunitou. Vývoj je řízen meritokraticky<sup>1</sup>. Je rozdělen na pět stupňů (uživatel, přispěvatel, schvalovatel, správce a hlavní správce).

Současná verze (*Qt 5.4*) nabízí dva rozdílné přístupy k tvorbě grafických rozhraní:

- **Qt Widgets** – Jedná se o sadu [20] tradičních desktopových grafických komponent napsaných v jazyce C++, které slouží k tvorbě okenních aplikací. Komponenty jsou do jisté míry dost podobné *Swingu*, *Qt* však používá odlišnou architekturu.
- **Qt Quick** – Druhou a podstatně novější vývojovou větví je *Qt Quick* [21], který se na tvorbu uživatelských rozhraní dívá jiným způsobem. Používá deklarativní jazyk QML (*Qt Meta-object Language*) založený na *JavaScriptu* k popisu GUI. Program je poté za běhu přeložen pomocí JavaScriptového enginu V8 [22]. QML bylo vyvinuto pro snadnou tvorbu dynamických uživatelských rozhraní jaká vidáme na dotykových zařízeních, jako jsou chytré telefony a tablety. Lze v něm snadno vytvářet různé animace a vizuální efekty. Nic nám však nebrání vytvářet i klasické desktopové aplikace, jelikož je přítomna sada komponent [23], díky kterým je výsledný program podobný aplikaci využívající *Qt Widgets*.

### ■ 3.3.3 Shrnutí

Při volbě frameworku jsem byl postaven před těžké rozhodnutí, zda použít mě známý *Swing* a vykreslit pomocí *Java 2D* potřebné informace na obrazovku, nebo zda vyzkoušet nezvyklý přístup k tvorbě grafických uživatelských rozhraní a použít framework *Qt* s modulem *Qt Quick*. *Qt Widgets* jsem z úvah vyřadil, jelikož mi přišlo zbytečné učit se s novým frameworkem, když mohu téhož výsledku docílit pomocí *Javy*. Multiplatformnost při úvahách nehrála roli, jelikož oba frameworky běží bez problémů na mnoha platformách.

Nakonec jsem zvolil řešení s využitím *Qt Quick*, protože jsem vycházel z předpokladu, že aplikace bude více „kreslit“ na obrazovku než využívat tradiční desktopové komponenty. Tímto výběrem jsem si tudíž i určil programovací jazyk – C++, neberu-li v úvahu odnože frameworku například pro *Ruby* či *Python*.

<sup>1</sup>) Meritokracie je vláda nejschopnějších odborníků.

# Kapitola 4

## Řešení

### 4.1 Použité technologie

K vývoji programového vybavení jsem použil framework *Qt* a intenzivně jsem využil moderní knihovny *Qt Quick*, jež je obsažena ve zmiňovaném frameworku, pro tvorbu uživatelsky přívětivého grafického rozhraní. Důvody pro výběr tohoto frameworku byly popsány v kapitole 3.3.

Zdrojové kódy jsem psal v k frameworku přibaleném IDE (*Integrated Development Environment*) – *Qt Creator* a verzoval je pomocí distribuovaného VCS (*Version Control System*) nástroje *Git*. Vektorové obrázky byly vytvářeny či upravovány pomocí programu *Inkscape*.

Stojí za zmínku, že výše uvedené nástroje jsou k dispozici zdarma<sup>1</sup> jako OpenSource<sup>2</sup>.

### 4.2 Detaily implementace

Jako každý program vytvořený v jazyce C++ má i můj funkci `main(...)`. Zde nastavím jméno organizace, které aplikace patří, doménu a název aplikace. Toto je doporučený postup [24] pro použití třídy `QSettings`, jež slouží k ukládání nastavení aplikace.

Dále zde nastavuji parametry knihovny *QsLog* pro logování popsané v kapitole 4.5.1 a definuji výchozí QML soubor, který obsahuje popis grafického uživatelského rozhraní.

#### 4.2.1 Controller

Důležitou třídou<sup>3</sup> aplikace je třída `Controller`, jejíž zodpovědností je zprostředkovat komunikaci mezi programovým kódem psaným v jazyce C++ a jazykem JavaScript, jež byl použit k „rozhýbání“ grafického uživatelského rozhraní.

Předává do kontextu GUI možnost přístupu ke globálním nastavením aplikace, k převodníku fyzikálních jednotek a zejména provazuje funkce GUI elementů s metodami objektů pomocí jazykového konstrukturu *Signal-Slot*, jež umožňuje jednoduše implementovat návrhový vzor *Pozorovatel (Observer)*, aniž bychom sklouzli k antivзору (*Anti-pattern*)<sup>4</sup> *Boilerplate*<sup>5</sup>.

<sup>1)</sup> *Qt* má navíc i různé komerční verze. Já však použil komunitní verzi, která je zcela bez poplatků.

<sup>2)</sup> OpenSource programy mají různé licence, které určují pravidla pro jejich (bezplatné) použití.

<sup>3)</sup> Pod pojmem třída rozumějte základní konstrukt OOP.

<sup>4)</sup> Návrhový antivzor [25] je, stejně jako klasický návrhový vzor, často se opakující návrh programového vybavení, jež je však všeobecně považovaný za nesprávný.

<sup>5)</sup> Konkrétní reprezentant návrhového antivzoru, který se vyznačuje napsáním velkého množství (téměř) stejného kódu bez (většího) vlivu na aplikační logiku. Často se vyskytuje u „upovídáných“ jazyků. Obvykle by se mu dalo vyhnout automatickou generací příslušné funkcionality.

### ■ 4.2.2 Airport

Třída `Airport` představuje letiště a byla vytvořena dle návrhového vzoru *Jedináček* (*Singleton*). Vlastní seznam letadel, která je možné přidávat, upravovat jejich vlastnosti a mazat. Všechny zmíněné operace se zaznamenávají do logu. Její metody hojně využívají jazykového konstrukturu *Signal-Slot*. Zvláštností této třídy je možnost přístupu k metodám třídy z QML pomocí zabudovaného mechanismu meta-objektů [26], který je přítomen ve frameworku *Qt*.

### ■ 4.2.3 Plane

Jednotlivá letadla jsou reprezentovaná třídou `Plane`, jenž odpovídá návrhovému vzoru *Převržená* (*Crate*). Slouží tedy jen k uložení informací o daném letadle.

### ■ 4.2.4 Settings

Třída `Settings` je nadstavbou nad standardní třídou `QSettings` navržená dle návrhového vzoru *Jedináček*. Umožňuje pohodlně načítat a ukládat nastavení a stejně jako třída `Airport` má možnost přístupu k metodám třídy z QML. Dokáže signalizovat, že došlo ke změně nastavení a má zabudovaný mechanismus čtení výchozí konfigurace, jež je obsažena<sup>1</sup> ve spustitelném souboru.

### ■ 4.2.5 UnitConverter

`UnitConverter` je kombinací návrhového vzoru *Knihovni třída* (angl. *Library class* někdy též označovaná jako *Utility*) a *Jedináček*. Má několik statických metod na převod fyzikálních jednotek. Návrhový vzor *Jedináček* jsem použil, protože jsem chtěl využít mechanismu meta-objektů pro práci s metodami z QML.

- `hpatoinhg( hpa )` – Slouží k převodu tlaku udaném v hektopascalech (*hPa*) na palce rtuti (*inHg*). K převodu jsem použil přesný převod na milimetry rtuti [28] a poté to převedl na výsledné palce rtuti.

V následujícím vzorci hodnota *25,4* představuje délku mezinárodního palce v milimetrech, *13,5951* je hustota rtuti v gramech na centimetr čtvereční a *0,01* je koeficient, který převede výsledek z pascalů na hektopascalů.

$$inhg = \frac{hpa}{25,4 \cdot 13,5951 \cdot 9,80665 \cdot 0,01} \quad (1)$$

- `inhgtohpa( inhg )` – Převádí tlak zadaný v palcích rtuti (*inHg*) na hektopascalů (*hPa*). Jedná se tedy o inverzní a analogický převod k (1).

$$hpa = inhg \cdot 25,4 \cdot 13,5951 \cdot 9,80665 \cdot 0,01 \quad (2)$$

- `mpstokn( mps )` – Zajišťuje převod rychlosti z metrů za sekundu na uzlovou rychlost. Nejprve převede rychlost na kilometry za hodinu a poté ji vydělí délkou námořní míle (*1 nmi = 1,8520 km*).

$$kn = \frac{mps \cdot 3,6}{1,852} \quad (3)$$

- `kntomps( kn )` – Opačný převod k (3) je triviální.

$$mps = \frac{kn \cdot 1,852}{3,6} \quad (4)$$

<sup>1</sup>) Tohoto efektu je dosaženo pomocí systému na správu prostředků (*Resource System*) [27].



## 4.3 Vizualní komponenty

Grafické uživatelské rozhraní aplikace je složeno z několika vizuálních komponent, které jsou definovány pomocí deklarativního jazyka QML. Všechny dále zmíněné komponenty byly vytvořeny ze základních [23] ovládacích prvků a primitiv.

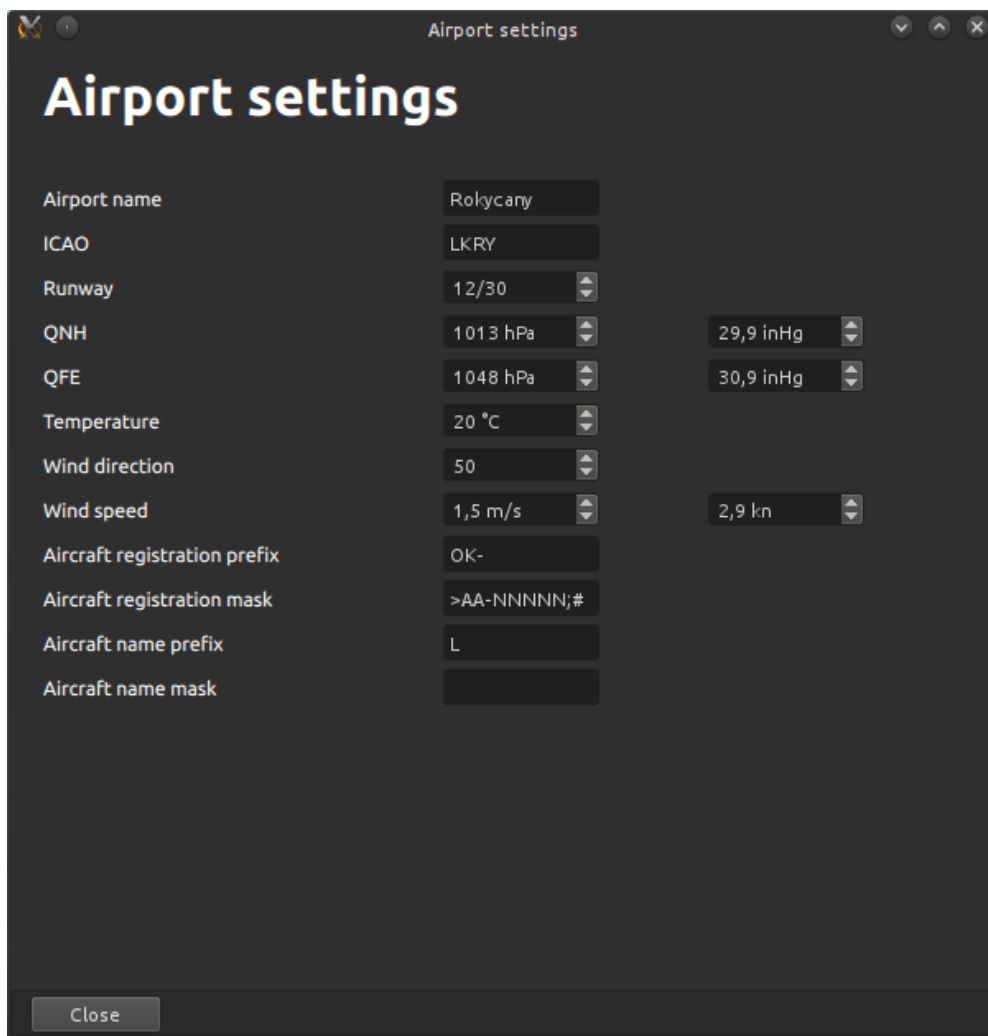
### 4.3.1 Menu

Stejně jako všechny běžné aplikace i tato má lištu s menu. K vytvoření jsem použil prvky `MenuBar`, `Menu` a `Action`. Pomocí menu je možné vypnout aplikaci, nastavit její vlastnosti (viz kapitolu 4.3.2), přepnout do režimu přes celou obrazovku (*fullscreen*) a zjistit informace o aplikaci.

Jednotlivé položky lze použít pomocí klávesové zkratky, která je na daném operačním systému obvyklá. Může se však stát, že na některém operačním systému nebude daná klávesová zkratka dostupná.

### 4.3.2 Nastavení

Dialog nastavení, který je odvozen od prvku `Dialog`, se otevírá z menu aplikace. Jak můžete vidět na obrázku 4.1 obsahuje:



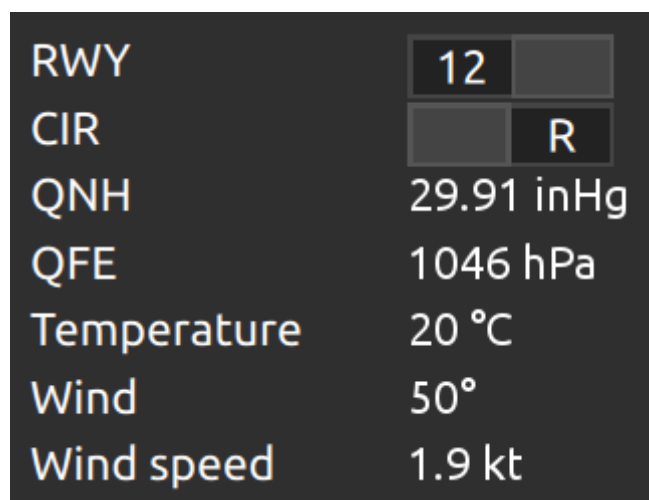
Obrázek 4.1. Nastavení aplikace

- **Název letiště** – Je zobrazen v liště okna aplikace.
- **ICAO kód letiště** – Nachází se společně s názvem letiště v liště aplikace.
- **Magnetický kurz vzletové a přistávací dráhy** – Toto nastavení ovlivní vykreslení letištního okruhu komponenty ATZ (viz kapitoly 4.3.7 a 4.3.8)
- **QNH** – Tlak lze nastavit buď v hektopascalech (*hPa*) nebo v palcích rtuti (*inHg*).
- **QFE** – Stejně jako QNH lze nastavit buď v hektopascalech nebo v palcích rtuti.
- **Teplotu na letišti** [ $^{\circ}C$ ]
- **Směr větru**
- **Rychlost větru** – Je možné zadat rychlost větru v metrech za sekundu nebo v uzlech.
- **Prefix registrační značky letadla** – Tento řetězec je automaticky nastaven při vytvoření nového letadla.
- **Maska registrační značky** – Slouží k vynucení určitého schématu registrační značky letadla při editaci. Více o formátu masky se můžete dočíst v [29].
- **Prefix jména letadla** – Při vytvoření nového letadla je tento řetězec automaticky nastaven jako jeho jméno.
- **Maska jména letadla** – Slouží k vynucení určitého schématu jména letadla při editaci.

K vytvoření nastavení jsem použil prvky `Text`, `SpinBox` a `TextField`.

### ■ 4.3.3 Informační panel

Většina informací, které lze nastavit pomocí dialogu nastavení, se zobrazí v informačním panelu. Dominují mu dva přepínače, které jsem vytvořil z ostylovaných prvků `Switch`.



Obrázek 4.2. Informační panel

Na prvním řádku se nachází informace o RWY tzn. o přistávací a vzletové dráze. Kliknutím lze přepínač přepnout do druhé polohy. Číslo, které je viditelné, odpovídá aktuálně zvolenému magnetickému kurzu VPD.

Volba CIR, neboli aktuálního směru letu po okruhu, je řešena stejným způsobem jako magnetický kurz VPD.

Dále jsou zde uvedeny atmosférické tlaky QNH a QFE, u kterých je možné kliknutím na hodnotu<sup>1</sup> přepnout použité fyzikální jednotky. Vybrat si lze mezi hektopascal a palci rtuti, jak je vidět na obrázku 4.2.

<sup>1</sup>) Záměrně jsem tuto funkcionalitu skryl, aby nerušila uživatele. Učinil jsem tak, protože uživatel toto nastavení provede pravděpodobně právě jednou dle národních zvyklostí.

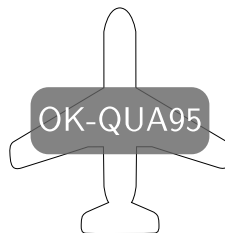
Teplota je uvedena ve stupních Celsia a směr větru je ve stupních. Neméně důležitá střední hodnota větru je uvedena jako poslední. Podobně jako u atmosférického tlaku lze měnit použité fyzikální jednotky. Na výběr jsou metry za sekundu a rychlost v uzlech.

#### ■ 4.3.4 Letadlo



Obrázek 4.3. Barevné varianty ikony letadla

K vyobrazení letadla jsem použil vektorový obrázek převzatý z [30], který jsem upravil a vytvořil několik barevných variant, jak můžete vidět na obrázku 4.3. Každá barevná varianta odpovídá jednomu ze stavů popsaných v kapitole 4.4.1. Letadlo při najetí myši nebo vybráním v seznamu letadel zobrazí registrační značku daného letadla, jak můžete vidět na obrázku 4.4.



Obrázek 4.4. Letadlo s registrační značkou

#### ■ 4.3.5 Hangár

Nově vytvořená<sup>1</sup> letadla se objeví v komponentě hangár, který je tvořen prvkem `Flow`, který letadla automaticky uspořádává tak, aby se nepřekrývala. Letadla lze gestem `Drag-and-Drop` přesunout do komponenty `ATZ`, kde lze letadlu přiřadit některý druh pohybu nebo jej smazat. Samozřejmě funguje přesun letadla opačným směrem – z `ATZ` do hangáru.

Pomocí vhodné kombinace prvků `MouseArea`, `Drag` a `DropArea` jsem vytvořil zmiňované gesto `Drag-and-Drop`.

#### ■ 4.3.6 Seznam letadel

Informace o všech vytvořených letadlech jsou uvedeny v seznamu letadel. Data jsou reprezentována tabulkou (`TableView`), která má tři sloupce – registrační značku, název letadla a poznámku. Dvojklikem lze editovat buňku tabulky a stiskem klávesy `Enter` akci potvrdíte. Textové pole u registrační značky a názvu letadla se řídí nastavením masky popsané v kapitole 4.3.2.

<sup>1</sup>) Tvorba letadel je popsána v kapitole 4.3.7.

### 4.3.7 ATZ

Nejdůležitější a nejkomplikovanější vizuální komponentou celé aplikace je letištní provozní zóna. Její podčásti budou dopodrobna rozebrány v kapitolách 4.3.8 a 4.3.9.

Jak je vidět na obrázku 4.5, je vzdušný prostor ATZ zobrazen dvěma soustřednými kružnicemi představující vzdálenost<sup>1</sup> 5,5 km a 3 km od ARP. Při vykreslení v poměru 1:1 byl letištní okruh příliš malý, a proto bylo zvoleno přibližně logaritmické měřítko (proto ta kružnice s poloměrem 3 km), které letadla při svém pohybu zónou kompenzují změnou rychlosti.

Vpravo nahoře se nachází tlačítko pro vytvoření nového letadla, které se objeví v komponentě hangár. Dále se vytvoří řádek v seznamu letadel, kde lze upravit informace o něm.

Letadla lze zrušit přenesením (gestem Drag-and-Drop) na ikonu odpadkového koše, která je umístěna v pravém dolním rohu ATZ.



Obrázek 4.5. Komponenta ATZ

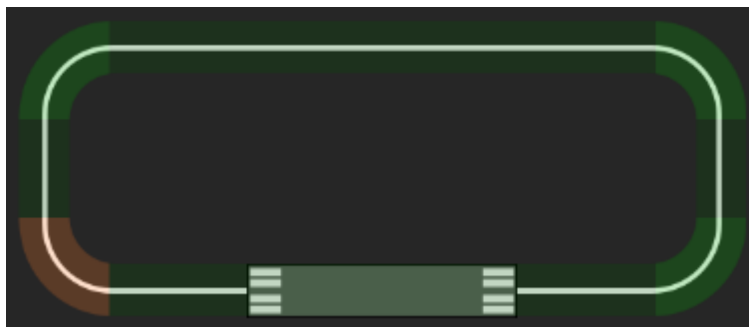
<sup>1)</sup> Podrobnosti o letištní provozní zóně se můžete dočíst v kapitole 2.1.6.

Uprostřed se nachází letištní okruh, jehož magnetický kurz a směr letu po okruhu se řídí nastavením aplikace.

Přeneseme-li letadlo do prostoru ATZ (mimo letištní okruh), nabídne aplikace uživateli volbu akce, kterou letadlo začne automaticky provádět. Akce jsou následující:

- **Vstup do okruhu** – Letadlo vstoupí do okruhu v zadaném místě. Podrobněji popsáno v kapitole 4.3.8.
- **Průlet** – Letadlo v tomto režimu prolétá ATZ vybraným směrem. Podrobněji popsáno v kapitole 4.3.9.
- **Operace v ATZ** – V režimu operace v ATZ má letadlo červenou barvu (viz obrázek 4.3) a pohybuje se po kružnici po směru hodinových ručiček (CW). Tato akce se hodí pro letadla, jejichž pohyb bude nepředvídatelný a „nebezpečný“. Příkladem může být letadlo nacvičující vývrtky či trénující nouzové přistání.

### ■ 4.3.8 Letištní okruh



Obrázek 4.6. Komponenta letištní okruh

Letištní okruh je tvořen podkladovým obrázkem (`Image`), přes který je nakreslena obecná cesta (`Path`), který je složena ze segmentů `PathLine` a `PathArc`. Pozadí okruhu, které je viditelné při manipulaci s letadly, je rozděleno na několik segmentů, z nichž žádný sousední nemá stejnou barvu (střídají se dva odstíny zelené barvy). Efektu zakulacených rohů je docíleno pomocí `OpacityMask`.

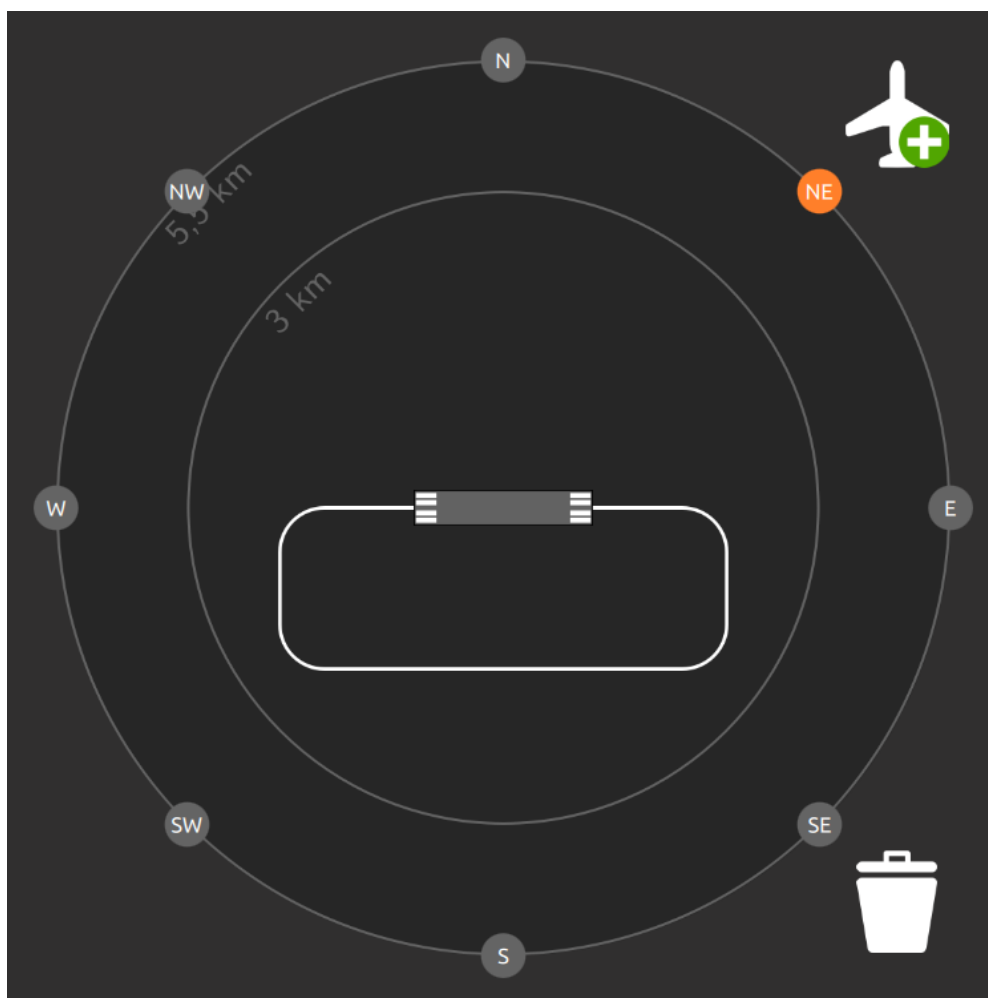
Pokud se letadlo při gestu `Drag-and-Drop` nachází nad okruhem nebo došlo k vybrání akce *vstup do okruhu*, dojde k zobrazení pozadí okruhu, jaké můžete vidět na obrázku 4.6. Oranžově je zvýrazněn aktuální výběr.

Pomocí `PathInterpolator` vypočítávám polohu a orientaci jednotlivých letadel na letištním okruhu. Letadla letící po okruhu mají zelenou barvu a oranžově jsou znázorněna letadla, která se chystají vstoupit do okruhu.

### ■ 4.3.9 Kompas

K výběru směru průletu letištní provozní zónou slouží komponenta kompas. Při vybrání akce *průlet* se po obvodu ATZ zobrazí osm koleček, která reprezentují jednotlivé světové strany. Při výběru se světová strana podbarví oranžově.

Na obrázku 4.7 je vidět kompas, kde je vybraný směr severovýchod. Po vybrání směru průletu kompas zmizí a letadlo automaticky pokračuje požadovaným směrem. Takováto letadla mají modrou barvu.



Obrázek 4.7. Komponenta kompas

## 4.4 Nevizuální komponenty

Nevizuální komponenty posouvají možnosti interaktivity grafického uživatelského rozhraní na novou úroveň a jsou napsány v JavaScriptu.

### 4.4.1 Logika letiště

Logika grafického uživatelského rozhraní je uložena v souboru `airport_logic.js`. Obsahuje definice funkcí pro práci s letadly:

- `Plane( id, item )` – Konstruktor objektu letadla. Každé letadlo má vlastní unikátní `ID`, grafický QML prvek `item` a metodu `move()`, která dle stavu letadla, který je uložen v QML prvku, pohne každou vteřinu letadlem.  
Letadlo může být v pěti různých stavech. Ke každému stavu patří jeden druh pohybu.
  - *neaktivní* – Letadlo se nachází ve stavu neaktivní, když je v hangáru nebo v průběhu volby akce, a má bílou barvu.
  - *průlet* – Modrá letadla v režimu průletu letí přímo (po přímce) až do cílového bodu na hranici provozní zóny dle výpočtů privátní metody `transitMove()`, která řeší především rotační invarianci okruhu (potažmo jeho obalového prvku).

- *let po okruhu* – Při letu po okruhu se uvnitř metody `circuitMove()` pozice letadla jednoduše počítá pomocí QML prvku `PathInterpolator`, jemuž byla předána cesta (`Path`) letištního okruhu. Letadla v tomto stavu jsou zelená.
- *vstup do okruhu* – Letadla vstupující do okruhu mají oranžovou barvu. Jejich pohyb realizuje metoda `inboundMove()` a je podobně jako při akci *průlet* po přímce z aktuální pozice až do vstupního bodu. Po přiletu na vstupní bod přejde letadlo do stavu *let po okruhu*.
- *operace v ATZ* – Nejjednodušším stavem je operace v ATZ, při níž se letadlo červené barvy pohybuje po kružnici.
- `createPlane( id, parent, x, y, registration )` – Funkce dynamicky vytváří objekt letadla včetně QML prvku na zadané pozici a nastaví jeho rodičovský prvek a registrační značku.
- `updatePlaneRegistration( planeID, registration )` – Aktualizuje registrační značku letadla.
- `setPlaneInfoTextAlwaysVisible( planeID )` – Zviditelní registrační značku letadla. Pro zobrazení značky není nutná přítomnost kurzoru myši nad letadlem.
- `updatePlaneRotation( northRotation )` – Aktualizuje informaci o poloze „severu“ u všech letadel. Tato informace je nutná mimo jiné pro vodorovné vykreslení registrační značky letadla.
- `removePlane( planeID )` – Odstraní letadlo ze seznamu včetně QML prvku.
- `findPlane( planeID )` – Najde letadlo v seznamu letadel.
- `tick()` – Funkce `tick()` je zavolána časovačem `Timer` každou sekundu a volá metodu `move()` všech letadel.
- `planeDrop( ... )` Tato funkce je zavolána po dokončení gesta Drag-and-Drop. Nastavuje správnou polohu a stav letadla.

Dále soubor obsahuje několik pomocných funkcí:

- `getSecondRunwayDirection( firstDirection )` – Vrací druhý magnetický kurz přistávací a vzletové dráhy.
- `getCircuitPercentage( circuitPart )` – Vrací procentuální hodnotu dle zadané části letištní okruhu. Hodnota reprezentuje vzálenost vstupního bodu na okruhu od počátku cesty (`Path`), kterou je okruh popsán.
- `euclideanDistance( x1, y1, x2, y2 )` – Jelikož JavaScript v *Qt* neumí funkci `hypot`<sup>1</sup>, byl jsem nucen napsat si vlastní funkci.
- `serialize( object, maxDepth )` – Pro ladící účely se mi hodila funkce, která převede objekt na řetězec.

## 4.5 Externí knihovny

Jelikož framework *Qt* nenabízí podporu pro logování informací do souboru, byl jsem nucen nalézt externí knihovnu, která to umí.

### 4.5.1 QsLog

*QsLog* je v porovnání s *Log4j* [31] velmi jednoduchou, ale pro mé účely dostačující logovací knihovnou. Je zveřejněn pod licencí MIT<sup>2</sup>. Má šest logovacích úrovní a umožňuje

<sup>1</sup>) *Hypot* je matematická funkce pro numericky stabilní výpočet délky přepony pravoúhlého trojúhelníku.

<sup>2</sup>) <http://opensource.org/licenses/MIT>

měnit práh logování za chodu nebo ho úplně vypnout. Je možné nastavit několik výstupních cílů. Dále dokáže rotovat<sup>1</sup> několik výstupních souborů.

Pro účely mé aplikace jsou popsány vlastnosti více než dostačující. Využil jsem možnosti rotovat pět souborů o velikosti 1 MB. Všechny logované zprávy mají úroveň INFO. Zdrojové kódy knihovny jsem přímo zakomponoval do aplikace.

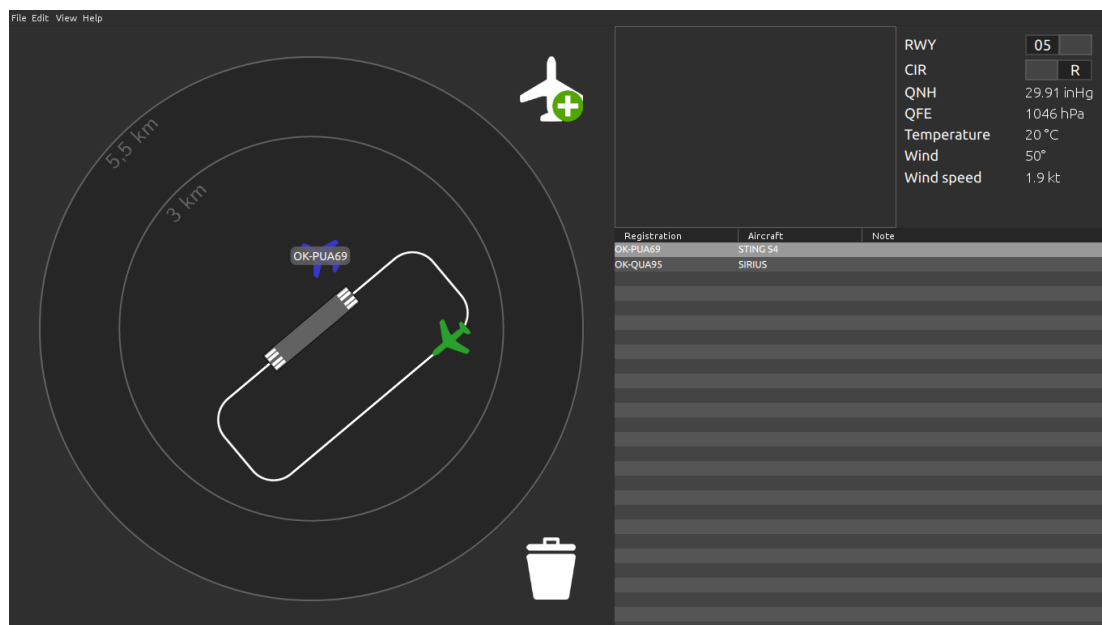
## 4.6 Technické požadavky

Vytvořená aplikace spotřebuje jednorázově<sup>2</sup> přibližně 450 MB operační paměti, ale téměř nezatěžuje CPU. Programové vybavení lze provozovat na platformách, které jsou kompatibilní s IBM PC, podporovaných frameworkem. Lze jej tedy provozovat na platformách GNU/Linux, Mac OS X a Windows.

## 4.7 Shrnutí

Výsledná aplikace (viz obrázek 4.8) složená z výše popsaných komponent a knihoven, splňuje všechny body zadání včetně několika nepovinných. Volba frameworku Qt se zpětně jeví jako dobrá, přestože jsem byl chvílemi zklamaný, a to zejména paměťovými nároky při použití Qt Quick a chybějícím komfortem, na který jsem byl zvyklý z Javy. Naopak téměř až „herní“ uživatelské prostředí se v něm tvořilo pohodlně. Nevím, jak bych stejného efektu docílil v Javě.

Při hledání knihovny na logování jsem čelil přesně opačnému jevu. Zatímco v Javě bych použil výbornou knihovnu Log4j, pro C++ potažmo Qt je zdarma dostupných knihoven velmi málo a nedosahují takových kvalit.



Obrázek 4.8. Výsledná aplikace

<sup>1</sup>) Rotujeme jeden soubor o velikosti 1 MB. Knihovna zapisuje do souboru `caafis.log`. Když soubor překročí definovanou velikost, přejmenuje jej na `caafis.log.1` a dále zapisuje do nového souboru `caafis.log`. Pokud zaplní i ten, smaže soubor `caafis.log.1`, přejmenuje `caafis.log` na `caafis.log.1` a zapisuje do nového souboru `caafis.log`. Zachovává tedy historii logů o velikosti 1 MB.

<sup>2</sup>) Při práci s aplikací téměř nedochází k nárůstu nároků na paměť.



# Kapitola 5

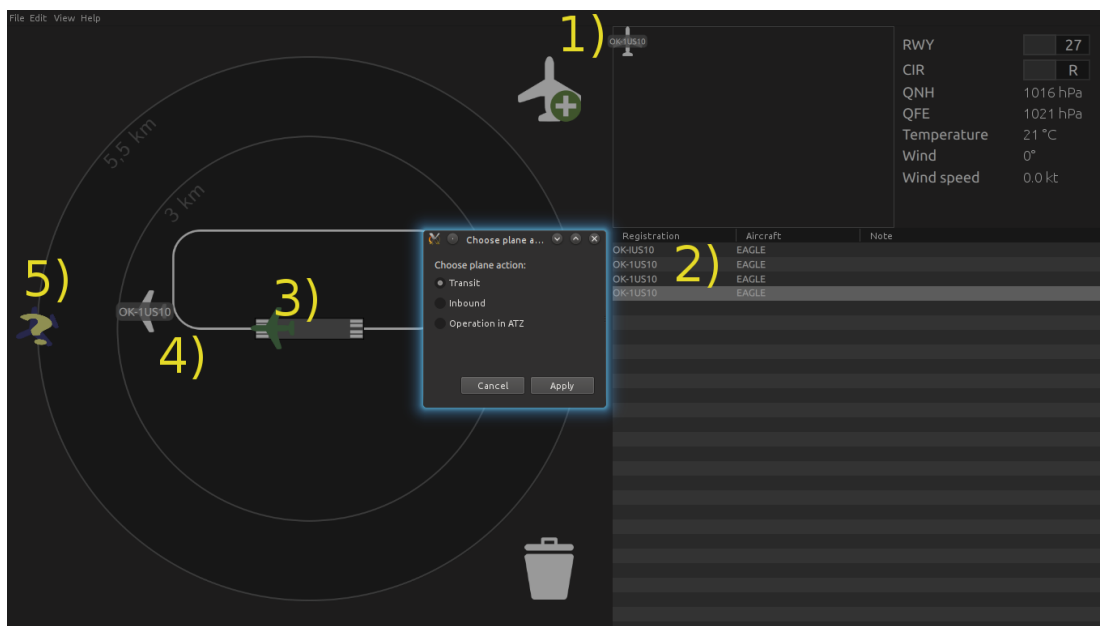
## Ověření kvality řešení

Po vytvoření každé aplikace je třeba nějak ověřit kvalitu řešení. Testů existuje celá řada a ne všechny se však hodí na testování všech druhů aplikací. Zvolil jsem *Happy day scenario* neboli test dobré cesty, funkční testování a průzkumné ad-hoc testování.

### 5.1 Příklady typických radiokorespondencí s AFISO

Jedná se o testování dobrou cestou (*Happy day scenario*). Představuje typické použití aplikace operátorem AFIS. U každého příkladu je uvedena ukázka radiokorespondence pilota s AFISO, komentářem a obrázkem<sup>1</sup> aplikace s vyznačenými úkony AFISO během konverzace.

#### 5.1.1 Vzlétnutí letadla, opuštění ATZ



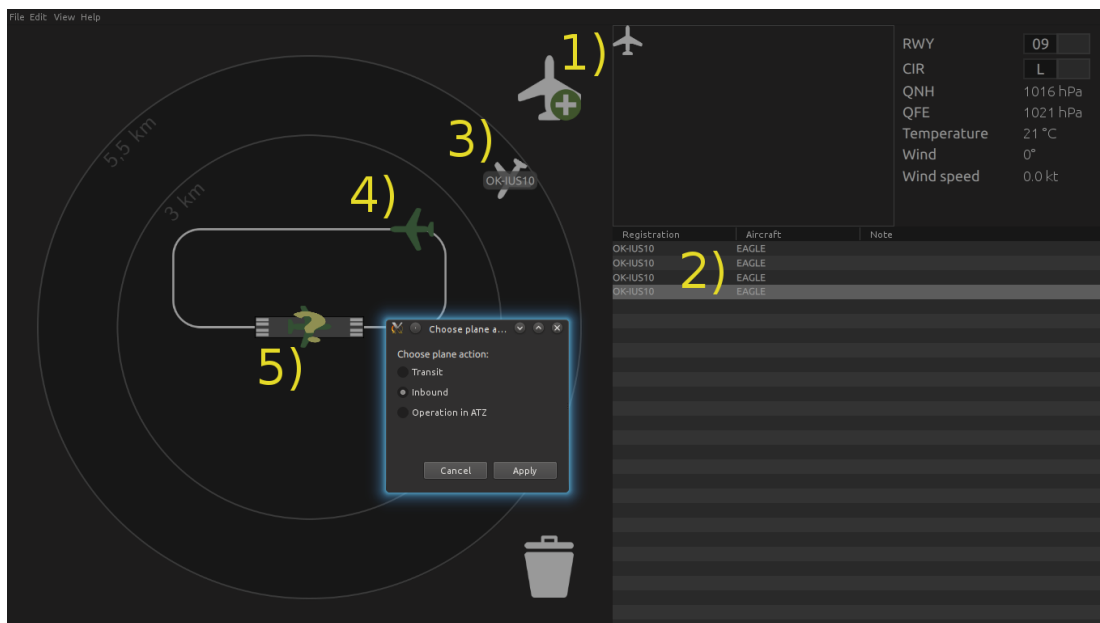
Obrázek 5.1. Vzlétnutí letadla, opuštění ATZ

- *Rokycany INFO, OK-IUS10, dobrý den* – V oblasti letiště se objevilo nové letadlo. Na obrázku 5.1 je vyznačena akce 1). Tlačítkem vytvoříte nové letadlo, které se objeví v hangáru. Poklepáním na příslušný řádek a sloupec v tabulce letadel 2) nastavíte správnou registrační značku letadla.
  - *OK-IUS10, Rokycany INFO, dobrý den, vysílejte*

<sup>1</sup>) Na obrázcích se pro názornost v seznamu letadel vyskytují letadla se stejnou registrační značkou. Aplikace tuto možnost nezakazuje, přestože se to praxi nemůže stát.

- *Rokycany INFO, OK-IUS10 Eagle před hangárem po spuštění, odlet do Plzně* – Poklepáním na příslušný řádek a sloupec v tabulce letadel 2) nastavíte správný název letadla.
- *OK-IUS10, Rokycany INFO, dráha v používání 27, okruhy pravé, vítr variable, QNH 1016, v zóně bez hlášeného provozu* – Hlášené informace si operátor AFIS přečte na informačním panelu.
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, pojíždím na vyčkávací místo dráhy 27*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10 na vyčkávacím místě dráhy 27, připraven ke vzletu*
- *OK-IUS10, Rokycany INFO, dráha 27 volná*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, vstupuji na dráhu 27 a vzlet* – Nyní přeneste letadlo z hangáru na VPD, viz akci 3).
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, opouštím okruh z první zatáčky do prostoru Ejpovic, opuštění ATZ oznámím* – Dle akce 4) přeneste letadlo mimo okruh do blízkosti první zatáčky. Zobrazí se dialog s výběrem akce. Zvolte průlet. Zvolte na kompasu směr západ (směr Ejpovice).
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, opouštím ATZ na úrovni Ejpovic* – Letadlo dorazilo na okraj ATZ 5).
- *OK-IUS10, Rokycany INFO, oblastní QNH 1012, pěkný den*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, na slyšenou* – Nyní jej zrušte přenesením na ikonu odpadkového koše.

## 5.1.2 Vstup do ATZ, přistání



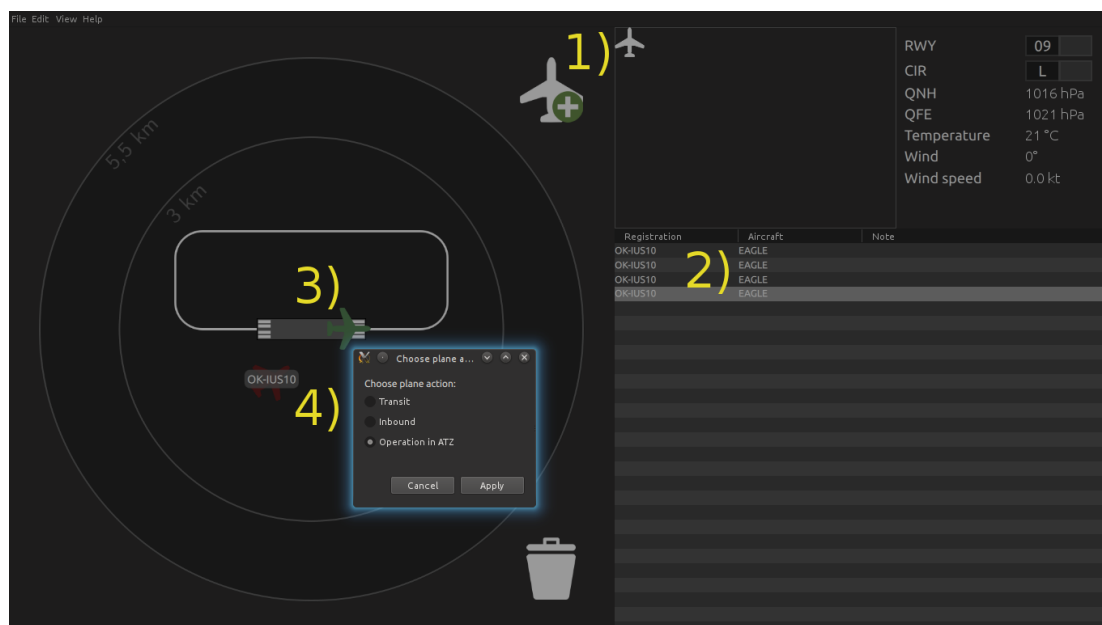
Obrázek 5.2. Vstup do ATZ, přistání

- *Rokycany INFO, OK-IUS10, dobrý den* – V oblasti letiště se objevilo nové letadlo. Na obrázku 5.2 je vyznačena akce 1). Tlačítkem vytvoříte nové letadlo, které se objeví v hangáru. Poklepáním na příslušný řádek v tabulce letadel 2) nastavíte správnou registrační značku letadla.
- *OK-IUS10, Rokycany INFO, dobrý den*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10 Eagle z Hořovic do Rokycan, 1700 ft altitude, vstupuji do ATZ 6 km severovýchodně a pokračuji nad letiště* – Poklepáním na příslušný řádek a sloupec

v tabulce letadel 2) nastavíte správný název letadla. Přeneste letadlo z hangáru na VPD na severovýchodní okraj ATZ.

- OK-IUS10, *Rokycany INFO, dráha v používání 09, okruhy levé, vítr variable, QNH 1016, v zóně bez hlášeného provozu* – Hlášené informace si operátor AFIS přečte na informačním panelu.
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, zařadím se do druhé zatáčky levého okruhu dráhy 09* – Při akci 3) zvolte vstup do okruhu a zvolte druhou zatáčku.
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, poloha po větru levého okruhu dráhy 09* – Letadlo 4) se napojilo na okruh. Zkontrolujte pozici letadla na okruhu.
- OK-IUS10, *Rokycany INFO, pořadí jedna* – Na dráze se nenachází žádné letadlo.
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, finále dráhy 09, výjezd do hangáru* – Zkontrolujte pozici letadla na okruhu.
- OK-IUS10, *Rokycany INFO, dráha volná, vítr variable* – Na dráze se nenachází žádné letadlo.
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, dráhu uvolnil* – Letadlo 5) úspěšně přistálo. Nyní jej můžete zrušit přenesením na ikonu odpadkového koše.

### 5.1.3 Operace v ATZ



Obrázek 5.3. Operace v ATZ

- *Rokycany INFO, OK-IUS10, dobrý den* – V oblasti letiště se objevilo nové letadlo. Na obrázku 5.3 je vyznačena akce 1). Tlačítkem vytvoříte nové letadlo, které se objeví v hangáru. Poklepáním na příslušný řádek v tabulce letadel 2) nastavíte správnou registrační značku letadla.
- OK-IUS10, *Rokycany INFO, dobrý den, vysílejte*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10 Eagle před hangárem po spuštění, odlet na nácvik pádů* – Poklepáním na příslušný řádek a sloupec v tabulce letadel 2) nastavíte správný název letadla.
- OK-IUS10, *Rokycany INFO, dráha v používání 27, okruhy pravé, vítr variable, QNH 1016, v zóně bez hlášeného provozu* – Hlášené informace si operátor AFIS přečte na informačním panelu.

- *Rokycany INFO, OK-IUS10, pojíždím na vyčkávací místo dráhy 27*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10 na vyčkávacím místě dráhy 27, připraven ke vzletu*
  - *OK-IUS10, Rokycany INFO, dráha 27 volná*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, vstupuji na dráhu 27 a provádím vzlet – Nyní přeneste letadlo z hangáru na VPD viz akci 3).*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, opouštím okruh z první zatáčky a do pracovního prostoru – Přeneste letadlo mimo letištní okruh.*
- *Rokycany INFO, OK-IUS10, v jižní části ATZ budu nacvičovat pády – Letadlo přeneste na jih od letištního okruhu a nastavte mu akci 4) operace v ATZ.*

## 5.2 Testovací scénáře

Tato kapitola obsahuje scénáře pro systematické otestování funkčnosti aplikace. Přečtěte pokyny dle scénářů a případné problémy ohlaste.

### 5.2.1 Nastavení

Tento testovací scénář slouží k otestování nastavení aplikace. Před každým testovacím případem otevřete dialog nastavení pomocí položky menu **Edit** → **Airport settings**, splňte testovací případ, zavřete dialog nastavení, restartujte aplikaci a odpovězte na otázku, která je na konci každého testovacího případu.

1. Nastavte název letiště na libovolný řetězec. Objevil se zadaný název letiště v liště okna aplikace? (Není vidět v režimu přes celou obrazovku.)
2. Nastavte ICAO kód letiště na libovolný řetězec. Objevil se zadaný kód letiště v liště okna aplikace? (Není vidět v režimu přes celou obrazovku.)
3. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 04/22. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
4. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 18/36. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
5. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 01/19. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
6. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 00/18. Lze tuto hodnotu nastavit?
7. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 19/01. Lze tuto hodnotu nastavit?
8. Nastavte hodnotu QNH na 1023 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 30,21 inHg?
9. Nastavte hodnotu QNH na 1 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 0,03 inHg?
10. Nastavte hodnotu QNH na 1500 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 44,29 inHg?
11. Lze nastavit hodnotu QNH na 0 hPa?
12. Lze nastavit hodnotu QNH na 1501 hPa?
13. Nastavte hodnotu QNH na 30,5 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1033 hPa?
14. Nastavte hodnotu QNH na 44,29 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1500 hPa?
15. Nastavte hodnotu QNH na 0,03 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1 hPa?
16. Lze nastavit hodnotu QNH na 0 inHg?
17. Lze nastavit hodnotu QNH na 47 inHg?
18. Nastavte hodnotu QFE na 1023 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 30,21 inHg?
19. Nastavte hodnotu QFE na 1 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 0,03 inHg?
20. Nastavte hodnotu QFE na 1500 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 44,29 inHg?
21. Lze nastavit hodnotu QFE na 0 hPa?
22. Lze nastavit hodnotu QFE na 1501 hPa?
23. Nastavte hodnotu QFE na 30,5 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1033 hPa?

24. Nastavte hodnotu QFE na 44,29 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1500 hPa?
25. Nastavte hodnotu QFE na 0,03 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1 hPa?
26. Lze nastavit hodnotu QFE na 0 inHg?
27. Lze nastavit hodnotu QFE na 47 inHg?
28. Nastavte teplotu 26°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
29. Nastavte teplotu 0°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
30. Nastavte teplotu -26°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
31. Nastavte teplotu 50°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
32. Nastavte teplotu -50°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
33. Lze nastavit teplotu -51°C?
34. Lze nastavit teplotu 51°C?
35. Nastavte směr větru 200°. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
36. Nastavte směr větru 203°. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
37. Nastavte směr větru 0°. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
38. Nastavte směr větru 359°. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?
39. Lze nastavit záporný směr větru?
40. Lze nastavit nastavit směr větru 360°?
41. Nastavte rychlost 10,5 m/s. Je v sousedním boxu hodnota 20,4 kn?
42. Nastavte rychlost 0 m/s. Je v sousedním boxu hodnota 0 kn?
43. Nastavte rychlost 250 m/s. Je v sousedním boxu hodnota 486 kn?
44. Lze nastavit zápornou rychlost v metrech za sekundu?
45. Lze nastavit rychlost 251 m/s?
46. Nastavte rychlost 5 kn. Je v sousedním boxu hodnota 2,6 m/s?
47. Nastavte rychlost 486 kn. Je v sousedním boxu hodnota 250 m/s?
48. Lze nastavit zápornou rychlost v uzlech?
49. Lze nastavit rychlost 490 kn?
50. Nastavte libovolný prefix registrační značky. Vytvořte letadlo. Odpovídá registrační značka vytvořeného letadla zadanému prefixu?
51. Nastavte masku registrační značky na >AA-NNNNN;#. Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Vynucuje správně formát registrační značky (dvě písmena, pomlčka, pět písmen či číslic, všechno verzátky)?
52. Nastavte libovolný prefix názvu letadla. Vytvořte letadlo. Odpovídá název vytvořeného letadla zadanému prefixu?
53. Nastavte masku názvu letadla na AAAA;#. Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Vynucuje správně formát názvu letadla (čtyři písmena)?
54. Nastavte masku názvu letadla na prázdný řetězec. Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Je možné zadat libovolný text?

### ■ 5.2.2 Informační panel

Před započítím nastavte magnetický kurz VPD 14/32, QNH 1023 hPa, QFE 1005 hPa, teplotu 21°C, směr větru 45° a rychlost větru 15 m/s.

1. Nachází se hodnota magnetického kurzu VPD 14 nebo 32 v informačním panelu? (Vidět je aktuálně používaný kurz.)
2. Přepněte kurz do druhé polohy. Došlo k přepnutí a odpovídá aktuálně vybraný magnetický kurz 14 nebo 32?
3. Vytvořte letadlo a přeneste jej na letištní okruh. Letí letadlo a odpovídá vybraný směr letu po okruhu směru, kterým se letadlo pohybuje?

4. Přepněte směr letu po okruhu do druhé polohy. Vytvořte letadlo a přeneste jej na letištní okruh. Letí letadlo a odpovídá vybraný směr letu po okruhu směru, kterým se letadlo pohybuje?
5. Odpovídá hodnota QNH hodnotě  $1023 \text{ hPa}$  nebo  $30,21 \text{ inHg}$ ?
6. Klikněte na hodnotu QNH. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě  $1023 \text{ hPa}$  nebo  $30,21 \text{ inHg}$ ?
7. Odpovídá hodnota QFE hodnotě  $1005 \text{ hPa}$  nebo  $29,68 \text{ inHg}$ ?
8. Klikněte na hodnotu QFE. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě  $1005 \text{ hPa}$  nebo  $29,68 \text{ inHg}$ ?
9. Nachází se v informačním panelu teplota  $21^\circ\text{C}$ ?
10. Nachází se v informačním panelu směr větru  $45^\circ$ ?
11. Odpovídá rychlost větru hodnotě  $15 \text{ m/s}$  nebo  $29,2 \text{ kn}$ ?
12. Klikněte na hodnotu rychlosti větru. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě  $15 \text{ m/s}$  nebo  $29,2 \text{ kn}$ ?

### ■ 5.2.3 Seznam letadel

Před započítím nastavte masku registrační značky na >AA-NNNNN;# a masku názvu letadla na prázdný řetězec.

1. Vytvořte letadlo. Změňte registrační značky letadla na OK-PUA69 a stiskněte klávesu Enter. Byla změna registrační značky úspěšná?
2. Vytvořte letadlo. Změňte název letadla na libovolný řetězec a stiskněte klávesu Enter. Byla změna názvu letadla úspěšná?
3. Vytvořte letadlo. Změňte poznámku u letadla na libovolný řetězec a stiskněte klávesu Enter. Byla změna poznámky úspěšná?
4. Vytvořte letadlo. Změňte registrační značky letadla na OK-PUA69. Vyberte letadlo v seznamu. Objevila se nad letadlem bublina s registrační značkou OK-PUA69?

### ■ 5.2.4 ATZ – průlet

Pro každý testovací případ vytvořte nové letadlo.

1. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte sever. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?
2. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte severovýchod. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?
3. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte východ. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?
4. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jihovýchod. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?
5. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jih. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?
6. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jihozápad. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?
7. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte západ. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?
8. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte severozápad. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?

### ■ 5.2.5 ATZ – vstup do okruhu

Pro každý testovací případ vytvořte nové letadlo.

1. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *upwind*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
2. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *crosswind turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
3. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *crosswind*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
4. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
5. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind 1*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
6. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind 2*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
7. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *base turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
8. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *base leg*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
9. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *final turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?
10. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *final*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

### ■ 5.2.6 ATZ – let po okruhu

Pro každý testovací případ vytvořte nové letadlo.

1. Umístěte letadlo na *upwind*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
2. Umístěte letadlo na *crosswind turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
3. Umístěte letadlo na *crosswind*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
4. Umístěte letadlo na *downwind turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
5. Umístěte letadlo na *downwind 1*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
6. Umístěte letadlo na *downwind 2*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
7. Umístěte letadlo na *base turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
8. Umístěte letadlo na *base leg*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
9. Umístěte letadlo na *final turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?
10. Umístěte letadlo na *final*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

### ■ 5.2.7 ATZ – operace v ATZ

1. Vytvořte a náhodně rozmístěte pět letadel v ATZ a přiřadte jim akci *operace v ATZ*. Chovají se dle očekávání (krouží v kruhu)?

### ■ 5.2.8 Ad-hoc

1. Nahodile otestujte aplikaci. Odchylky od očekávaného chování nahlaste.

## ■ 5.3 Shrnutí

Aplikace byla otestována na platformách *GNU/Linux*, *Mac OS X* a *Windows*. Testována byla jak autorem, tak i nezkušeným uživatelem.

Při testování bylo nalezeno několik chyb, které byly opraveny a některé posloužily k vylepšení testovacích scénářů uvedených v této kapitole. Reporty z testování naleznete v příloze C.

I přes velkou snahu jsem nedokázal uspokojivě vyřešit několik problémů. Tím prvním je tlačítko dialogu zasahující do obsahu a tím druhým je pád aplikace pod operačním systémem *Windows 7*, který je s největší pravděpodobností způsoben chybou v ovladači integrované grafické karty. O popsaných problémech se můžete dočíst v kapitole C.2.9 respektive C.3.2.



# Kapitola 6

## Závěr

V rámci této práce jsem se seznámil s pravidly létání malých letadel v provozních zónách letišť a s rozsáhlým, neustále se vyvíjejícím a v poslední době také oblíbeným multiplatformním frameworkem *Qt*.

Na základě těchto informací jsem navrhl a implementoval intuitivní a snadno ovladatelnou aplikaci, jež má potenciál významně usnadnit a částečně zautomatizovat výkon služby AFIS. Výsledné programové vybavení dokáže přehledně zobrazovat informace o známém provozu jednak pomocí tabulky, ale také pomocí vizuálního vyobrazení letadla v letištní provozní zóně a přibližnou simulací jeho pohybu v ní. Informace předávané letadlům jsou přehledně zobrazeny v bočním informačním panelu. Aplikace loguje informace o známém provozu v ATZ. Program je snadno ovladatelný a intuitivní, a tudíž není třeba, aby operátor AFIS musel absolvovat školení.

Přestože je framework multiplatformní, není vývoj aplikace pro několik různých platforem jednoduchý, jak se ukázalo při testování aplikace (viz kapitolu 5 a přílohu C) napříč operačními systémy *GNU/Linux*, *Mac OS X* a *Windows*. Objevené chyby budou pravděpodobně opraveny v následující verzi frameworku (5.5), jenž je v době psaní toho textu stále ve vývoji.

Jelikož se mi nepodařilo nalézt existující softwarový produkt řešící stejnou problematiku, nemohu mnou vytvořené programové vybavení s ničím srovnat. Jedná se tedy o ověření koncepce (*Proof-of-Concept*).

Při tvorbě aplikace jsem se omezil na letiště s právě jednou přistávací dráhou a právě jedním aktivním okruhem. Jedním z možných budoucích rozšíření této práce je zabudování podpory pro letiště s více aktivními okruhy a VPD. Dále by bylo vhodné rozšířit práci například automatickým stahováním meteorologických dat z internetu či meteostanic umístěných na letišti.



## Literatura

- [1] VACÍK, Milan a Karel ZÍRKO. *Učebnice létání*. Business Media CZ, 2007.
- [2] *International Civil Aviation Organization*. [vid. 2014-01-19].  
<http://www.icao.int/>.
- [3] *International Civil Aviation Organization*. [vid. 2014-01-19].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Civil\\_Aviation\\_Organization](http://en.wikipedia.org/wiki/International_Civil_Aviation_Organization).
- [4] *International Air Transport Association*. [vid. 2014-01-20].  
<http://www.iata.org/>.
- [5] *IATA airport code – prefix A*. [vid. 2014-01-25].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_airports\\_by\\_IATA\\_code:\\_A](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_airports_by_IATA_code:_A).
- [6] *ICAO code prefixes*. [vid. 2014-01-19].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Civil\\_Aviation\\_Organization\\_airport\\_code#Prefixes](http://en.wikipedia.org/wiki/International_Civil_Aviation_Organization_airport_code#Prefixes).
- [7] SAINER, Patrik. *Databáze letišť*. Avion, 2014.
- [8] *VFR příručky České republiky*. [vid. 2014-01-17].  
[http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/gen\\_1\\_cz.html](http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/gen_1_cz.html).
- [9] *Instrument Procedures Handbook*. [vid. 2014-02-06].  
[http://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/instrument\\_procedures\\_handbook/](http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/instrument_procedures_handbook/).
- [10] *AeroPlus Aviation Software bv*. [vid. 2014-01-25].  
<http://www.aeroplus.nl/>.
- [11] *SESAR*. [vid. 2014-01-25].  
<http://www.sesarju.eu/>.
- [12] *Airfield Technology, Inc.* [vid. 2014-01-25].  
<http://airfield.com/>.
- [13] *Airport Suppliers*. [vid. 2014-01-25].  
<http://www.airport-suppliers.com/>.
- [14] *Software design pattern*. [vid. 2014-01-26].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Software\\_design\\_pattern](http://en.wikipedia.org/wiki/Software_design_pattern).
- [15] GAMMA, Erich, Richard HELM, Ralph JOHNSON a John VLISSIDES. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Massachusetts, 1995. ISBN 978-0-201-63361-0.
- [16] *Java Platform Standard Edition 8 Documentation*. [vid. 2014-01-26].  
<http://docs.oracle.com/javase/8/docs/>.
- [17] *About the JFC and Swing*. [vid. 2014-01-26].  
<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/start/about.html>.
- [18] *Swing (Java)*. [vid. 2014-01-26].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Swing\\_%28Java%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Swing_%28Java%29).

- [19] *Qt*. [vid. 2014-01-26].  
<http://www.qt.io/>.
- [20] *Qt Widgets*. [vid. 2014-01-27].  
<http://doc.qt.io/qt-5/qtwidgets-index.html>.
- [21] *Qt Quick*. [vid. 2014-01-27].  
<http://doc.qt.io/qt-5/qtquick-index.html>.
- [22] *V8 JavaScript Engine*. [vid. 2014-01-27].  
<https://developers.google.com/v8/intro>.
- [23] *Qt Quick Controls*. [vid. 2014-01-27].  
<http://doc.qt.io/qt-5/qtquickcontrols-index.html>.
- [24] *QSettings*. [vid. 2014-03-19].  
<http://doc.qt.io/qt-5/qsettings.html#basic-usage>.
- [25] *Anti-pattern*. [vid. 2014-03-19].  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-pattern>.
- [26] *Qt Meta-Object System*. [vid. 2014-03-19].  
<http://doc.qt.io/qt-5/metaobjects.html>.
- [27] *Qt Resource System*. [vid. 2014-03-19].  
<http://doc.qt.io/qt-5/resources.html>.
- [28] *Conventional millimeters of mercury*. [vid. 2014-03-20].  
<http://sizes.com/units/mmHg.htm>.
- [29] *QLineEdit – Input mask*. [vid. 2014-03-20].  
<http://doc.qt.io/qt-5/qlineedit.html#inputMask-prop>.
- [30] *Plane icon*. [vid. 2014-03-20].  
[http://www.icons101.com/icon/id\\_79980/setid\\_2807/Spanish\\_Travel\\_Icons\\_by\\_Robert\\_Travis/plane](http://www.icons101.com/icon/id_79980/setid_2807/Spanish_Travel_Icons_by_Robert_Travis/plane).
- [31] *Log4j*. [vid. 2014-03-23].  
<http://logging.apache.org/log4j/2.x/>.
- [32] *Desktop environment*. [vid. 2014-03-29].  
[https://wiki.archlinux.org/index.php/desktop\\_environment](https://wiki.archlinux.org/index.php/desktop_environment).
- [33] *Window manager*. [vid. 2014-03-29].  
[https://wiki.archlinux.org/index.php/window\\_manager](https://wiki.archlinux.org/index.php/window_manager).
- [34] *Qt Download*. [vid. 2014-03-29].  
<http://www.qt.io/download/>.
- [35] *Windows/Intel HD3000: Crash when starting opengl application*. [vid. 2014-04-17].  
<https://bugreports.qt.io/browse/QTBUG-42240>.
- [36] *OpenGL 2.1-based application crashes on Intel HD 3000*. [vid. 2014-04-17].  
<https://communities.intel.com/message/268119>.
- [37] *New Features in Qt 5.5*. [vid. 2014-04-17].  
<https://wiki.qt.io/New-Features-in-Qt-5.5>.

# Příloha A

## Zkratky

AFIS	■ Aerodrome Flight Information Service (letištní letová informační služba)
AFISO	■ Aerodrome Flight Information Service Operator (operátor letištní letové informační služby)
ALT	■ Altitude (nadmořská výška (AMSL))
AMSL	■ Above mean sea level (nad střední hladinou moře)
API	■ Application Programming Interface neboli rozhraní pro programování aplikací je soubor funkcí, tříd atp. knihovny, kterou programátor využívá
ARP	■ Aerodrome Reference Point (vztažný bod letiště)
ATC	■ Air Traffic Control (řízení letového provozu)
ATM	■ Air Traffic Management
ATS	■ Air Traffic Services (letové provozní služby)
ATZ	■ Aerodrome Traffic Zone (letištní provozní zóna)
AWT	■ Abstract Window Toolkit je část JFC
CAAFIS	■ Computer-Aided Aerodrome Flight Information Service (počítačem podporovaná letištní letová informační služba)
CCW	■ Counterclockwise (proti směru hodinových ručiček)
CIR	■ Circuit (letištní okruh)
CPU	■ Central processing unit
CW	■ Clockwise (po směru hodinových ručiček)
DE	■ Desktop Environment
FIS	■ Flight Information Service (Letová informační služba je poskytována příslušným stanovištěm ATS např. AFIS)
GA	■ General aviation (civilní letectví)
GUI	■ Graphical User Interface (grafické uživatelské rozhraní)
IATA	■ International Air Transport Association (Mezinárodní asociace leteckých dopravců)
IBM	■ Společnost International Business Machines
ICAO	■ International Civil Aviation Organization (Mezinárodní organizace pro civilní letectví)
IDE	■ Integrated Development Environment – integrované vývojové prostředí
JFC	■ Java Foundation Classes je framework na tvorbu GUI
LCD	■ Liquid-crystal display (displej z tekutých krystalů)
MIT	■ Massachusetts Institute of Technology
MVC	■ Model-View-Controller (Model-Pohled-Řadič) je oblíbený návrhový vzor
OO	■ Object-Oriented viz OOP
OOP	■ Object-Oriented programming (objektově orientované programování) je programovací paradigma založené na konceptu objektů a tříd

OPmac	■ Olšákova PlainT <sub>E</sub> Xová makra nabízející uživatelům plainT <sub>E</sub> Xu podobné možnosti, jako L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X, ovšem přímočařeji a jednodušeji
OSN	■ Organizace spojených národů
OSS	■ Open-Source Software (software s otevřeným zdrojovým kódem)
PC	■ Personal computer
QFE	■ Tlak na daném letišti sloužící k výpočtu <i>výšky nad letišťem</i>
QML	■ Qt Meta-object Language je deklarativní jazyk pro tvorbu GUI založený na <i>JavaScriptu</i>
QNH	■ Tlak na daném letišti přepočítaný na hladinu moře sloužící k výpočtu <i>nadmořské výšky</i>
RVT	■ Remote and virtual tower (vzdálená a virtuální řídicí věž)
RWY	■ Runway (viz VPD)
RWY in use	■ Právě používaná vzletová a přistávací dráha
SESAR	■ Single European Sky ATM Research (výzkum uspořádání letového provozu jednotného evropského nebe)
UN	■ United Nations (česky viz OSN)
VCS	■ Version Control System
VPD	■ Vzletová a přistávací dráha
WM	■ Window Manager

# Příloha B

## Uživatelská dokumentace

### B.1 Požadavky

K běhu aplikace je nutná klávesnice, myš a operační systém s desktopovým prostředím (DE – *Desktop Environment*)<sup>1</sup> nebo alespoň se správcem oken<sup>2</sup> (WM – *Window Manager*).

Pro přeložení aplikace je nutná instalace frameworku *Qt* (alespoň verze 5.3) a překladače jazyka *C++*, pokud není přítomen na Vašem operačním systému. Instalátor si můžete stáhnout na [34]. Instalace je velmi přímočará a není třeba ji popisovat.

### B.2 Překlad a spuštění programu

Překlad a spuštění programu lze provést z příkazové řádky nebo alternativně prostřednictvím nějakého IDE (např. *Qt Creator*). Níže popsaný postup je pro operační systém GNU/Linux, ale na ostatních operačních systémech je analogický.

#### B.2.1 Překlad programu

Zdrojové kódy aplikace nakopírujte do libovolného adresáře. Přejděte do kořenového adresáře projektu. Příkazem<sup>3</sup> `qmake` vygenerujte `Makefile`. Poté příkazem `make` přeložíte projekt.

#### B.2.2 Spuštění programu

Aplikaci jednoduše spustíte příkazem `./caafis` nebo dvojklikem na spustitelný soubor v souborovém manažeru, který máte dostupný na Vašem operačním systému.

### B.3 Obsluha programu

Po spuštění programu se objeví hlavní okno programu viz obrázek B.1, které se skládá z menu, letištní provozní zóny, hangáru, informačního panelu a tabulky obsahující informace o známém letovém provozu.

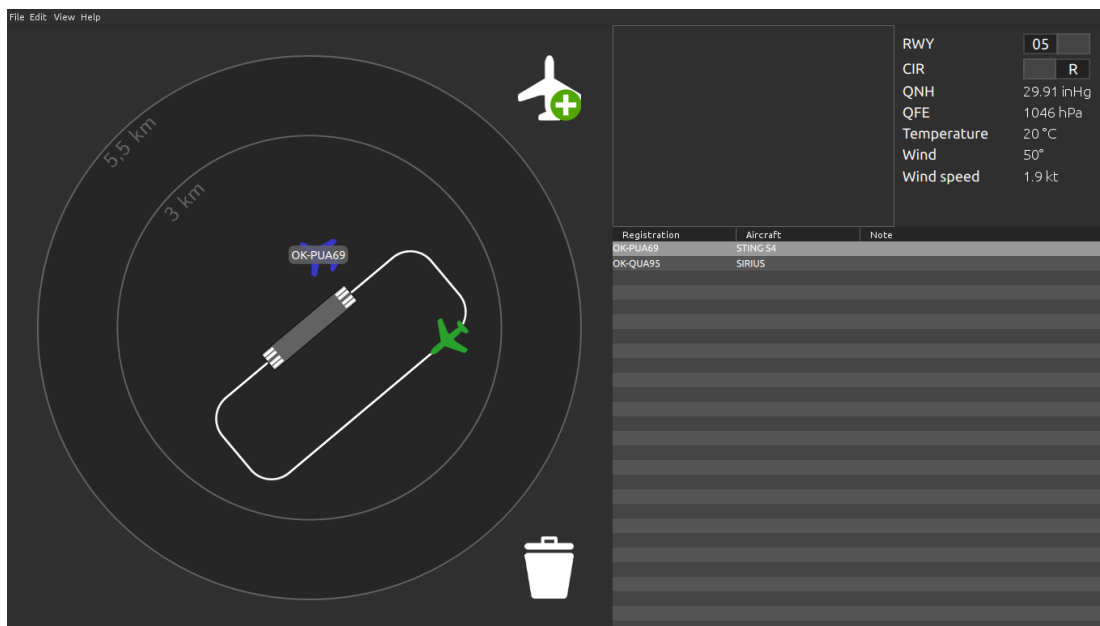
#### B.3.1 Menu

Pomocí menu je možné vypnout aplikaci, nastavit její vlastnosti (viz kapitolu B.3.2), přepnout do režimu přes celou obrazovku (*fullscreen*) a zjistit informace o aplikaci.

<sup>1</sup>) Na operačním systému *GNU/Linux* to jsou například *KDE*, *Gnome* či *Xfce*. Další příklady lze nalézt například na [32]. Majitelé operačních systémů *Windows* a *Mac OS X* si vybrat nemohou a musí používat zabudované dektopové prostředí.

<sup>2</sup>) Uživatelé operačního systému *GNU/Linux* mohou používat místo plnohodnotného dektopového prostředí [32] pouze správce oken [33] jakým je například *Openbox*.

<sup>3</sup>) Může se stát, že pro použití nástroje `qmake` bude třeba přidat cestu k nástroji do systémové proměnné `PATH` nebo udat celou cestu.



Obrázek B.1. Hlavní okno aplikace

### ■ B.3.2 Dialog nastavení

Dialog nastavení se otevírá z menu. Jak můžete vidět na obrázku B.2, lze nastavit:

- **Název letiště** – Je zobrazen v liště okna aplikace.
- **ICAO kód letiště** – Nachází se společně s názvem letiště v liště aplikace.
- **Magnetický kurz vzletové a přistávací dráhy** – Letištní okruh je v letištní provozní zóně vykreslen podle nastaveného magnetického kurzu.
- **QNH** – Tlak lze nastavit buď v hektopascalech (*hPa*) nebo v palcích rtuti (*inHg*).
- **QFE** – Stejně jako QNH lze nastavit buď v hektopascalech nebo v palcích rtuti.
- **Teplotu na letišti** [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- **Směr větru**
- **Rychlost větru** – Je možné zadat rychlost větru v metrech za sekundu nebo v uzlech.
- **Prefix registrační značky letadla** – Tento řetězec je automaticky nastaven při vytvoření nového letadla.
- **Maska registrační značky** – Slouží k vynucení určitého schématu registrační značky letadla při editaci. Více o formátu masky se můžete dočíst v [29]. Pouze pro pokročilé uživatele.
- **Prefix jména letadla** – Při vytvoření nového letadla je tento řetězec automaticky nastaven jako jeho jméno.
- **Maska jména letadla** – Slouží k vynucení určitého schématu jména letadla při editaci. Pouze pro pokročilé uživatele.

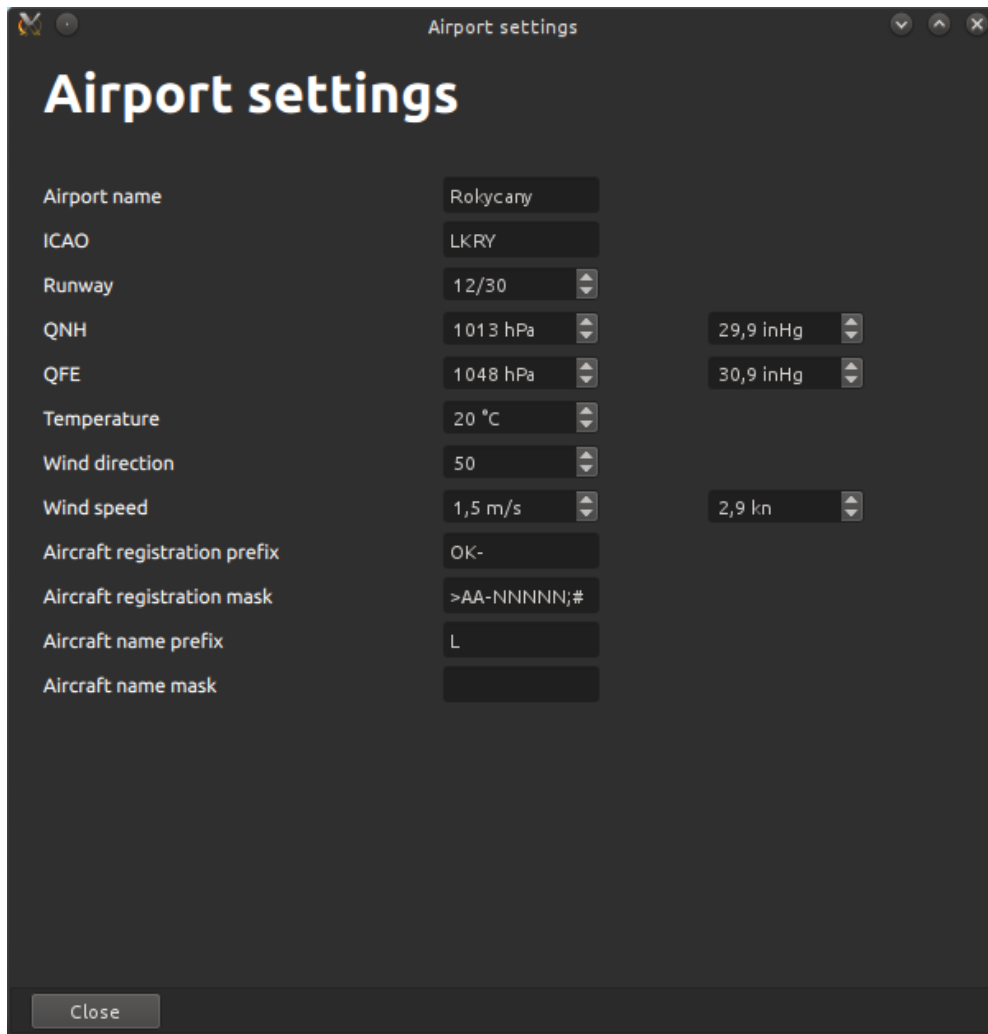
### ■ B.3.3 Informační panel

Na obrázku B.3 můžete vidět informační panel, na kterém je zobrazena většina informací, které lze nastavit pomocí dialogu nastavení.

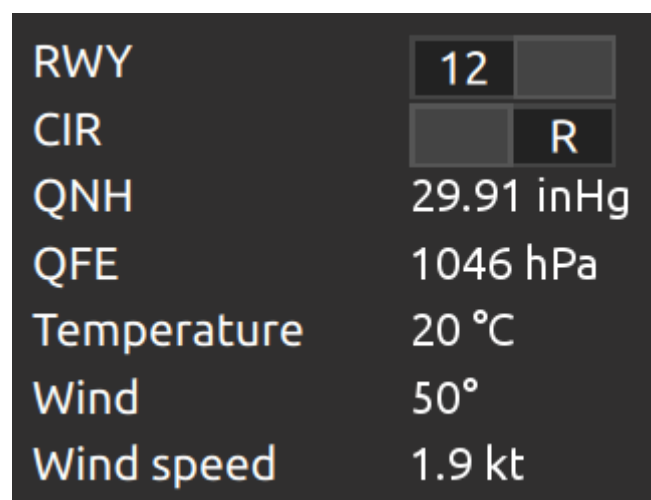
Na prvním řádku se nachází informace o aktuálně zvolenému magnetickému kurzu VPD v podobě přepínače. Kliknutím lze přepínač přepnout do druhé polohy. Číslo, které je viditelné, odpovídá aktuálně zvolenému magnetickému kurzu VPD.

Aktuálního směru letu po okruhu (CIR) je řešen stejným způsobem jako magnetický kurz VPD.





Obrázek B.2. Dialog nastavení aplikace



Obrázek B.3. Informační panel

Dále jsou zde uvedeny hodnoty nastavení atmosférického tlaku QNH a QFE, u kterých je možné kliknutím na hodnotu<sup>1</sup> přepnout použité fyzikální jednotky. Vybrat si lze mezi hektopascalů a palci rtuti, jak je vidět na obrázku B.3.

Teplota je uvedena ve stupních Celsia a směr větru je ve stupních. Neméně důležitá střední hodnota větru je uvedena jako poslední. Podobně jako u atmosférického tlaku lze kliknutím měnit použité fyzikální jednotky. Na výběr jsou metry za sekundu a rychlost v uzlech.

### ■ B.3.4 Hangár

Nalevo od informačního panelu se nachází „hangár“. Jedná se o ohraničenou plochu, ve které se objevují letadla po stisku tlačítka na vytvoření. Letadla je možné přesouvat gestem Drag-and-Drop z/do hangáru.

### ■ B.3.5 Seznam letadel

Seznam letadel se nalézá pod hangárem a informačním panelem. Jedná se o tabulku s třemi sloupci obsahující registrační značku, název letadla a poznámku. Vybráním řádku v tabulce dojde k zobrazení bubliny s registrační značkou nad příslušným letadlem. Dvojklikem je možné editovat jednotlivé buňky v tabulce. Pro potvrzení změn je třeba stisknout klávesu Enter.

### ■ B.3.6 Letištní provozní zóna

Na obrázku B.4 můžete vidět, jak aplikace znázorňuje letištní provozní zónu, letištní okruh a známý provoz.

V pravém horním rohu je tlačítko na vytvoření nového letadla. Nově vytvořené letadlo se objeví v komponentě hangár. Přetažením letadla na ikonu odpadkového koše umístěnou v pravém dolním rohu se letadla ruší.

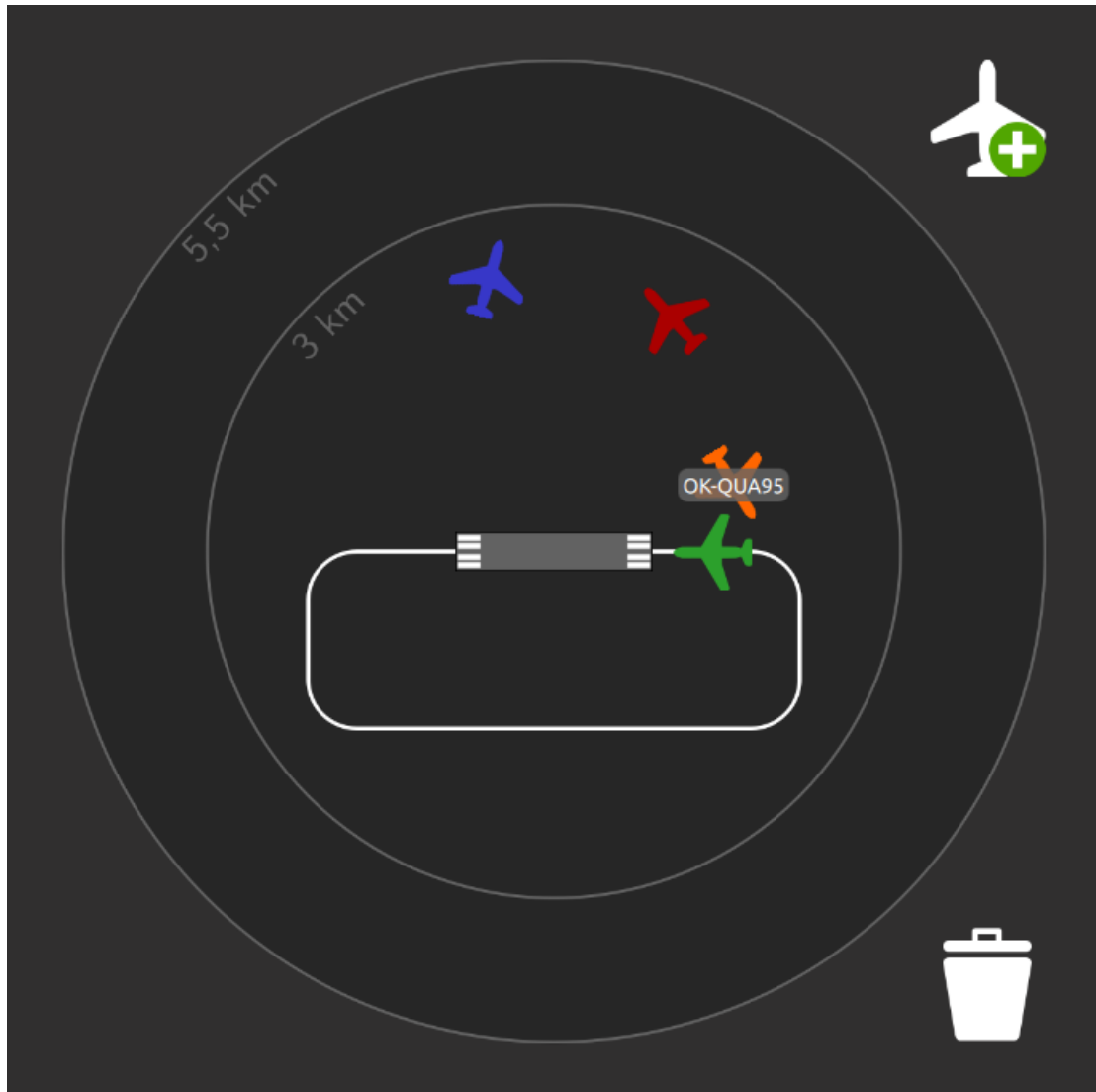
ATZ je vyznačena kružnicí o poloměru 5,5 km. Kvůli zvětšení prostoru kolem letištního okruhu je ve vizualizaci přítomná kružnice o poloměru 3 km. Jelikož kružnice nejsou vykresleny v měřítku 1:1, ale logaritmickém, pohybují se letadla uvnitř/vně této kružnice jinou rychlostí, aby uražená vzdálenost letadla za jednotku času byla v obou případech shodná.

Uprostřed se nachází letištní okruh, jehož magnetický kurz a směr letu po okruhu se řídí nastavením aplikace.

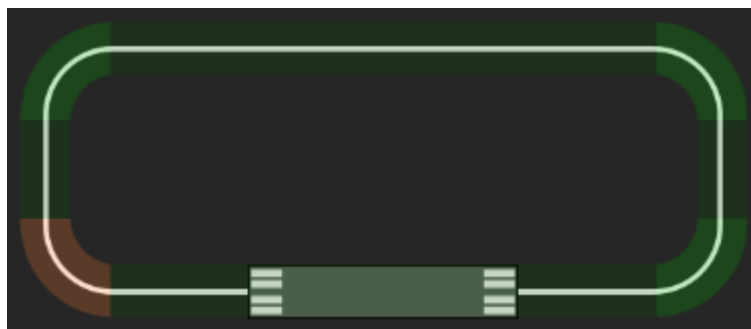
Přeneseme-li letadlo do prostoru ATZ (mimo letištní okruh), nabídne aplikace uživateli volbu akce, kterou letadlo začne automaticky provádět. Akce jsou následující:

- **Vstup do okruhu** – Letadlo vstoupí do okruhu v zadaném místě. Podrobněji popsáno v kapitole B.3.7.
- **Průlet** – Letadlo v tomto režimu prolétá ATZ vybraným směrem. Podrobněji popsáno v kapitole B.3.8.
- **Operace v ATZ** – V režimu operace v ATZ se letadlo pohybuje po kružnici po směru hodinových ručiček (CW). Tato akce se hodí pro letadla, jejichž pohyb bude nepředvídatelný a „nebezpečný“. Příkladem může být letadlo nacvičující vývrtky či trénující nouzové přistání.

<sup>1</sup>) Záměrně je tato funkcionality skrytá, aby nerušila při práci s aplikací.



Obrázek B.4. Letištní provozní zóna



Obrázek B.5. Letištní okruh

### ■ B.3.7 Letištní okruh

Pokud se letadlo při gestu Drag-and-Drop nachází nad okruhem nebo došlo k vybrání akce *vstup do okruhu*, dojde k zobrazení pozadí okruhu, jaké můžete vidět na obrázku B.5. Oranžově je zvýrazněn aktuální výběr.

- **Let po okruhu** – Při tažení letadla nad letištním okruhem dojde ke zvýraznění částí okruhu, na které lze letadlo položit. Po dokončení gesta Drag-and-Drop nad některou z částí okruhu se začne letadlo automaticky pohybovat po okruhu směrem na přistání.
- **Vstup do okruhu** – Po položení letadla mimo letištní okruh se objeví dialog, ve kterém lze zvolit akci *vstup do okruhu*. Následně dojde ke zvýraznění částí okruhu. Kliknutím vyberete cílový segment a letadlo se začne automaticky pohybovat směrem ke zvolenému segmentu. Po příletu k cílovému segmentu letadlo pokračuje po okruhu směrem na přistání.

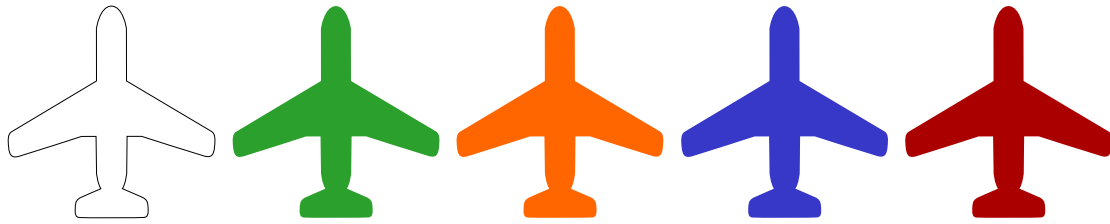
### ■ B.3.8 Kompas

K výběru směru průletu letištní provozní zónou slouží komponenta kompas. Při vybrání akce *průlet* se po obvodu ATZ se zobrazí osm koleček reprezentující jednotlivé světové strany. Při výběru se světová strana podbarví oranžově.

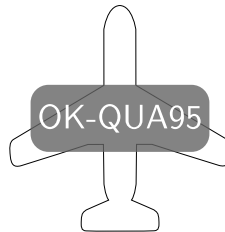
Na obrázku B.6 je vidět kompas, kde je vybraný směr severovýchod. Po vybrání směru průletu kompas zmizí a letadlo automaticky pokračuje požadovaným směrem.



Obrázek B.6. Kompas



Obrázek B.7. Barevné varianty ikony letadla



Obrázek B.8. Letadlo s registrační značkou

### ■ B.3.9 Letadlo

Letadlo je reprezentováno obrázkem letadla různých barev (viz obrázek B.7). Při najetí myši nebo vybráním v seznamu letadel se u daného letadla zobrazí registrační značka (viz obrázek B.8).

Zelené letadlo se pohybuje po letištním okruhu, oranžové se snaží vstoupit do okruhu (směřuje ke zvolené části okruhu), modré prolétá provozní zónou zvoleným směrem a červené se pohybuje v kruhu při akci *operace* v *ATZ*. V ostatních případech má letadlo bílou barvu a nepohybuje se.

### ■ B.3.10 Logování informací

Aplikace zaznamenává informace o známém provozu a jeho pohybu. Informace lze dohledat v souborech `caafis.log*`, které se nacházejí v adresáři se spustitelným souborem.



# Příloha C

## Testovací reporty

U každého testovacího případu je uveden výsledek, který má **zelenou** barvu při úspěšném provedení. V opačném případě je označen **červenou** barvou.

### C.1 Subjekt 1

- **Počítačová gramotnost** – expert
- **Znalost pravidel letového provozu** – poučený
- **Platforma** – *GNU/Linux*
- **Grafická karta** – *Intel HD 3000*

#### C.1.1 Nastavení

1. Nastavte název letiště na libovolný řetězec. Objevil se zadaný název letiště v liště okna aplikace? (Není vidět v režimu přes celou obrazovku.)  
**Ano**
2. Nastavte ICAO kód letiště na libovolný řetězec. Objevil se zadaný kód letiště v liště okna aplikace? (Není vidět v režimu přes celou obrazovku.)  
**Ano**
3. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 04/22. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
4. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 18/36. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
5. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 01/19. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
6. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 00/18. Lze tuto hodnotu nastavit?  
**Ne**
7. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 19/01. Lze tuto hodnotu nastavit?  
**Ne**
8. Nastavte hodnotu QNH na 1023 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 30,21 inHg?  
**Ano**
9. Nastavte hodnotu QNH na 1 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 0,03 inHg?  
**Ne**
10. Nastavte hodnotu QNH na 1500 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 44,29 inHg?  
**Ne**
11. Lze nastavit hodnotu QNH na 0 hPa?  
**Ne**
12. Lze nastavit hodnotu QNH na 1501 hPa?  
**Ne**

13. Nastavte hodnotu QNH na 30,5 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1033 hPa?  
**Ne**
14. Nastavte hodnotu QNH na 44,29 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1500 hPa?  
**Ne**
15. Nastavte hodnotu QNH na 0,03 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1 hPa?  
**Ne**
16. Lze nastavit hodnotu QNH na 0 inHg?  
**Ne**
17. Lze nastavit hodnotu QNH na 47 inHg?  
**Ne**
18. Nastavte hodnotu QFE na 1023 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 30,21 inHg?  
**Ano**
19. Nastavte hodnotu QFE na 1 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 0,03 inHg?  
**Ne**
20. Nastavte hodnotu QFE na 1500 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 44,29 inHg?  
**Ne**
21. Lze nastavit hodnotu QFE na 0 hPa?  
**Ne**
22. Lze nastavit hodnotu QFE na 1501 hPa?  
**Ne**
23. Nastavte hodnotu QFE na 30,5 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1033 hPa?  
**Ne**
24. Nastavte hodnotu QFE na 44,29 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1500 hPa?  
**Ne**
25. Nastavte hodnotu QFE na 0,03 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1 hPa?  
**Ne**
26. Lze nastavit hodnotu QFE na 0 inHg?  
**Ne**
27. Lze nastavit hodnotu QFE na 47 inHg?  
**Ne**
28. Nastavte teplotu 26°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
29. Nastavte teplotu 0°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
30. Nastavte teplotu -26°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
31. Nastavte teplotu 50°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
32. Nastavte teplotu -50°C. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
33. Lze nastavit teplotu -51°C?  
**Ne**
34. Lze nastavit teplotu 51°C?  
**Ne**
35. Nastavte směr větru 200°. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
36. Nastavte směr větru 203°. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**



37. Nastavte směr větru  $0^\circ$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
38. Nastavte směr větru  $359^\circ$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
39. Lze nastavit záporný směr větru?  
**NE**
40. Lze nastavit nastavit směr větru  $360^\circ$ ?  
**NE**
41. Nastavte rychlost  $10,5$  m/s. Je v sousedním boxu hodnota  $20,4$  kn?  
**Ano**
42. Nastavte rychlost  $0$  m/s. Je v sousedním boxu hodnota  $0$  kn?  
**Ano**
43. Nastavte rychlost  $250$  m/s. Je v sousedním boxu hodnota  $486$  kn?  
**Ano**
44. Lze nastavit zápornou rychlost v metrech za sekundu?  
**Ne**
45. Lze nastavit rychlost  $251$  m/s?  
**Ne**
46. Nastavte rychlost  $5$  kn. Je v sousedním boxu hodnota  $2,6$  m/s?  
**Ano**
47. Nastavte rychlost  $486$  kn. Je v sousedním boxu hodnota  $250$  m/s?  
**Ano**
48. Lze nastavit zápornou rychlost v uzlech?  
**Ne**
49. Lze nastavit rychlost  $490$  kn?  
**Ne**
50. Nastavte libovolný prefix registrační značky. Vytvořte letadlo. Odpovídá registrační značka vytvořeného letadla zadanému prefixu?  
**Ano**
51. Nastavte masku registrační značky na  $>AA-NNNNN;#$ . Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Vynucuje správně formát registrační značky (dvě písmena, pomlčka, pět písmen či číslic, všechno verzátky)?  
**Ano**
52. Nastavte libovolný prefix názvu letadla. Vytvořte letadlo. Odpovídá název vytvořeného letadla zadanému prefixu?  
**Ano**
53. Nastavte masku názvu letadla na  $AAAA;#$ . Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Vynucuje správně formát názvu letadla (čtyři písmena)?  
**Ano**
54. Nastavte masku názvu letadla na prázdný řetězec. Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Je možné zadat libovolný text?  
**Ano**

### ■ C.1.2 Informační panel

1. Nachází se hodnota magnetického kurzu VPD 14 nebo 32 v informačním panelu? (Vidět je aktuálně používaný kurz.)  
**Ano**

2. Přepněte kurz do druhé polohy. Došlo k přepnutí a odpovídá aktuálně vybraný magnetický kurz 14 nebo 32?  
**Ano**
3. Vytvořte letadlo a přeneste jej na letištní okruh. Letí letadlo a odpovídá vybraný směr letu po okruhu směru, kterým se letadlo pohybuje?  
**Ano**
4. Přepněte směr letu po okruhu do druhé polohy. Vytvořte letadlo a přeneste jej na letištní okruh. Letí letadlo a odpovídá vybraný směr letu po okruhu směru, kterým se letadlo pohybuje?  
**Ano**
5. Odpovídá hodnota QNH hodnotě 1023 hPa nebo 30,21 inHg?  
**Ne**
6. Klikněte na hodnotu QNH. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě 1023 hPa nebo 30,21 inHg?  
**Ano**
7. Odpovídá hodnota QFE hodnotě 1005 hPa nebo 29,68 inHg?  
**Ne**
8. Klikněte na hodnotu QFE. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě 1005 hPa nebo 29,68 inHg?  
**Ano**
9. Nachází se v informačním panelu teplota 21°C?  
**Ano**
10. Nachází se v informačním panelu směr větru 45°?  
**Ano**
11. Odpovídá rychlost větru hodnotě 15 m/s nebo 29,2 kn?  
**Ano**
12. Klikněte na hodnotu rychlosti větru. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě 15 m/s nebo 29,2 kn?  
**Ano**

### ■ C.1.3 Seznam letadel

1. Vytvořte letadlo. Změňte registrační značky letadla na OK-PUA69 a stiskněte klávesu Enter. Byla změna registrační značky úspěšná?  
**Ano**
2. Vytvořte letadlo. Změňte název letadla na libovolný řetězec a stiskněte klávesu Enter. Byla změna názvu letadla úspěšná?  
**Ano**
3. Vytvořte letadlo. Změňte poznámku u letadla na libovolný řetězec a stiskněte klávesu Enter. Byla změna poznámky úspěšná?  
**Ano**
4. Vytvořte letadlo. Změňte registrační značky letadla na OK-PUA69. Vyberte letadlo v seznamu. Objevila se nad letadlem bublina s registrační značkou OK-PUA69?  
**Ano**

### ■ C.1.4 ATZ – průlet

1. Náhodně umístíte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte sever. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**

2. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte severovýchod. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
3. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte východ. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
4. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jihovýchod. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
5. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jih. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
6. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jihozápad. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
7. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte západ. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
8. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte severozápad. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**

### ■ C.1.5 ATZ – vstup do okruhu

1. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *upwind*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**
2. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *crosswind turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**
3. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *crosswind*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**
4. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**
5. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind 1*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**
6. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind 2*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**
7. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *base turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**
8. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *base leg*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?  
**Ano**

9. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *final turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

10. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *final*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

### ■ C.1.6 ATZ – let po okruhu

1. Umístěte letadlo na *upwind*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

2. Umístěte letadlo na *crosswind turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

3. Umístěte letadlo na *crosswind*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

4. Umístěte letadlo na *downwind turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

5. Umístěte letadlo na *downwind 1*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

6. Umístěte letadlo na *downwind 2*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

7. Umístěte letadlo na *base turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

8. Umístěte letadlo na *base leg*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

9. Umístěte letadlo na *final turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

10. Umístěte letadlo na *final*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?

**Ano**

### ■ C.1.7 ATZ – operace v ATZ

1. Vytvořte a náhodně rozmístěte pět letadel v ATZ a přiřadte jim akci *operace v ATZ*. Chovají se dle očekávání (krouží v kruhu)?

**Ano**

### ■ C.1.8 Ad-hoc

Během nahodilého testování došlo k objevení chyby špatné rotace informační bubliny letadla. Dochází k ní například při nastavení magnetického kurzu 14/32 a pokud je nějaké letadlo v hangáru. Pokud poté došlo k přepnutí směru letu po okruhu nebo RWY in use, letadla v ATZ měla informační bublinu vykreslenou správně, ale došlo k nesprávnému natočení informační bubliny u letadel v hangáru.

### ■ C.1.9 Shrnutí

Testovací scénáře odhalily chybu se špatným ukládáním, načítáním i vykreslováním QNH a QFE. Docházelo k nevhodnému zaokrouhlování hodnot na celá čísla.

Nahodilé testování objevilo chybu s rotací bubliny s registrační značkou po změně RWY in use nebo letu po okruhu.

## ■ C.2 Subjekt 2

- **Počítačová gramotnost** – expert
- **Znalost pravidel letového provozu** – neznalý
- **Platforma** – *Mac OS X*
- **Grafická karta** – *Intel HD 5000*

### ■ C.2.1 Nastavení

1. Nastavte název letiště na libovolný řetězec. Objevil se zadaný název letiště v liště okna aplikace? (Není vidět v režimu přes celou obrazovku.)  
**Ano**
2. Nastavte ICAO kód letiště na libovolný řetězec. Objevil se zadaný kód letiště v liště okna aplikace? (Není vidět v režimu přes celou obrazovku.)  
**Ano**
3. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 04/22. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
4. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 18/36. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
5. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 01/19. Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
6. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 00/18. Lze tuto hodnotu nastavit?  
**Ne**
7. Nastavte magnetický kurz VPD na hodnotu 19/01. Lze tuto hodnotu nastavit?  
**Ne**
8. Nastavte hodnotu QNH na 1023 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 30,21 inHg?  
**Ano**
9. Nastavte hodnotu QNH na 1 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 0,03 inHg?  
**Ano**
10. Nastavte hodnotu QNH na 1500 hPa. Je v sousedním boxu hodnota 44,29 inHg?  
**Ano**
11. Lze nastavit hodnotu QNH na 0 hPa?  
**Ne**
12. Lze nastavit hodnotu QNH na 1501 hPa?  
**Ne**
13. Nastavte hodnotu QNH na 30,5 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1033 hPa?  
**Ano**
14. Nastavte hodnotu QNH na 44,29 inHg. Je v sousedním boxu hodnota 1500 hPa?  
**Ano**

15. Nastavte hodnotu QNH na  $0,03 \text{ inHg}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $1 \text{ hPa}$ ?  
**Ano**
16. Lze nastavit hodnotu QNH na  $0 \text{ inHg}$ ?  
**Ne**
17. Lze nastavit hodnotu QNH na  $47 \text{ inHg}$ ?  
**Ne**
18. Nastavte hodnotu QFE na  $1023 \text{ hPa}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $30,21 \text{ inHg}$ ?  
**Ano**
19. Nastavte hodnotu QFE na  $1 \text{ hPa}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $0,03 \text{ inHg}$ ?  
**Ano**
20. Nastavte hodnotu QFE na  $1500 \text{ hPa}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $44,29 \text{ inHg}$ ?  
**Ano**
21. Lze nastavit hodnotu QFE na  $0 \text{ hPa}$ ?  
**Ne**
22. Lze nastavit hodnotu QFE na  $1501 \text{ hPa}$ ?  
**Ne**
23. Nastavte hodnotu QFE na  $30,5 \text{ inHg}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $1033 \text{ hPa}$ ?  
**Ano**
24. Nastavte hodnotu QFE na  $44,29 \text{ inHg}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $1500 \text{ hPa}$ ?  
**Ano**
25. Nastavte hodnotu QFE na  $0,03 \text{ inHg}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $1 \text{ hPa}$ ?  
**Ano**
26. Lze nastavit hodnotu QFE na  $0 \text{ inHg}$ ?  
**Ne**
27. Lze nastavit hodnotu QFE na  $47 \text{ inHg}$ ?  
**Ne**
28. Nastavte teplotu  $26^\circ\text{C}$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
29. Nastavte teplotu  $0^\circ\text{C}$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
30. Nastavte teplotu  $-26^\circ\text{C}$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
31. Nastavte teplotu  $50^\circ\text{C}$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
32. Nastavte teplotu  $-50^\circ\text{C}$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
33. Lze nastavit teplotu  $-51^\circ\text{C}$ ?  
**Ne**
34. Lze nastavit teplotu  $51^\circ\text{C}$ ?  
**Ne**
35. Nastavte směr větru  $200^\circ$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
36. Nastavte směr větru  $203^\circ$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
37. Nastavte směr větru  $0^\circ$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**
38. Nastavte směr větru  $359^\circ$ . Nachází se tato hodnota v informačním panelu?  
**Ano**

39. Lze nastavit záporný směr větru?  
**Ne**
40. Lze nastavit směr větru  $360^\circ$ ?  
**Ne**
41. Nastavte rychlost  $10,5 \text{ m/s}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $20,4 \text{ kn}$ ?  
**Ano**
42. Nastavte rychlost  $0 \text{ m/s}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $0 \text{ kn}$ ?  
**Ano**
43. Nastavte rychlost  $250 \text{ m/s}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $486 \text{ kn}$ ?  
**Ano**
44. Lze nastavit zápornou rychlost v metrech za sekundu?  
**Ne**
45. Lze nastavit rychlost  $251 \text{ m/s}$ ?  
**Ne**
46. Nastavte rychlost  $5 \text{ kn}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $2,6 \text{ m/s}$ ?  
**Ano**
47. Nastavte rychlost  $486 \text{ kn}$ . Je v sousedním boxu hodnota  $250 \text{ m/s}$ ?  
**Ano**
48. Lze nastavit zápornou rychlost v uzlech?  
**Ne**
49. Lze nastavit rychlost  $490 \text{ kn}$ ?  
**Ne**
50. Nastavte libovolný prefix registrační značky. Vytvořte letadlo. Odpovídá registrační značka vytvořeného letadla zadanému prefixu?  
**Ano**
51. Nastavte masku registrační značky na  $>AA-NNNNN; \#$ . Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Vynucuje správně formát registrační značky (dvě písmena, pomlčka, pět písmen či číslic, všechno verzálky)?  
**Ano**
52. Nastavte libovolný prefix názvu letadla. Vytvořte letadlo. Odpovídá název vytvořeného letadla zadanému prefixu?  
**Ano**
53. Nastavte masku názvu letadla na  $AAAA; \#$ . Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Vynucuje správně formát názvu letadla (čtyři písmena)?  
**Ano**
54. Nastavte masku názvu letadla na prázdný řetězec. Vytvořte letadlo. Editujte registrační značku. Je možné zadat libovolný text?  
**Ano**

### ■ C.2.2 Informační panel

1. Nachází se hodnota magnetického kurzu VPD 14 nebo 32 v informačním panelu? (Vidět je aktuálně používaný kurz.)  
**Ano**
2. Přepněte kurz do druhé polohy. Došlo k přepnutí a odpovídá aktuálně vybraný magnetický kurz 14 nebo 32?  
**Ano**
3. Vytvořte letadlo a přeneste jej na letištní okruh. Letí letadlo a odpovídá vybraný směr letu po okruhu směru, kterým se letadlo pohybuje?  
**Ano**

4. Přepněte směr letu po okruhu do druhé polohy. Vytvořte letadlo a přeneste jej na letištní okruh. Letí letadlo a odpovídá vybraný směr letu po okruhu směru, kterým se letadlo pohybuje?  
**Ano**
5. Odpovídá hodnota QNH hodnotě 1023 hPa nebo 30,21 inHg?  
**Ano**
6. Klikněte na hodnotu QNH. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě 1023 hPa nebo 30,21 inHg?  
**Ano**
7. Odpovídá hodnota QFE hodnotě 1005 hPa nebo 29,68 inHg?  
**Ano**
8. Klikněte na hodnotu QFE. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě 1005 hPa nebo 29,68 inHg?  
**Ano**
9. Nachází se v informačním panelu teplota 21°C?  
**Ano**
10. Nachází se v informačním panelu směr větru 45°?  
**Ano**
11. Odpovídá rychlost větru hodnotě 15 m/s nebo 29,2 kn?  
**Ano**
12. Klikněte na hodnotu rychlosti větru. Došlo k přepnutí fyzikálních jednotek a odpovídá hodnota hodnotě 15 m/s nebo 29,2 kn?  
**Ano**

### ■ C.2.3 Seznam letadel

1. Vytvořte letadlo. Změňte registrační značky letadla na OK-PUA69 a stiskněte klávesu Enter. Byla změna registrační značky úspěšná?  
**Ano**
2. Vytvořte letadlo. Změňte název letadla na libovolný řetězec a stiskněte klávesu Enter. Byla změna názvu letadla úspěšná?  
**Ano**
3. Vytvořte letadlo. Změňte poznámku u letadla na libovolný řetězec a stiskněte klávesu Enter. Byla změna poznámky úspěšná?  
**Ano**
4. Vytvořte letadlo. Změňte registrační značky letadla na OK-PUA69. Vyberte letadlo v seznamu. Objevila se nad letadlem bublina s registrační značkou OK-PUA69?  
**Ano**

### ■ C.2.4 ATZ – průlet

1. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte sever. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
2. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte severovýchod. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**
3. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte východ. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?  
**Ano**



4. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jihovýchod. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?

**Ano**

5. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jih. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?

**Ano**

6. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte jihozápad. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?

**Ano**

7. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte západ. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?

**Ano**

8. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *průlet* a vyberte severozápad. Letí letadlo správným směrem a dorazilo do svého cíle?

**Ano**

### ■ C.2.5 ATZ – vstup do okruhu

1. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *upwind*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

2. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *crosswind turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

3. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *crosswind*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

4. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

5. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind 1*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

6. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *downwind 2*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

7. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *base turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

8. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *base leg*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

9. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *final turn*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

10. Náhodně umístěte letadlo do ATZ, vyberte akci *vstup do okruhu* a vyberte *final*. Letí letadlo správným směrem, vstoupilo do okruhu a dolétlo až na přistání?

**Ano**

### ■ C.2.6 ATZ – let po okruhu

1. Umístěte letadlo na *upwind*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
2. Umístěte letadlo na *crosswind turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
3. Umístěte letadlo na *crosswind*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
4. Umístěte letadlo na *downwind turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
5. Umístěte letadlo na *downwind 1*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
6. Umístěte letadlo na *downwind 2*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
7. Umístěte letadlo na *base turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
8. Umístěte letadlo na *base leg*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
9. Umístěte letadlo na *final turn*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**
10. Umístěte letadlo na *final*. Letí letadlo správným směrem po okruhu až na přistání?  
**Ano**

### ■ C.2.7 ATZ – operace v ATZ

1. Vytvořte a náhodně rozmístěte pět letadel v ATZ a přiřadte jim akci *operace v ATZ*. Chovají se dle očekávání (krouží v kruhu)?  
**Ano**

### ■ C.2.8 Ad-hoc

Během nahodilého testování došlo k objevení následujících chyb.

V aplikaci se nekonzistentně střídají dvě přípustná označení pro rychlost v uzlech (*kn* a *kt*).

Pokud uživatel přepnul směr letu po okruhu nebo dráhu v používání a měl nějaké letadlo, které přistálo na VPD (zobrazil se žlutý otazník), letadlo letělo správně novým směrem, ale otazník byl stále viditelný.

Pro výběr akce letadla se zobrazí dialog, jehož tlačítko pro potvrzení přetéká do obsahu dialogu (viz obrázek C.9).

### ■ C.2.9 Shrnutí

Testovací scénáře neodhalily žádnou chybu. Nahodilé otestování odhalilo nekonzistenci v označení rychlosti v uzlech a nesprávné zobrazení upozornění (otazníku) po změně



Obrázek C.9. Dialog Mac OS X

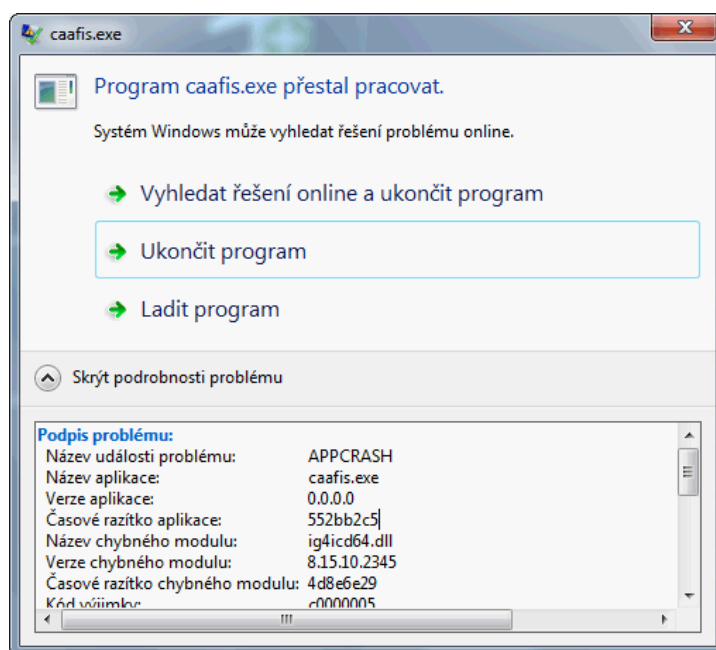
letu po okruhu nebo dráhy v používání. Dále došlo k objevení chyby při vykreslení dialogu pro volbu akce.

## C.3 Subjekt 3

- **Počítačová gramotnost** – expert
- **Znalost pravidel letového provozu** – poučený
- **Platforma** – Windows 7
- **Grafická karta** – Intel HD 3000

### C.3.1 Ad-hoc

Před přeložením projektu pod operačním systémem *Windows* bylo třeba upravit několik cest k hlavičkovým souborům. Po přeložení, které proběhlo naprosto očekávaně, se aplikace spustila. Dialog nastavení aplikace, informační panel, hangár, seznam letadel, tlačítko na vytváření letadel, letadla samotná, jejich mazání i akce operace v ATZ a průlet fungovaly dle očekávání.



Obrázek C.10. Windows 7 chybová hláška ovladače grafické karty

Bohužel za nejasných a nedeterministicky<sup>1</sup> reprodukovatelných podmínek docházelo k častému pádu aplikace (viz obrázek C.10) v ovladači integrované grafické karty od firmy Intel při práci s letištním okruhem.

### ■ C.3.2 Shrnutí

Z důvodu kritické chyby pod operačním systémem *Windows* nemělo smysl testovat aplikaci podle testovacích scénářů.

Uvedená chyba byla již nahlášena [35–36] a v nadcházející verzi [37], která by měla vyjít koncem května, by již měla být opravena.

---

<sup>1</sup>) Jednou se mi podařilo aplikaci přeložit a spustit, aniž by padala.