

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

APLIKACE PRO ONLINE PŘENOS A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ O
LETECKÉM PROVOZU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. DAVID WIESNER

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

APLIKACE PRO ONLINE PŘENOS A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ O LETECKÉM PROVOZU

APPLICATION FOR ONLINE TRANSMISSION AND PROCESSING OF INFORMATION OF AIR
TRAFFIC

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. DAVID WIESNER

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DOMINIK KOVÁČ

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Telekomunikační a informační technika

Student: Bc. David Wiesner

ID: 121037

Ročník: 2

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Aplikace pro online přenos a zpracování informací o leteckém provozu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V rámci diplomové práce bude nutné se seznámit s aeronautickými daty ve formátu AIXM a meteorologickými informacemi ve zprávách TAF a METAR. Cílem diplomové práce bude teoreticky zpracovat využití a strukturu leteckých, meteorologických a informačních zpráv (AIXM, TAF a METAR). Praktická část práce bude zaměřená na vytvoření softwarové aplikace, která v reálném čase na mapovém podkladu bude zobrazovat informace o objektu z aeronautických dat a zobrazí také odpovídající aktuální či předpovídané meteorologické informace. Dále bude indikovat využitelnost přistávací dráhy na základě meteorologických informací, získaných v reálném čase, statických informací o přistávací dráze letiště a na základě referenčních výkonnostních parametrech letadla.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] BENZ, B., DURANT, J.: XML Programming Bible. New York: Wiley Publishing, Inc., 2003, ISBN: 0-7645-38292.

[2] RAY, E.: Learning XML, Second Edition. Sebastopol: O'Reilly Media, 2003, ISBN: 978-0596004200.

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 26.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Dominik Kováč

Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá prozkoumáním problematiky zpracování leteckých dat ve formátu AIXM a prozkoumáním možností zpracování meteorologických zpráv ve formátu WXXM. V této diplomové práci je popsán vývoj aplikace, která zpracovává oba formáty. Na základě meteorologických informací dokáže finální aplikace vyhodnotit vhodnou přistávací dráhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

AIXM, D-NOTAM, XML, WXXM, METAR, TAF

ABSTRACT

Diploma thesis deals with the aeronautical data format AIXM and exploring possibilities for processing meteorological messages in the format WXXM. This diploma thesis describes the development of application which handles both formats. Final application can evaluate appropriate runway on the basis of meteorological information.

KEYWORDS

AIXM, D-NOTAM, XML, WXXM, METAR, TAF

WIESNER, David *Aplikace pro online přenos a zpracování informací o leteckém provozu*: diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2015. 68 s. Vedoucí práce byl Ing. Dominik Kováč

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Aplikace pro online přenos a zpracování informací o leteckém provozu“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Dominiku Kováčovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum popsáný v této diplomové práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX; registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

Brno

.....
(podpis autora)

OBSAH

Úvod	11
1 Typy meteorologických zpráv	12
1.1 METAR	12
1.2 TAF	17
2 WXXM	21
2.1 Základní vrstva WXXM	21
2.2 WXXM vrstva domény počasí	24
2.3 WXXM vrstva domény letecké terminologie	25
3 AIXM	26
3.1 AIXM konceptuální model	26
3.1.1 Oblasti využití modelu	26
3.1.2 Vlastnosti(features)	27
3.1.3 Atributy	27
3.1.4 Vztahy	27
3.1.5 Obchodní pravidla	27
3.2 AIXM XML schéma	28
3.2.1 Využití schématu AIXM XML	28
4 NOTAM vs D-NOTAM	29
4.1 NOTAM	29
4.2 D-NOTAM	29
5 Vlivy na letecký provoz	31
5.1 Vlivy počasí	31
5.1.1 Vítr	31
5.1.2 Mlha	32
5.1.3 Turbulence	33
5.1.4 Bouřky	34
5.1.5 Sníh	34
5.1.6 Mráz	34
5.1.7 Sopečný prach a srážka s ptáky	35
5.2 Vlivy letounu	35
5.2.1 Minimální kontrolovaná rychlost	35
5.2.2 Maximální konstrukční vzletová a přistávací hmotnost	36
5.3 Vlivy přistávací dráhy	37

5.3.1	Délka přistávací dráhy	37
5.3.2	Navigační systém ILS	38
6	Aplikace na zpracování informací o leteckém provozu	41
6.1	Popis GUI aplikace	41
6.2	Chod aplikace	42
6.3	Zobrazení mapy	46
6.4	Část pro načítání WXXM dat	48
6.4.1	Základní zpráva	48
6.4.2	Třídy na zpracování meteorologických zpráv	51
6.5	Část pro načítání AIXM dat	52
6.5.1	Načtení souboru	54
6.5.2	Zobrazení objektu	54
6.5.3	Načtení D-NOTAMu	55
6.6	Metody pro výběr přistávací dráhy	55
6.6.1	Metoda pro naplnění objektu runwayCollection informacemi o drahách	55
6.6.2	Metoda kontroly validace METAR zprávy.	56
6.6.3	Metoda pro výběr vhodné přistávací dráhy	56
6.6.4	Metoda pro detekci nebezpečného počasí	58
6.6.5	Metoda pro určení kategorie ILS	58
6.7	Funkčnost aplikace	58
7	Závěr	60
	Literatura	61
	Seznam symbolů, veličin a zkratek	63
	Seznam příloh	65
A	Přílohy	66
A.1	Class diagram Form1 a Form2	66
A.2	Diagram letiště Chicago O'Hare	67
B	CD s aplikací	68

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Balík jednotek veličin.	22
2.2	Veličina pro měření:tlak	23
2.3	Množina podporovaných termínů pro popis počasí.	24
2.4	Množina podporovaných termínů pro letectví.	25
3.1	UML diagram znázorňující jednotlivé položky AIXM modelu.	27
4.1	Ukázka grafického znázornění digitální NOTAM zprávy.	30
5.1	Ukázky náklonu ve stupních.	36
5.2	Ukázka pojmů na přistávací dráze.	38
5.3	Ukázka pojmů na přistávací dráze.	38
6.1	Roletové menu s prvky pro zpracování AIXM dat.	43
6.2	Roletové menu s prvky pro zpracování NOTAM zpráv.	43
6.3	Roletové menu s prvky pro zpracování WXXM zpráv.	43
6.4	Uživatelské rozhraní na záložce Data, horní část.	44
6.5	Uživatelské rozhraní na záložce Data, spodní část.	44
6.6	Uživatelské rozhraní pro zobrazení METAR zpráv na záložce Map.	45
6.7	Uživatelské rozhraní pro zobrazení TAF zpráv na záložce Map.	46
6.8	Ukázka zobrazení PushPinu na mapě.	47
6.9	Grafické zobrazení jedné přistávací dráhy.	47
6.10	Formulář pro výběr meteorologických zpráv ke stažení.	48
6.11	Diagram třídy messageBase.	49
6.12	Diagram třídy Station.	50
6.13	Ukázka funkce metody showPointOnMap.	51
6.14	Diagram tříd pro zprávu typu METAR.	52
6.15	Diagram tříd pro zprávu typu TAF.	53
6.16	Diagram tříd pro přistávací dráhy.	56
6.17	Diagram tříd pro přistávací dráhy.	57
6.18	Ukázka funkčnosti aplikace.	59
6.19	Ukázka funkčnosti aplikace.	59
A.1	Class diagram tříd Form1 a Form2.	66

SEZNAM TABULEK

1.1	Struktura zprávy METAR	13
1.2	Barevné stavy meteorologických stanic.	16
1.3	Zkratky upřesňující stav počasí. Zdroj: [15]	16
1.4	Pokrytí oblohy mraky(v osminách)	18
1.5	Tabulka intenzity námrazy.	19
1.6	Tabulka intenzity turbulencí.	20
5.1	Minima parametrů pro jednotlivé kategorie přiblížení na letiště. . . .	33
5.2	Minimální vzdálenosti pro přistání a vzlet.	38

ÚVOD

Letecké informace musí být rychle dostupné a zároveň vysoce přesné, protože na přesnost jsou v letectví, ze zjevných důvodů, kladeny vysoké požadavky. Výměna leteckých dat probíhá mezi mnoha účastníky najednou. Dříve byl systém zaveden v papírově podobě, jenž problém byl v riziku ztráty dat během komunikace. V dnešních navigačních aplikacích je kladen velký důraz na vývoj prostředí pro zpracování digitálních leteckých dat.

Počasí je v letecké dopravě zodpovědné za 70% zpoždění a nehod. Ve snaze o zvýšení bezpečnosti nastala potřeba výměny aktuálních informací, mezi letouny a řídicími věžemi, o aktuálním počasí a předpovědi nastávajícího počasí v určitém časovém rozmezí.

Model WXXM vznikl jako iniciativa organizací FAA a EUROCONTROL vytvořit jednotný datový model pro současně používané standardy. Společně s dalšími modely AIXM a FIXM podávají celistvé informace potřebné k řízení letecké dopravy.

První kapitola pojednává o typech meteorologických zpráv používaných v letectví, jako jsou METAR a TAF.

Druhá kapitola popisuje model WXXM, pro výměnu a interpretaci meteorologických zpráv a jeho rozdělení do vrstev.

Třetí kapitola pojednává o modelu AIXM, určeným pro výměnu leteckých informací.

Čtvrtá kapitola popisuje zprávy NOTAM a D-NOTAM upřesňující aktuální stav letištních objektů jako přistávací dráha.

Pátá kapitola popisuje různé vlivy na fázi přistání letadla. Ať už vliv atributů letadla, letiště nebo počasí.

Šestá kapitola popisuje implementaci aplikace, která na základě načtených AIXM a WXXM dat dokáže vyhodnotit vhodnou přistávací dráhu.

1 TYPY METEOROLOGICKÝCH ZPRÁV

Meteorologické zprávy jsou posílány mezi řídicí věží a letadlem. K tomuto účelu slouží VOLMET (Meteorological information for aircraft in flight), což je celosvětová rádiová síť stanic vysílajících na krátkých vlnách [4]. Zprávy jsou odesílány pomocí SSB (Single-SideBand modulation), pomocí automatizovaného hlasového přenosu. Piloti na mezinárodních trasách používají tyto přenosy, aby se zabránilo vlétnutí bouře nebo turbulence, a pomáhají určit jaké použít postupy pro klesání, přiblížení a přistání. Síť VOLMET rozděluje svět do konkrétních oblastí. Jednotlivé VOLMET stanice v každém regionu vysílají zprávy o počasí pro specifické skupiny leteckých terminálů v jejich oblasti. A pomáhají koordinovat letový provoz. Nejčastěji je používaná zpráva METAR, která slouží k pravidelným hlášením meteorologických informací. Tato zpráva je vydávána nejčastěji přímo na letištích. Dále zpráva TAF, která popisuje předpověď převládajících meteorologických podmínek na daném letišti pro interval 9 – 24 hodin. K přenosu různých typů meteorologických zpráv slouží model WXXM, který zajišťuje přenos XML [1] souborů.

1.1 METAR

METAR (Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report) je mezinárodní letecká meteorologická zpráva pro pravidelné hlášení aktuálního stavu počasí. Spadá pod standard ICAO (International Civil Aviation Organization). Zprávy METAR jsou generovány po hodinových nebo půlhodinových intervalech. Pokud dojde v mezidobí k výrazné změně počasí, vygeneruje se zpráva označovaná jako SPECI, která má stejnou strukturu. Zprávy vznikají na letišti v automatických meteorologických stanicích (v kódu se pak objevuje informativní označení AUTO). Také mohou být zprávy vygenerovány ručně meteorologem [3].

Jednotlivé zprávy obsahují data v tomto pořadí:

TYPE typ zprávy, může být METAR, SPECI nebo AUTO

ID Znamená kódové označení letiště, například letiště Tuřany Brno má LKTB. V tomto příkladu **K** odkazuje na stanici v USA a **ORD** je třípísmenné ID pro letiště O'Hare v Chicagu.

TIME Datum a čas kdy byl zaznamenán poslední údaj do METAR zprávy.

- **04** - čtvrtý den v měsíci
- **1656** - čas, ve který vyšla zpráva
- **Z** - ukazuje, že čas je v Zulu, nebo-li v UTC (Coordinated Universal Time)

WIND Údaj o rychlosti, směru a charakteru větru.

Tab. 1.1: Struktura zprávy METAR

Parametr	Příklad
TYPE	METAR
ID	KORD
TIME	041656Z
WIND	19020G26KT
VIS	6SM
WX	-SHRA
SKY	BKN070
T/TD	12/08
ALT	A3016
REMARK	RMK AO2

- **190** První tři čísla udávají směr větru ve stupních, od 0 do 359.
- **20** Další dvě udávají rychlost větru v uzlech.
- **G26** Představuje poryvy větru. V tomto případě jsou poryvy 26 uzlů.
- **KT** Jednoduše znamená, že jednotka je v uzlech. Údaj bude vždy na konci.

Pro větry s rychlostí nižší než 7 uzlů, je uveden příklad VRB005KT, což znamená, že směr větru je variabilní. Pro vítr větší než 6 uzlů můžete vidět 18015KT 150V210. Tyto větry jsou ve směru 180° a o rychlosti 15 uzlů, ale směr je vlastně proměnná mezi 150° a 210°. Aby mohl být vítr označen jako variabilní, musí mít alespoň 60° rozdílu.

VIS Je zkratka anglického visibility tedy viditelnost. **6SM** jednoduše znamená 6 SM Statute Mile = Anglická Statutární míle(1609,4m). Občas můžete vidět viditelnost až na 20 nebo 30 SM, ale ve většině případů to je od 1/4 SM až 10 SM.

WX Označuje počasí a míru světla v přítomnosti.

- **(-)** znamená lehké srážky, střední **()** nebo těžké **(+)**. Jednoduše jedná se o intenzitu. Ať už sněhu, deště, kroupů, deště se sněhem nebo mrznoucího deště.
- **SH** znamená shower, česky sprcha. **RA** znamená rain, česky déšť. Takže současné počasí je slabý déšť, který má charakter sprchy.

SKY Značí podmínky oblohy.

- **BKN** je zkratka pro broken sky. To znamená, že mraky zakrývají 5/8 až 7/8 celé oblohy.
- **110** znamená, že mraky jsou ve výšce 11 000 stop(je třeba doplnit dvě

nuly)

Intezita pokrytí oblohy mraky je buď **FEW**(pokrytí mraky je 1/8 až 2/8), **SCT**(3/8 až 4/8),**BKN**(5/8 až 7/8) a **OVC**(OVERCAST, 8/8 pokrytí). Často se uvádí více než jedna značka(například SCT035 BKN090 OVC140). Dále se používá značka **VV**(Vertical Visibility), což znamená jaká je viditelnost kolmo do výšky. Značky ohledně charakteru mraků se udávají na konci, jako **TCU**(Towering Cumulus), **CB**(Cumulonimbus) nebo **ACC**(Towering Cumulus). Například SCT035TCU.

T/TD Teplota a rosný bod.

- **12** je teplota ve stupních Celsia.
- **08** je rosný bod ve stupních Celsia. V případě, že teplota rosného bodu klesne pod nulu, objeví se písmeno **M** jako minus. Například 03/M02.

ALT je zkratka anglického altimeter, což znamená výškoměr. Zde se udává hodnota barometrického tlaku.

- **A** Pokud je uvedeno na začátku, znamená to, že je jednotka uvedena v palcích rtuťového sloupce.¹
- **30,16** je hodnota onoho tlaku ve výše zmiňované jednotce.

REMARK je z angličtiny znamená poznámka.

- **RMK** jednoduše znamená poznámky a označí konec standardní METAR zprávy a začátek poznámky, která je uváděna v případě potřeby.
- **A02** znamená, že meteostanice, která vydala tuto zprávu má čidlo srážek.

¹Zastaralá jednotka tlaku palec rtuti (označení inHg) je používána ve Spojených státech a mnohdy i v evropských zemích při zprávách o aktuálním a očekávaném počasí. Přepočet jednotky inHg do běžně používané hPa je 1 inHg = 33,86 hPa při 0 °C

Listing 1.1: Ukázka METAR zprávy

```
LKPR 150700Z VRB02KT 3000 BR BKN200 13/13 Q1015 BCMG  
5000 BR
```

LKPR = indikátor letiště Praha Ruzyně

150700Z = vydáno 15. tohoto měsíce v 0700 ZULU
(světového
koordinovaného času)

09004KT = vítr ze směru 090°, rychlost 4 uzly

3000 = dohlednost 3000 metrů

BR = kouřmo

BKN200 = Broken 20.000 stop

13/13 = teplota 13, rosný bod 13 stupňů

Q1015 = QNH 1015 hPa

WS RWY31 = pozorován stříh větru při přiblížení na dráhu
31

BCMG 5000 BR = během 2 hodin se očekává vzestup
dohlednosti na 5000
metrů, kouřmo

V METAR zprávách generovaných některými stanicemi v USA, se vyskytuje na konci parametr barevný stav (color state). Umožňuje rychlé zhodnocení počasí podle viditelnosti a výšky nejnižší vrstvy mraků (ceiling) jako v tabulce 1.2. Černá barva se používá v případě, když letiště není použitelné například led na dráze.

Tab. 1.2: Barevné stavy meteorologických stanic.

Barevný kód	Barva	Výška základny mraku (ceiling)	Viditelnost (Visibility)
BLU	modrá	2550 stop	8000 metrů
WHT	bílá	1500 stop	5000 metrů
GRN	zelená	700 stop	3700 metrů
YLO	žlutá	300 stop	1600 metrů
AMB	jantar	200 stop	800 metrů
RED	červená	< 200 stop	< 800 metrů

Tab. 1.3: Zkratky upřesňující stav počasí. Zdroj: [15]

Upřesnění		Jev počasí		
Intenzita jevu	Popis jevu	Srážky	Zhoršující viditelnost	Jiné jevy
- slabá mírná(bez znaménka) + silná VC v blízkosti	TS Bouřka	RA Déšť	FG Mlha	SQ Húlava
	SH Přeháňka	DZ Mrholení	BR Kouřmo	PO Písečný vír
	FZ Mrznoucí	SN Sněžen	HZ Zákal	FC Tornádo
	MI Přízemní	SG Sněhové kroupy	SG Dým	DA Prachová vichřice
	BC Pásy	GS Malé kroupy	DU Prach	SS Písečná vichřice
	PR Částečně	PL Ledové jádra	SA Písek	
	BL Zvířené	IC Ledové krystalky	VA Sopečný popel	
	DR Nízko zvířené	GR Kroupy		

1.2 TAF

TAF (Terminal aerodrome forecast) je formát pro hlášení předpovědí počasí, zejména užívaný v letectví. Zprávy TAF jsou vydávány každých 6 hodin (0000, 0600, 1200, 1800 UTC). A jsou vydávány pro oblast asi 5 SM od středu letištní dráhy [5].

TAF zprávy používají podobné kódování jako zprávy METAR. Jsou generovány přímo lidmi, nikoliv automaticky jak tomu může být například u METAR. Zprávy TAF jsou mnohem přesnější než běžná numerická předpověď počasí, protože bere v úvahu místní geografické vlivy.

V USA jsou meteorologové, zodpovědní za zprávy TAF, umístěni v jedné ze 122 WFO (Weather Forecast Office) napříč celou USA. Naopak zprávy TTF (Trend Type Forecast), které jsou podobné zprávám TAF, jsou generovány vždy meteorologem, který je přímo v místě, pro které je zpráva generována. Ve Velké Británii je většina TAF zpráv pro vojenská letiště generována lokálně. Oproti tomu většinu TAF zpráv pro civilní letiště generuje Met Office v Exeteru. Různé země mají různá kritéria pro užívání TAF zpráv.

Listing 1.2: Ukázka TAF zprávy

```
TAF
KBLV 050606 14005KT 8000 BR FEW030 WS010/18040KT 620304
      QNH2960INS 08/18Z
      TM01/11Z
BECMG 1314 16010KT 3200 -SHRA OVC020 520004 QNH2959INS
TEMPO 1416 21015G30KT 1600 TSRA BKN008CB OVC020
FM 1617 29008KT 3200 -RA OVC030 QNH2958INS
BECMG 1819 31012G22KT 9999 NSW SCT040 WSCONDS 520004
PROB40 0006 2SM TSRA OVC008CB 2021 30008KT 9999 SKC
      QNH2950INS
```

KBLV 050606 Čtyř znakový identifikátor umístění vydavatele zprávy, letiště po-
tažmo meteostanice. Číslice udávají platnost zprávy. Přesně to znamená, že je
zpráva platná od 06:00 pátého dne v měsíci do 06:00 šestého dne v měsíci. Ci-
vilní meteostanice kódují datum a čas jinak než ty vojenské. Například zpráva
051130Z. 05 znamená pátý den v měsíci a 1130Z je čas ve formátu UTC.

BECMG 1314 Znamená začátek nebo postupná změna meteorologických podmí-
nek. V tomto případě od 1300Z do 1400Z.

TEMPO 1416 Znamená dočasný stav. V tomto příkladu znamená dočasný stav
mezi 1400Z a 1600Z.

FM 1617 Znamená „od“ a označuje rychlou změnu počasí, kde jsou všechny informace v předchozím řádku nahrazeny. V tomto příkladu od 1600Z.

PROB40 0006 2SM TSRA 0VCOO8CB Znamená 40% pravděpodobnost, že bude od 0000Z do 0006Z viditelnost na dvě míle za mírné bouřky. Mraky jsou typu Cumulonimbus.

14005KT Rychlost a směr větru v uzlech. První tři číslice značí úhel (s přesností 10stupňů) odkud vítr fouká. Další dvě číslice znamenají rychlost. Pokud následuje písmeno **G**, znamená to silný poryv větru (z anglického "gust"). Následující číslice značí maximální rychlost poryvu.

8000 V námořnictví a ve vojenství znamená viditelnost v metrech. V tomto případě znamená viditelnost 8000 metrů. Nejvyšší hodnota je 9999, což znamená že viditelnost je větší než 9999 metrů. V zámoří se též používá místo číslic údaj **CAVOK** (Ceiling and visibility OK). To znamená žádné významné počasí a viditelnost větší než 1km. V civilních zprávách se někdy používá značka **P6SM**, která znamená, že viditelnost je větší než 6SM.

BR Znamená mlhu. Na tomto místě se také může objevovat:

- **-SHRA** (light rain showers) - lehký déšť typu sprcha
- **TSRA** (thunderstorm with moderate rain) - bouřka s mírným deštěm
- **NSW** (no significant weather) - tato značka se objevuje když údaj v předchozí zprávě už dále neplatí a když se nepředpokládá žádná změna počasí v této periodě.

FEW030 Znamená výšku mraků ve stovkách stop. V tomto případě to znamená že mraky jsou ve výšce 3000 stop. Mají hustotu 2/8. Více informací o zkratkách je uvedeno v tabulce 1.4

Tab. 1.4: Pokrytí oblohy mraky (v osminách)

SKC	Sky clear
FEW	Few 0-2 osminy
SCT	Scattered 3-4 osminy
BKN	Broken 5-7 osmin
OVC	Overcast 8 osmin

WS010/18040KT znamená tzv. stříh větru. Jde o zvláštní druh lámaných větrů nízko při zemi (asi do 2000 stop). Údaj se uvádí kvůli bezpečnosti při přistávání. **WS010** (wind shear) znamená výše popsany vítr ve výšce 1000 stop. **18040KT** znamená směr větru 180 stupňů o rychlosti 40 uzlů. Může se na tomto místě také objevit značka **WSCONDS**, která se uvádí pokud je přítomen tento typ větrů, ale nelze zjistit výšku, směr ani rychlost.

620304 znamená námrazy. Značka námrazy je vždy uvozena číslovkou **6**. Zbytek značky se kóduje podle následujících:

1. Najdeme číslici 6, která uvozuje značku námrazy.
2. Další číslice udává typ námrazy (**2**). Více informací nabízí tabulka 1.5
3. Další tři číslice znamenají výšku (**030**) ve stovkách stop.
4. Poslední číslice znamená hloubku vrstvy námrazy (**4**) v tisících stop. Tuto hodnotu je potřeba připočíst k hodnotě výšky námrazy k stanovení horní meze námrazy.

Ve výše uvedeném příkladu můžeme informaci přečíst jako lehká jinovatka v rozmezí od 3000 do 7000 stop.

Tab. 1.5: Tabulka intenzity námrazy.

Kód	Vysvětlení
0	malá nebo žádná námraza
1	slabá smíšená námraza
2	slabá námraza(jinovatka)
3	slabá námraza se srážkami
4	mírná smíšená námraza
5	mírná námraza(jinovatka)
6	mírná námraza se srážkami
7	těžká smíšená námraza
8	těžká námraza(jinovatka)
9	těžká námraza se srážkami

520004 znamená turbulence. Značka turbulence je vždy uvozena číslovkou **5**. Zbytek značky se kóduje podle následujících instrukcí:

1. Najdeme číslici 5, která uvozuje značku turbulence.
2. Další číslice udává typ námrazy (**2**). Více informací nabízí tabulka 1.6.
3. Další tři číslice znamenají výšku (**000**) ve stovkách stop.
4. Poslední číslice znamená hloubku vrstvy námrazy (**4**) v tisících stop. Tuto hodnotu je potřeba připočíst k hodnotě výšky turbulence k stanovení horní meze.

Ve výše uvedeném příkladu můžeme informaci přečíst jako lehká příležitostná turbulence v rozmezí od povrchu země do 4000 stop.

QNH2960INS jde o údaj minimální nastavení výškoměru. Udává se pouze u zpráv ve vojenství. Údaj v příkladu znamená minimální nastavení výškoměru je 29,60 palců na rtuťový sloupec.

Tab. 1.6: Tabulka intenzity turbulencí.

Kód	Vysvětlení
0	žádná
1	lehká turbulence
2	mírná příležitostná turbulence ve vzduchu bez mraků
3	mírná častá turbulence ve vzduchu bez mraků
4	mírná příležitostná turbulence v mracích
5	mírná častá turbulence v mracích
6	těžká příležitostná turbulence ve vzduchu bez mraků
7	těžká častá turbulence ve vzduchu bez mraků
8	těžká příležitostná turbulence v mracích
9	těžká častá turbulence v mracích
X	extrémní turbulence

08/18Z TM01/11Z Značí předpověď teploty. Předpověď teploty můžeme běžně nalézt pouze ve vojenských TAF zprávách. Tento údaj se nachází na konci TAF zprávy. **08/18Z** znamená maximální teplotu 8°C v 1800 Zulu. **TM01/11Z** indikuje minimální teplotu -1°C při 1100 Zulu.

2 WXXM

WXXM (Weather information eXchange Model) je standard určený k záznamu a výměně informací týkajících se meteorologických předpovědí v letectví. Byl vytvořený na základě vzájemné spolupráce organizace EUROCONTROL¹ (European Organisation for the Safety of Air Navigation) a FAA (Federal Aviation Administration). První verze modelu byla představená v květnu roku 2007. Vytvoření modelu bylo podmíněno potřebou propojení dat a standardů vytvořených různými organizacemi jako jsou ISO (International Organization for Standardization) a OGC (Open Geospatial Consortium). Komponenty daných organizací posloužili jako základ při vytváření WXXM modelu. Využívá upravený model GML (Geography Markup Language) [7], který je vytvořen společností OGC.

Model je často označován jako WXXM model [6], avšak ten je jen částí trojvrstvého modelu, ikdyž často označován jako jeho jádro. Jeho složkami jsou:

- **abstraktní model** WXCM (Weather information Conceptual Model)
- **logický model** WXXM
- **fyzický model** WXXS (Weather eXchange Schema)

Modely WXCM a WXXM byli vytvořeny v souladu s pravidly CSML² (Climate Science Modeling Language).

WXXM popisuje výměnný model propojený s informačním modelem v abstraktní formě. Model je plně popsán pomocí UML diagramů a nezávislý na provedení. Pomocí modelu je možný standardizovaný popis mezi pojmy, které umožňují popsat stav počasí. Taktéž může být použitý pro výměnu informací o počasí mezi různými organizacemi. Je odlišný od modelu WXCM v podrobnosti. WXCM je model vyšší úrovně abstrakce.

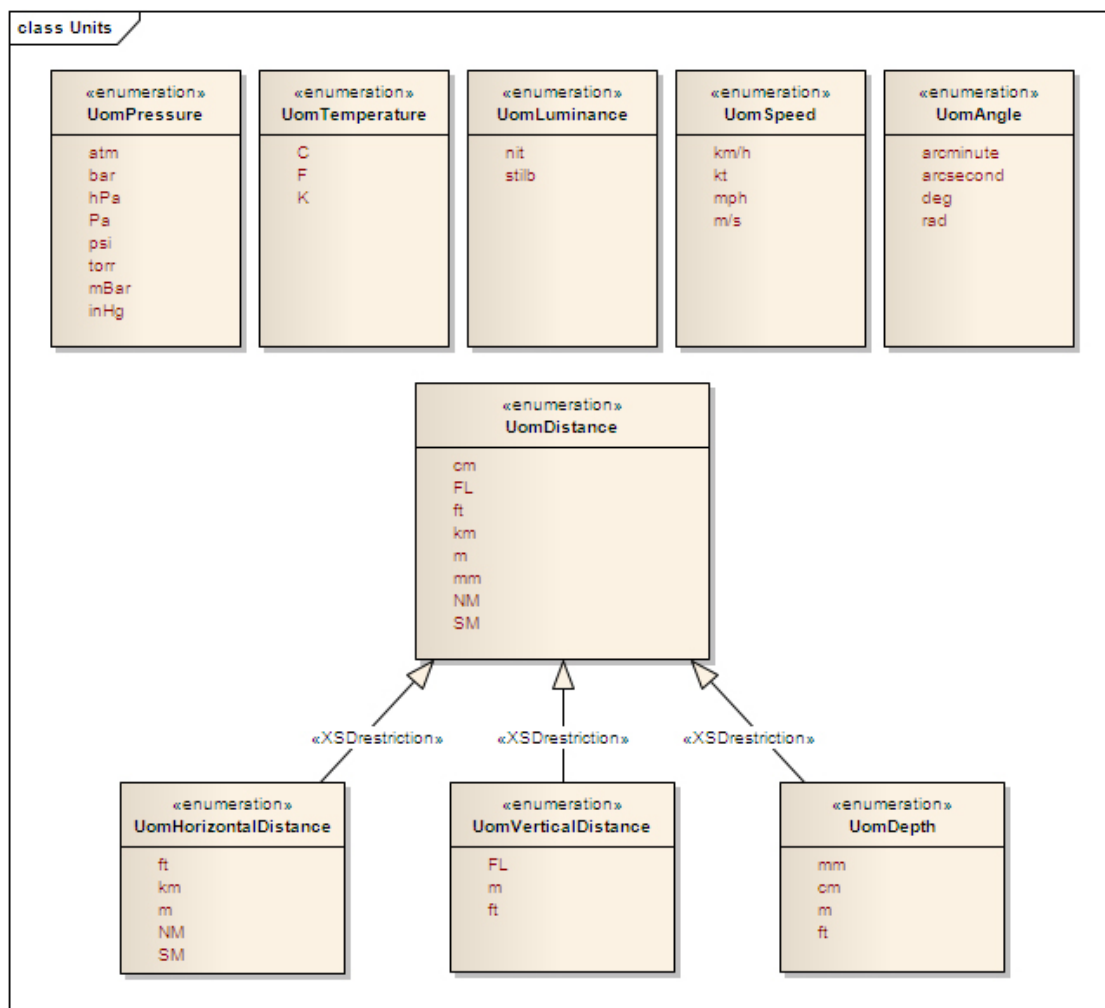
2.1 Základní vrstva WXXM

Pomocí ISO balíku jsou tvořeny základní stavební bloky, které jsou využívány ve vyšších vrstvách modelu. V modelu jsou využívány ISO balíky řady 191xx. Popisují základní typy, údaje, popis prostoru, jednotky a podobně. Například z balíku **základní typy** je odvozený balík **Jednotky pro Měření**. V balíku jsou definované

¹Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu je evropská mezinárodní organizace, jejímž cílem je rozvoj systémů a postupů pro plynulé řízení letového provozu, pro umožnění dalšího rozvoje letecké dopravy při udržení vysoké úrovně bezpečnosti a snižování nákladů. Koordinuje činnosti jednotlivých národních organizací řízení letového provozu, pomáhá s plánováním mezinárodních letů, vyvíjí nové postupy a technologie a organizuje výcvik pracovníků řídicí věže.

²Climate Science Modelling Language je datový model pro kódování klimatických, atmosférických a oceánografických údajů. Kódování probíhá na základě předloh(tříd), jako jsou Ukazatel, Profil, Trajektorie, Mřížka. Podle kterých jsme schopni tyto údaje popsat.

všechny jednotky veličin, ve kterých může být měření v rámci modelu zapsané. Jejich název začíná se zkratkou UoM (unit of measures). Jeho složení je možné vidět na 2.1.

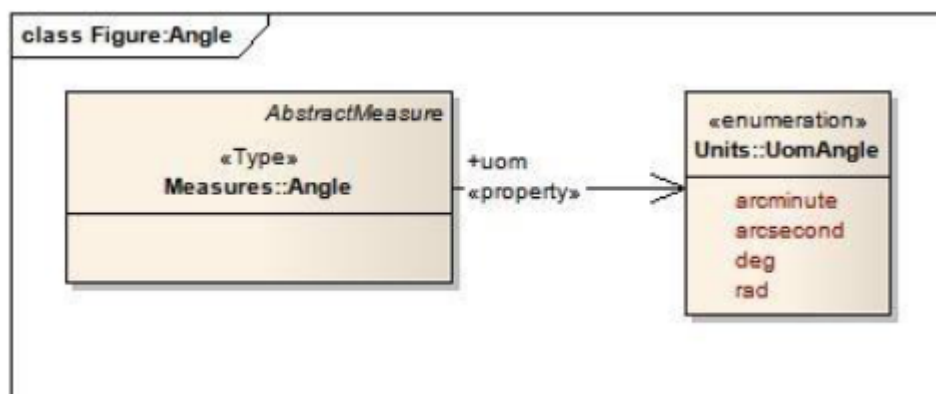


Obr. 2.1: Balík jednotek veličin.

Balík měření popisuje základní skalární datové typy používané v modelu. Nejsou přiřazené k žádnému specifickému modelu, proto mohou být použity vícekrát. Jsou to tyto:

- Angle
- Distance
- Luminence
- Percentage
- Pressure
- Speed
- Temperature

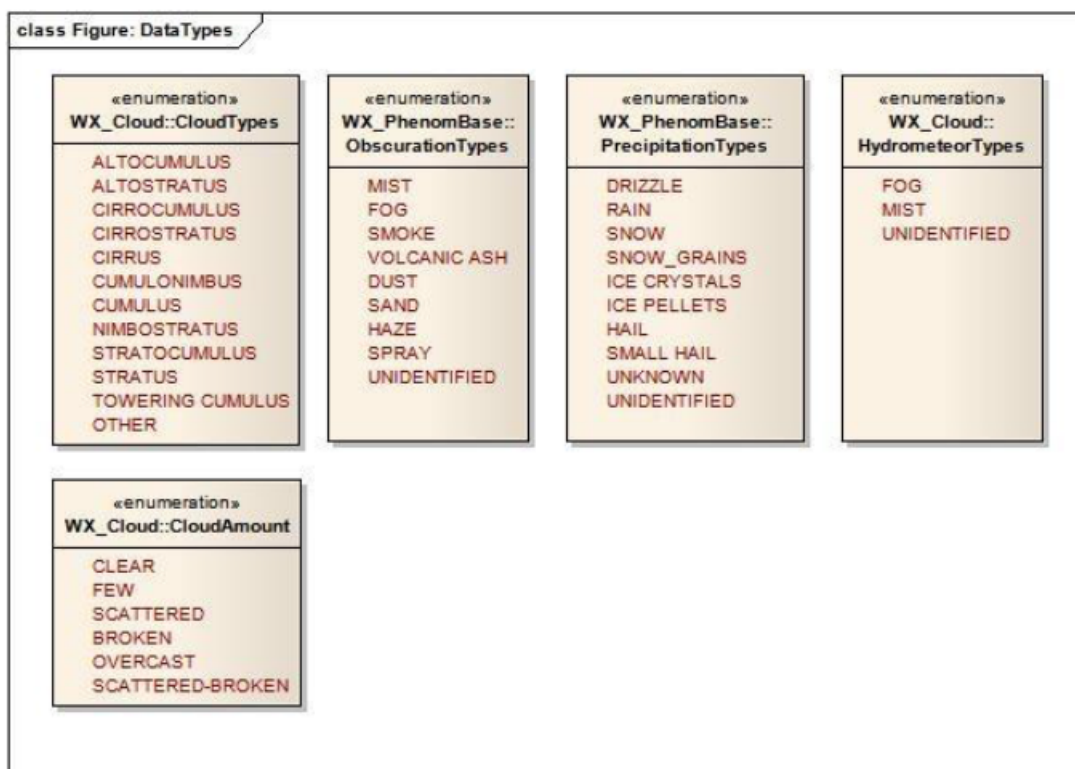
Například na 2.2 je zobrazený tlak, který je objektem Měření a k němu příslušné jednotky, které jsou obsaženy v balíku Jednotky.



Obr. 2.2: Veličina pro měření:tlak

2.2 WXXM vrstva domény počasí

Specifické datové typy pro popis počasí. Jsou zde zastoupeny datové typy popisující počasí nebo jevy, které doprovázejí dané počasí. Bývají popsány pomocí textu, jak můžeme vidět na 2.3. Kde je znázorněn popis stavu oblaků, seskupení a v jakém množství se vyskytují.

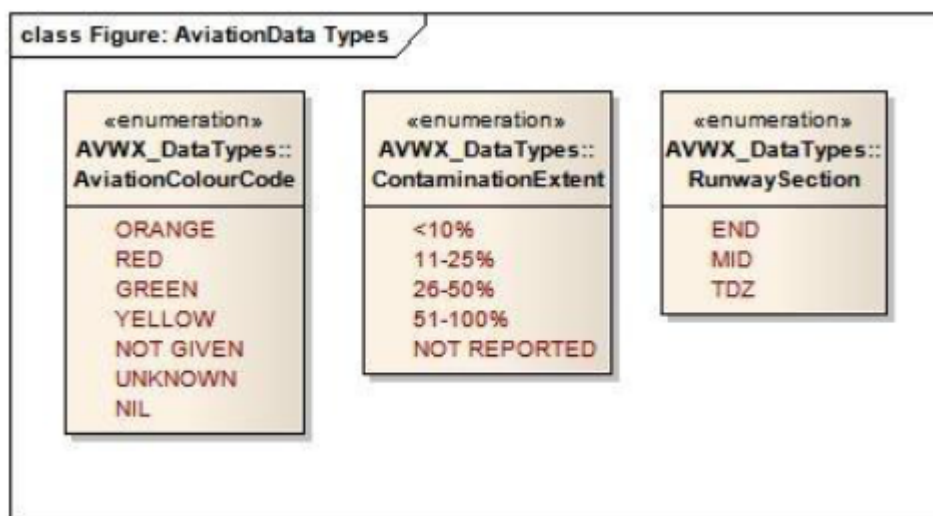


Obr. 2.3: Množina podporovaných termínů pro popis počasí.

2.3 WXXM vrstva domény letecké terminologie

Specifické datové typy pro letectví. Jako na 2.4, patří sem například:

- Barva charakterizující stav počasí.
- Procentuální zastoupení.
- Část přistávací dráhy.
 - **TDZ** (Touchdown zone) místo přistání.
 - **MID** (Middle of runaway) střed přistávací dráhy.
 - **END** (End of runaway) konec přistávací dráhy.



Obr. 2.4: Množina podporovaných termínů pro letectví.

3 AIXM

AIM (Aeronautical Information Management) představuje informační výměnu, která je stále složitější a skládá z propojených systémů. Na výměně informací se také podílí velké množství odesílatelů a příjemců [10].

AIM musí zajistit:

- Kvalitu leteckých informací vyžaduje moderní leteckou navigaci a systémy řízení letového provozu.
- Účinnost a nákladovou efektivnost systému.
- Informace v reálném čase.

Lze toho dosáhnout tak, že budeme používat pouze jeden zdroj dat. Tento zdroj poskytuje informace pro všechny produkty. To znamená, že produkty se stávají přesnější, protože změny se automaticky projeví ve všech produktech.

Letecké informace uložené ve zdroji dat musí být přizpůsobeny v souladu s požadavky v oblasti letectví. Statická i dočasná data musí být posílána spolehlivě a bez problémů. Posílaná data musí být schopna přenosu mezi různými systémy.

Aeronautical Information Exchange Model (AIXM) koncepce podporuje prostředí, kde jsou zdroje dat centralizována. Tento formát podporuje sběr a přenos leteckých informací skrz datový řetězec.

Model AIXM se skládá ze dvou hlavních komponent:

- AIXM konceptuální model
- AIXM XML schéma

3.1 AIXM konceptuální model

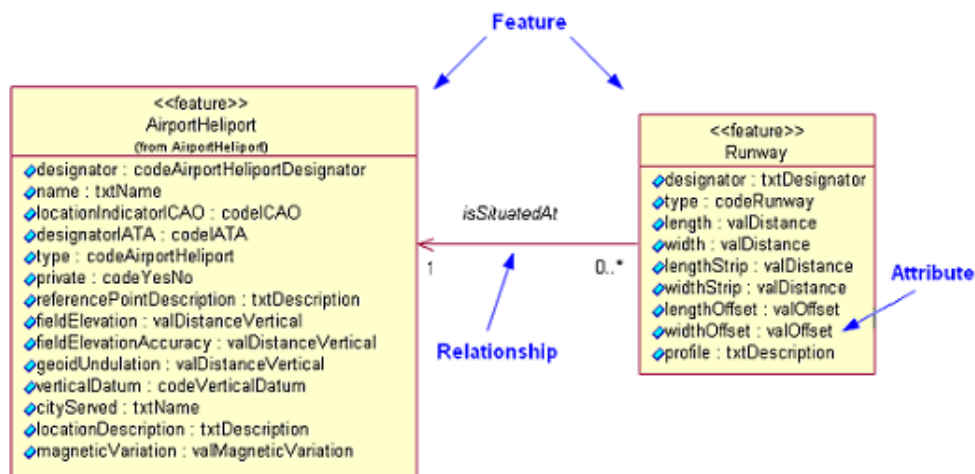
AIXM Konceptuální model je model pro oblasti letectví. Popisuje funkce a jejich vlastnosti (atributy a asociace) v rámci domény. Proto může být použit jako základ pro AIM databáze. Model je vytvořen pomocí UML (Unified Modelling Language).

3.1.1 Oblasti využití modelu

AIXM Konceptuální model pokrývá celou řadu oblastí, například:

- Letištní/Heliport údaje
- Vzdušné hranice

Každá oblast obsahuje definice funkcí, vlastností a asociací. Níže obrázek diagramu, který ukazuje tyto položky 3.1.



Obr. 3.1: UML diagram znázorňující jednotlivé položky AIXM modelu.

3.1.2 Vlastnosti(features)

Vlastnosti popisující významné letecké subjekty. Jsou modelovány jako třídy UML. Patří mezi ně například:

- přistávací dráhy
- letiště
- trasy
- postupy

3.1.3 Atributy

Atributy se používají pro konkretizaci funkce. Například:

- přistávací dráha má délku a šířku
- letiště má jméno a ICAO indikátor místa

3.1.4 Vztahy

Vztahy popisují, jak spolu jednotlivé prvky souvisejí. Například:

- přistávací dráha se nachází na letišti
- přistávací dráha má své osvětlení

3.1.5 Obchodní pravidla

Model obsahuje pravidla a druhy kontroly přístupu k datům. Do jaké míry se tato pravidla uplatňují záleží na každé implementaci. Například:

- Každá dráha by měla být blízko referenčního bodu letiště (ověření věrohodnosti dat)
- Každý nový 5-písmenný identifikátor waypoint musí být unikátní v celosvětovém měřítku (povinné pravidlo)

3.2 AIXM XML schéma

AIXM XML schéma je modelem pro výměnu leteckých dat. Je to realizace konceptuálního modelu jako XML (Extensible Markup Language) [2] schématu. Proto může být použita k odesílání leteckých informací ostatním ve formě XML dat, za použití systému pro výměnu leteckých informací. Na obrázku 3.1 je ukázka AIXM XML schématu.

3.2.1 Využití schématu AIXM XML

Toto schéma lze použít:

- Pro automatizovanou výrobu AIP (Aeronautical Information Publications).
- Automatizované tvorba a publikace mapových podkladů.
- Integrované NOTAM zprávy.
- AMDB (Aerodrome Mapping Databases) ¹ a související aplikace.
- Požadavky na údaje Electronic Flight Bag ².
- Situační displeje v kokpitu a požadavky na systém FMS (Flight Management System).

AIXM XML schéma je velký a komplexní systém. Je však třeba mít na paměti, že se bude používat v automatizovaných procesech, aby se zajistilo, že různé systémy mohou komunikovat mezi sebou korektně. Zprávy ve formátu XML nikdy nemohou být použity přímo piloty nebo zaměstnanci AIS. Místo toho se koncový uživatel dostane k aplikacím na bázi HMI (Human Machine Interface), které znají principy prezentování dat ve formátu XML.

¹Letecká mapová databáze je zeměpisný informační systém databází (GIS), který popisuje jednotlivá letiště.

²Electronic Flight Bag (EFB) je elektronické informační zařízení, které pomáhá letovým posádkám plnit úkoly letecké správy snadněji a efektivněji.

4 NOTAM VS D-NOTAM

Zprávy NOTAM a D-NOTAM jsou syntakticky totožné zprávy. Rozdíl je v jejich přenosu.

4.1 NOTAM

NOTAM je zkratka z anglického výrazu "Notice To Airmen", což je v překladu poznámka pro letce). NOTAM zprávy jsou určeny pilotům, dispečerům a dalšímu provoznímu personálu, který se podílí na zajištění letového provozu. NOTAMy jsou vytvářeny a distribuovány státními leteckými úřady. V České republice to je Řízení letového provozu. NOTAM se vydává jako varování před nebezpečím nebo k informování pilotů o změnách v letecké dopravě. Jejich trvání může být omezené na několik hodin až dní, jiné mají platnost od vydání do další případné změny.

Důvody vydávání NOTAM zpráv:

- Varování před nebezpečím (letecké dny, seskoky parašutistů, modelářské aktivity).
- Významné lety tzv. TFR - Temporary Flight Restrictions (dočasné omezení letu).
- Zvýšený výskyt migrujícího ptactva (tzv. BIRDTAM).
- Problémy na letišti způsobené sněhem (SNOWTAM).
- Problémech na letišti způsobené vulkanickou činností (ASHTAM).
- Porucha navigačního systému.
- Vojenská cvičení.
- Stavební překážky v okolí letiště (jeřáby).
- Vysoké stavby v okolí letiště (větrné elektrárny).
- Uzavření letiště.

4.2 D-NOTAM

AIXM 5 je aeronautický model pro výměnu informací, který zajišťuje zakódování NOTAM zpráv do digitální podoby D-NOTAMu. Digitální NOTAM zprávy mohou kromě statické informace obsahovat i dynamické údaje. V podstatě digitální NOTAM zpráva eliminuje problém „obyčejného“ NOTAM, kde jsou informace ve formě textu. A nahrazují tento text řadou strukturovaných dat ve formě XML. V současné době existují dva projekty, které popisují digitální NOTAM koncepci. D-NOTAM [11] je určen ke zpracování automatizovaným systémem, který je převede do textu či grafického formátu pro reprezentaci. Digitální NOTAM lze použít v úplně stejných

případech jako „obyčejný“ NOTAM, výhodou je digitální přenos a možnost digitální reprezentace. Jako můžeme vidět na obrázku 4.1.



Obr. 4.1: Ukázka grafického znázornění digitální NOTAM zprávy.

5 VLIVY NA LETECKÝ PROVOZ

V následující kapitole jsou uvedeny a popsány různé druhy vlivů na obecný letecký provoz. Popis vlivů je zaměřen na proces přistávání, vzhledem k zadání.

5.1 Vlivy počasí

Počasí mělo od počátku létání zásadní vliv na pravidelnost, bezpečnost a spolehlivost letecké dopravy. Při nepříznivém počasí mohou být lety zrušeny nebo je počasí identifikováno jako hlavní příčina vedoucích k nehodě. Orientace při letu v mracích nebo v mlze je velmi omezená a piloti mají také problém s prostorovou orientací, kdy při snížené viditelnosti (např. mlha, mraky, sněžení) není vidět přirozený horizont a letadlo se může dostat do nebezpečné polohy letu, aniž by si to pilot uvědomil. V roce 1929 byly proto vyvinuty v USA postupy pro létání za použití přístrojů IFR (Instrument Flight Rules), kdy stěžejní roli má takzvaný umělý horizont, který pilotovi nahrazuje horizont přirozený. Jsou stanoveny limity, které nesmí nepříznivé počasí překročit, a letadla i pozemní stanice jsou vybaveny přístroji k jejich včasné identifikaci. Piloti mají také jasné postupy jak se v jednotlivých situacích chovat.

5.1.1 Vítr

Za letu letadlu nijak nevadí. Buď jej mírně zpomaluje (protivítr – headwind), zrychluje (vítr zezadu – tailwind) nebo jej vychyluje z dráhy (boční vítr – crosswind). Při zpomalování nebo zrychlování se jen prodlouží nebo zkrátí cestovní doba. Při bočním větru musí pilot tzv. vylučovat snos – to znamená, že letadlo letí více či méně (v závislosti na síle a směru bočního větru) směrem šikmo do větru, aby vylučovalo boční posun od svého plánovaného směru. I v tomto případě se doba letu prodlužuje.

Vítr znamená ještě větší problém při přistání nebo vzletu než při samotném letu. Tady má boční vítr vliv na bezpečnost, protože může letadlo vychýlit z osy vzletové dráhy. Totéž se může stát při přistání, které je vzhledem k tomu, že motory nepracují na plný výkon, na boční vítr ještě citlivější. Každý typ letadla má stanovenou maximální hodnotu tzv. kolmé složky bočního větru, za níž je už start nebo přistání méně bezpečné.

Zásadní důležitost má v tomto případě směr vzletové dráhy na letišti odletu a směr přistávací dráhy na cílovém letišti. Dispečer zodpovědný za provoz na letišti musí podle směru větru zvolit takovou dráhu, u níž je kolmá složka momentálního větru nejmenší. Současně musí dráhu zvolit tak, aby letadla přistávala co nejvíce proti větru (kratší brzdná dráha, lepší ovladatelnost při přistávacím manévru).

Pokud by kapitán letadla zjistil, že je boční vítr silnější než dovolují provozní předpisy jeho letadla pro přistání na dané kvalitě dráhy (sucho, mokro, námraza, sněh) a ani případná další dráha na letišti neposkytuje lepší možnost, pak zvolí přistání na jiném letišti, kde jsou v té době meteorologické podmínky lepší [17].

Například Boeing 737 má maximální povolenou rychlost kolmého bočního větru na suché dráze 35 uzlů (tj. asi 63 km/h). V případech, kdy je dráha mokrá, se povolená rychlost bočního větru snižuje na 30 uzlů (tj. asi 54 km/h). B 737 také nesmí přistávat v takovém směru, kdy by složka větru zezadu byla silnější než 10 uzlů, tj. asi 18 km/h. Podobné limity jsou stanoveny pro každý typ letadla a piloti je musí respektovat.

5.1.2 Mlha

Mlha má zásadní vliv na viditelnost posádky letadla. V dnešní době navigačních systémů a řízení letového provozu za pomoci radarů není otázka viditelnosti země za letu kritická. Viditelnost však zůstává velmi důležitým faktorem při pohybu letadel po letišti pro přistání a vzlet.

Pokud mlha přesáhne limity povolené pro kategorii a vybavení letiště je potřeba provoz přerušit. Mlha nebo nízká oblačnost se definuje prostřednictvím dvou základních ukazatelů – dráhová dohlednost RVR (Runway Visual Range), která se udává v různých zemích buď ve stopách, nebo v metrech a určuje dohlednost v prostoru vzletové a přistávací dráhy. Dále výška rozhodnutí DH (Decision Height), což je výška, ve které musí být pilot již schopen vidět zemi pod sebou, aby bylo možné přistání dokončit. Pokud je letadlo ve stanovené DH a zem pod sebou dosud nevidí, je pilot povinen přistání přerušit. Minima DH a RVR¹ jsou stanovena s ohledem na stupeň vybavení dráhového systému letiště, letištní postupy a kategorii přiblížení.

Menší dopravní letiště pracují obvykle v kategorii přiblížení II, většina hlavních evropských letišť provozuje dnes však již v kategorii III a podle místních podmínek pak v podkategoriích a/b/c. Provoz za podmínek kategorií II a III zvyšuje míru odpovědnosti dispečerů letového provozu, kteří musí letadlům na přiblížení k letišti dávat větší rozestupy, na dráze a po letišti pak nechat letadlo vést. Provoz za podmínek třetí kategorie snižuje kapacitu letiště, protože je třeba dodržovat větší časové a prostorové rozestupy a každý manévr trvá delší dobu.

Jednotlivá letiště jsou pro provoz v určité kategorii certifikována v závislosti na svém vybavení a stanovených postupech. Vybaveno a certifikováno pro kategorii III

¹Minima v tabulce platí pro přesná přistání řízená systémem ILS (Instrument Landing System), který určuje jak směr, tak úhel sestupu letadla. Minima jsou definována ve stopách. Metrické údaje jsou přepočteny ze stop a jsou přibližné.

Tab. 5.1: Minima parametrů pro jednotlivé kategorie přiblížení na letišti.

Kategorie přiblížení na letišti	Výška rozhodnutí(DH)	Dráhová dohlednost (RVR)
I.	nad 60m	550m
II.	30 - 60m	350m
IIIa.	15 - 30m	200m
b	do 15m	50 - 200m
c	0m	0m

musí být ale i letadlo a jeho posádka. Když některá z certifikací není platná, nemůže letadlo za podmínek této kategorie přistát.

5.1.3 Turbulence

Turbulence je neorganizovaný a rychlý pohyb vzduchu různými směry. Takový pohyb může být způsoben například větrem vanoucím do hor. Hory směr větru mění, ten kvůli překážce může jen stoupat a při průletu letadla na něj v různě velkých a měnících se silách působí. Dalším příkladem může být turbulence způsobená termickými proudy, které jsou výsledkem zahřívání zemského povrchu vlivem slunečních paprsků – tyto turbulence se vyskytují do 1 000–3 000 metrů nad zemí [14].

Rychlost běžných termických stoupavých či klesavých proudů se pohybuje kolem 10–15 km/h. Při turbulenci v oblasti s výskytem bouřek je rychlost stoupavých i klesavých proudů až kolem 100 km/h a dosahují výšek i přes 10 km nad mořem. Pokud by takovou oblastí letadlo prolétalo, bude jej v jednu chvíli zvedat stoupavý proud rychlostí až 100 km/h a hned vzápětí jej bude stejně silný klesavý proud tlačit dolů. Rozdíl v rychlostech proudění vzduchu až 200 km/h v krátkých časových intervalech může s letadlem zásadně zahýbat. Letadla jsou vybavena radary, které bouřky zobrazí, a pilot má možnost se bouřce včas vyhnout. Dálková dopravní letadla létají výše, než je většina turbulencí. Nebezpečí průletu turbulencí tak hrozí jen při stoupání po startu a naopak při přistávacím manévru.

Noční dálkové lety se s většími turbulencemi ve své letové hladině setkají výjimečně, protože letí hodně vysoko a v noci, kdy termické proudy nevznikají. Nebezpečím jsou stále tropické bouřky, které se objevují kdykoliv. Termické proudy v našich polohách vznikají nejčastěji v období od března do září v době mezi cca desátou hodinou ránní a šestou hodinou odpolední. Termické proudy u nás prakticky neexistují v zimě, kdy je také podstatně méně bouřek.

Podobné průvodní jevy jako turbulence mohou pak mít průlety oblastmi tzv. stříhu větru, což jsou vlastně rozhraní mezi větry různých směrů. Když letadlo tímto rozhraním proletí, ve velmi krátké době se změní směr působení okolního větru. Také tady může být rozdíl v rychlostech až 200 km/h. Stejná situace může nastat také v bezoblačných oblastech, kde se může objevit takzvaná turbulence v čistém vzduchu CAT (Clear Air Turbulence). Ta vzniká například v blízkosti tzv. jet streamů – rychle se pohybujících proudů vzduchu často jako výsledek výměny chladného vzduchu nad polárními a subtropickými oblastmi právě ve výškách kolem 10 km nad mořem využívaných dopravními letadly.

5.1.4 Bouřky

Představují kombinaci všech meteorologických nebezpečí pro letadla (namrzání, turbulence, blesky, snížená viditelnost). Údajně každý den zasáhne na celém světě blesk asi 100 letadel, aniž by tím byla ohrožena jeho bezpečnost [14].

5.1.5 Sníh

Sníh snižuje viditelnost, takže husté sněžení má podobné dopady jako mlha. Sníh zhoršuje povrch přistávací dráhy, prodlužuje brzdnou vzdálenost a zvyšuje citlivost na boční vítr. Sníh může při teplotách kolem 0 stupňů také namrzat na křídlech letadla a zvyšovat jeho odpor.

Husté sněžení může zastavit provoz letiště úplně, nebo alespoň sníží jeho kapacitu a zapříčiní zpoždění letů. Při sněžení je nutné čas od času zavřít přistávací dráhu a sníh uklidit. Také letadla, která jedou na start, musí projít odmrazováním, aby se odstranila možnost přimrzání sněhu na jejich povrch. Odlet v případě odmrazování letadla musí proběhnout v krátké době (obvykle do 15 minut) od odmrazování.

5.1.6 Mráz

Suchý mráz nemá vliv na dohlednost a ani netvoří námrazu. Problém nastává, když je teplota kolem nuly nebo mírně pod nulou a je vlhko nebo letadlo prolétává oblastí s vysokou vlhkostí (těžké mraky). Před startem se v takovýchto situacích používá odmrazovací kapalina, kterou je celé letadlo postříkáno.

Během letu se využívají různá zařízení na křídlech, jejichž cílem je námrazu odstranit (pryžové náběžné hrany křídel, elektrické vyhřívání náběžných částí křídel, ofukování horkým vzduchem od motoru nebo chemické odstraňování námrazy). Letadlům prostředí suchého mrazu nevádí, protože obvyklá teplota okolí letadla v cestovní hladině kolem 10 000 metrů je kolem minus 50 stupňů Celsia. Naopak, spíše jsou horší vysoké teploty, které snižují výkon motorů.

5.1.7 Sopečný prach a srážka s ptáky

Při průletu sopečným prachem může dojít k zastavení motorů i ve výšce 11 000 metrů. V případě výbuchu sopky kdekoliv na světě je sledován vývoj mraku se sopečným prachem a taková oblast je pro leteckou dopravu na potřebnou dobu uzavřena. Zásadní byl výbuch sopky na Islandu v dubnu 2010. Mrak sopečného prachu se přesunul z Islandu nad většinu Evropy a paralyzoval téměř veškerou leteckou dopravu.

Kvůli nebezpečí srážky s ptáky bývá na větších letištích často odborník, který chová dravce. Dravec plaší ptactvo v prostoru letiště, které by se mohlo dostat během přistání do motoru letadla. V případech, kdy ke srážce dojde, se může letadlu v místě nárazu protrhnout potah nebo rozbít čelní sklo. Při nasátí větších ptáků nebo jejich hejna do motorů hrozí jejich poškození.

5.2 Vlivy letounu

Vlivů letadla jako stroje na letecký provoz je mnoho, zde jsou uvedeny pouze ty nejdůležitější.

5.2.1 Minimální kontrolovaná rychlost

V_{MCL} (Minimum control speed during landing) je minimální kontrolovaná rychlost při přiblížení a přistání se všemi motory provozu [16]. Tato rychlost je kalibrována tak, aby při vyřazení z provozu jednoho motoru, bylo možné udržet si kontrolu letounu s tímto nefunkčním motorem a udržovat přímý let s úhlem naklonění, který není větší než 5° , znázorněno na obrázku 5.1.

V_{MCL} musí být stanovena na základě těchto podmínek:

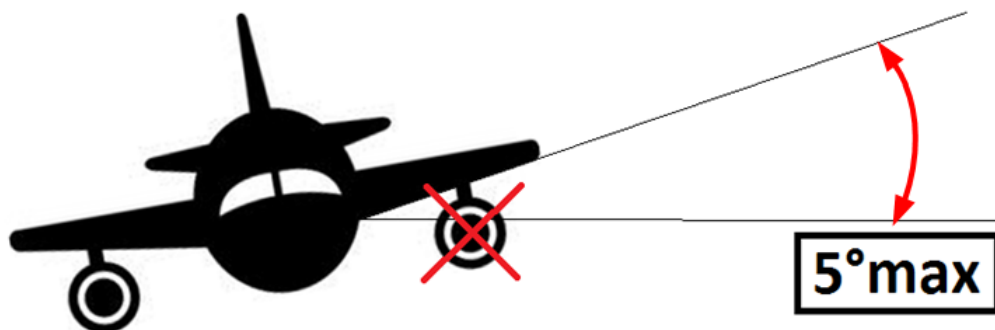
- Letoun v nejkritičtější konfiguraci pro přiblížení a přistání se všemi motory v provozu.
- Nejnepríznivější těžiště letadla.
- Nejnepríznivější hmotnost letadla.
- Tah motorů nastaven při funkčnosti všech motorů.
- Letoun je vyvážený pro přiblížení se všemi pracujícími motory.

Pro letouny se třemi nebo více motory platí V_{MCL-2} , což je minimální kontrolovaná rychlost při přiblížení a přistání s jedním nepracujícím kritickým motorem. Tato rychlost je kalibrována tak, že když dojde k vyřazení i druhého motoru najednou, je možné udržet si kontrolu nad letounem. A udržovat přímý let s úhlem náklonu ne více než 5° .

V_{MCL-2} musí být stanovena za stejných podmínek jako V_{MCL} , kromě toho, že:

- Letoun vyvážený pro přiblížení s jedním nepracujícím kritickým motorem.
- Tah nezbytný na provozní motory pro zachování přibližovacího úhlu 3° , když jeden kritický motor je mimo provoz.
- Tah na provozní motory se rychle změní, ihned poté, co druhým kritickým motor je vyřazen z provozu, z předchozího tahu na tah minimální a hned poté na úroveň tahu pro běžné přiblížování.

Dále při určování V_{MCL} a V_{MCL-2} je potřeba vzít v potaz boční ovládání letounu, které musí být dostatečné, aby letoun za těchto podmínek byl schopen z ustáleného přímém letu udělat obrat. Tak, aby náklon nepřesáhl 20° po maximální dobu 5 sekund.



Obr. 5.1: Ukázky náklonu ve stupních.

5.2.2 Maximální konstrukční vzletová a přistávací hmotnost

Vzletová hmotnost TOW (TakeOff Weight) nesmí překročit maximální konstrukční vzletovou rychlost MTOW (Maximum TakeOff Weight), která se stanoví v souladu s kritérii odporu konstrukce v letu, odolnost podvozků a struktura kritérií při nárazu při přistání s vertikální rychlostí, která je rovna $-1,83$ m/s.

Přistávací hmotnost LW (Landing Weight) je omezena z důvodů předpokladu, že vertikální rychlost je $-3,05$ m/s. Limit je maximální konstrukční přistávací hmotnost MLW (Maximum Structure Landing Weight). Hmotnost přistání musí být v souladu se vztahem:

$$\begin{aligned} actualLW &= TOW - TripFuel \leq MLW, \\ actualTOW &\leq MLW + TripFuel \end{aligned} \quad (5.1)$$

Aktuální přistávací hmotnost LW se rovná vzletová hmotnost TOW minus hmotnost paliva na cestu. Aktuální přistávací hmotnost LW je menší nebo rovna maximální konstrukční přistávací hmotnost MLW.

Aktuální vzletová hmotnost TOW je menší nebo rovna maximální konstrukční přistávací hmotnosti MLW plus hmotnost paliva na cestu.

5.3 Vlivy přistávací dráhy

V této kapitole jsou popsány vlivy, které ovlivňují proces přistávání. Délka přistávací dráhy je zásadní vliv, v tabulce 5.2 jsou uvedeny délky přistání některých typů letadel.

5.3.1 Délka přistávací dráhy

Zde jsou uvedeny a vysvětleny důležité pojmy, které se používají při popisování jednotlivých přistávacích drah.

TORA (Take-off Run Available) – je délka runwaye uvažovaná jako vhodná a k dispozici pro požadavky uspokojivého vzletu.

TODA (Takeoff Distance Available) – je délka TORA plus délka **Clearwaye**, pokud je dostupná.

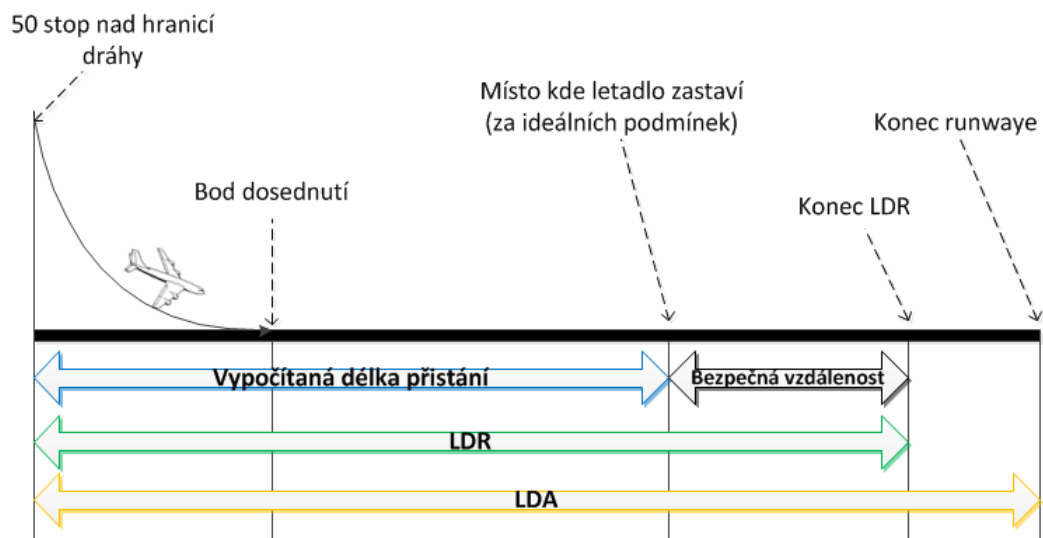
ASDA (Accelerate-Stop Distance Available) – je délka TORA plus délka **Stopwaye**, pokud je dostupná.

LDA (Landing Distance Available) – délka dráhy vhodná pro přistání. V běžném případě by neměla být délka přistání větší než LDA.

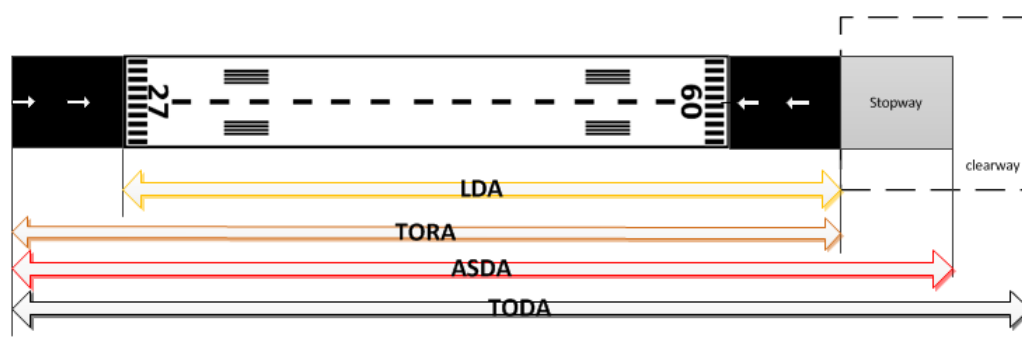
LDR (Landing Distance Required) – délka dráhy pro přistání vypočítaná posádkou letadla za nejhorších možných podmínek. Je vždy kratší než LDA.

Clearway – Maximální délka je 1000stop a musí ležet uvnitř letiště(za jeho hranicemi). Zkratka se používá CWY. Délka Clearwaye může být připočítána k délce potřebné pro vzlet. Například délka runwaye je 2000 metrů a na konci je Clearway a délce 400 metrů. Dohromady délka použitelná pro vzlet dělá 2400 metrů.

Stopway – Je oblast za přistávací dráhou určená k dobrždění při přerušeném vzletu.



Obr. 5.2: Ukázka pojmů na přistávací dráze.



Obr. 5.3: Ukázka pojmů na přistávací dráze.

Tab. 5.2: Minimální vzdálenosti pro přistání a vzlet.

Typ letadla	Přistání	Vzlet
AIRBUS A320-110	1540m	1707m
Boeing 747	3190m	3320m

5.3.2 Navigační systém ILS

ILS (Instrument Landing System) [13] je mezinárodně standardizovaný systém pro navigaci letadel při konečném přiblížení na přistání. ICAO (International Civil Aviation Organization) – Mezinárodní organizace civilního letectví) ho jako standardní systém přijala v roce 1947.

Protože technická specifikace tohoto systému je celosvětově rozšířená, letadlo vybavené palubním systémem ILS, bude spolehlivě spolupracovat s pozemním systémem ILS na každém letišti, kde je tento systém nainstalován.

Systém ILS (Systém přistání za pomoci přístrojů) je v současnosti základním systémem pro přístrojové přiblížení. Zabezpečuje horizontální i vertikální navádění, nutné pro přesné přiblížení na přistání v podmínkách IFR (Instrument Flight Rules), tedy v podmínkách omezené viditelnosti.

Systém ILS neposkytuje pilotovi okamžitou informaci o vzdálenosti k bodu dosahu. A proto se pro nespojitou indikaci vzdálenosti používají dvě nebo tři návestní rádiové majáky (marker beacons) přímo začleněné do systému. Systém polohových návestidel přesného přiblížení na přistání ILS však může být doplněný pro spojitě měření vzdálenosti systémem DME (Distance measuring equipment).

Kategorie provozních minim:

Kategorie I

- Minimální výška rozhodnutí je 200 stop. Vysvětlení pojmů se nachází u tabulky 5.1.
- Viditelnost dráhy musí být minimálně 1800 stop.
- Letadlo musí být kromě zařízení pro létání podle podmínek IFR (Instrument Flight Rules) vybavené systémem ILS a přijímači návestidel.

Kategorie II

- Minimální výška rozhodnutí je 100 stop.
- Viditelnost dráhy musí být minimálně 700 stop.
- Letadlo musí být vybaveno autopilotem s pasivním systémem sledování poruch.

Kategorie III-A

- Minimální výška rozhodnutí je 100 stop.
- Viditelnost dráhy musí být minimálně 700 stop.
- Letadlo musí být vybaveno autopilotem s pasivním systémem sledování poruch.

Kategorie III-B

- Minimální výška rozhodnutí je 50 stop.
- Viditelnost dráhy musí být minimálně 150 stop.

- Letadlo musí být vybaveno zařízením pro úpravu rychlosti z rolovací na pojízdnou.

Kategorie III-C

- Nulová viditelnost.

6 APLIKACE NA ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ O LETECKÉM PROVOZU

Na začátku byli implementovány funkce na zpracování aeronautických dat ve formátu AIXM. Poté byli implementovány funkce na zpracování meteorologických zpráv (METAR, TAF) formátu WXXM. Dále bylo implementováno GUI (General User Interface), což je rozhraní přes, které může uživatel aplikaci ovládat.

Aplikaci byla implementována programovacím jazykem C# s platformou .NET Framework.

Tento jazyk se zdá nejvhodnější pro implementování aplikace, kde by byli využité funkce pro zjišťování a zobrazování počasí, zároveň s funkcemi pro zobrazení letišť. A tyto informace byly využity k výběru vhodné přistávací dráhy.

6.1 Popis GUI aplikace

Číslo odstavců korespondují s čísly na obrázcích.

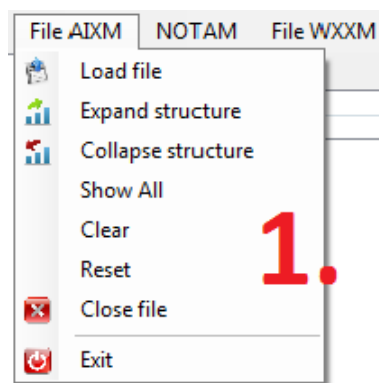
1. Roletové menu **File AIXM** popis je na obrázku 6.1. Jednotlivé položky:
 - **Load file** – Otevře okno `openFileDialog1` a vyzve k načtení souboru s AIXM daty daného letiště.
 - **Expand structure** – Rozbalí jednotlivé uzly v komponentách `treeView1` a `treeView2`.
 - **Collapse structure** – Sbalí jednotlivé uzly v komponentách `treeView1` a `treeView2`.
 - **Show All** – Zaškrtně `CheckBoxy` u všech uzlů v `treeView2`. Tudiž se zobrazí na mapě všechny načtené přistávací dráhy.
 - **Clear** – Odškrtně `CheckBoxy` u všech uzlů v `treeView2`.
 - **Reset** – Vymaže z mapy veškeré zobrazené prvky.
 - **Close file** – Zavře je-li načtený soubor s AIXM daty.
 - **Exit** – Ukončí celou aplikaci.
2. Roletové menu **NOTAM** vidno na obrázku 6.2. Jednotlivé položky:
 - **Load** – Otevře okno `openFileDialog2` a vyzve k načtení souboru s NOTAM daty pro dané letiště.
 - **Close** – Zavře je-li načtený soubor s NOTAM daty.
3. Roletové menu **File WXXM** jako na obrázku 6.3. Jednotlivé položky:
 - **Load meteo** – Otevře okno `openFileDialog3` a vyzve k načtení souboru s WXXM daty.
 - **Save meteo** – Je-li načtená meteorologická zpráva, lze ji po stisku položky uložit do souboru.

- **Download meteo** – Umožní stažení meteorologické zprávy z internetu.
 - **Close meteo** – Zavře je-li načtený soubor s meteorologickými daty.
4. Komponenta `treeView1` zobrazuje načtený soubor s AIXM daty jako na 6.4.
 5. Komponenta `ListBox1` zobrazuje načtený soubor s AIXM daty.
 6. Komponenta `treeXml` zobrazuje načtenou kolekci meteorologických zpráv.
 7. Komponenta `textBoxDate` zobrazuje aktuální systémový čas a nebo čas nastavený na `trackBaru`.
 8. Komponenta `treeView3`, která zobrazuje načtenou NOTAM zprávu jako na 6.5.
 9. Komponenta `richTextBox1`, která zobrazuje obsah NOTAM zprávy.
 10. Komponenta `radioButtonGroupBox`, kde se nastavuje kategorie přibližovacího systému ILS.
 11. Komponenta `numericUpDown`, která nastavuje mez pro nebezpečný boční vítr.
 12. Komponenta `dataGridView 6.6`, do které se načtou jednotlivé METAR zprávy.
 13. Komponenta `label_meteo`, která zobrazuje obsah jednotlivých METAR zpráv.
 14. Komponenta `TafComBox`, do které se načtou jednotlivé TAF zprávy jako na 6.7.
 15. Komponenta `label_taf`, která zobrazuje údaje o vydání TAF zpráv.
 16. Komponenta `label_forecast`, která zobrazuje obsah jednotlivých TAF zpráv.
 17. Komponenta `PushPin` v místě, kde se nachází stanice, která vydala zobrazovanou meteorologickou zprávu vidno na 6.8.
 18. Komponenta `ToolTip`, která zobrazuje obsah nejaktuálnější meteorologické zprávy, vydaná danou meteorologickou stanicí.
 19. Komponenta `Bing maps` pro zobrazení mapy světa, do níž zobrazujeme letecké zprávy a taky model letiště. Modře jsou zobrazeny přistávací dráhy. Červeně jsou označeny ty, které jsou mimo provoz z nějakých důvodů, o kterých nás informuje digitální NOTAM zpráva.
 20. Komponenta `treeView2`, která zobrazuje uzly s `checkboxy` jako jednotlivé přistávací dráhy jako na 6.9.
 21. Komponenta `trackBar` pro simulaci běhu času.
 22. Formulář `Form2`, na němž se nachází komponenta `dataGridView`, komponenty `RadioButton` pro výběr typu zprávy a tlačítko `OK` pro potvrzení výběru.

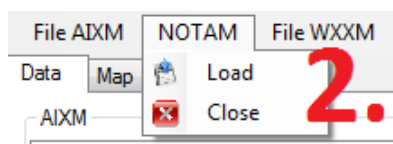
6.2 Chod aplikace

Průběh jednotlivých interakcí, které můžeme provést s touto aplikací:

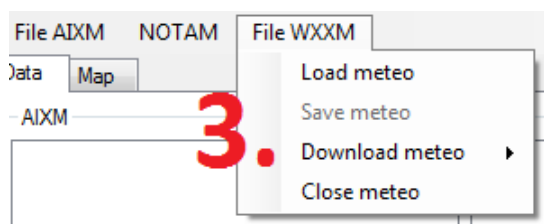
1. Po kliknutí na `File AIXM` a potom na položku `Load file`, aby se načetl ukázkový soubor XML letiště O'Hare ve formátu AIXM.



Obr. 6.1: Roletové menu s prvky pro zpracování AIXM dat.



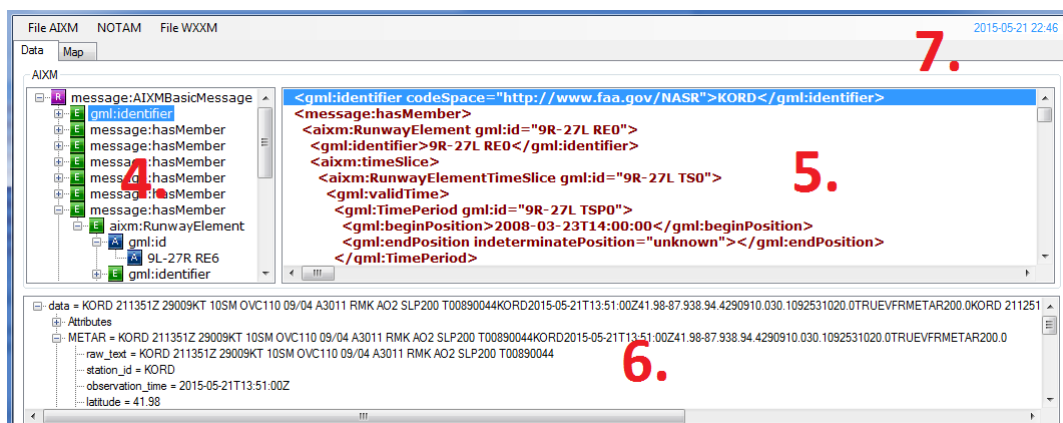
Obr. 6.2: Roletové menu s prvky pro zpracování NOTAM zpráv.



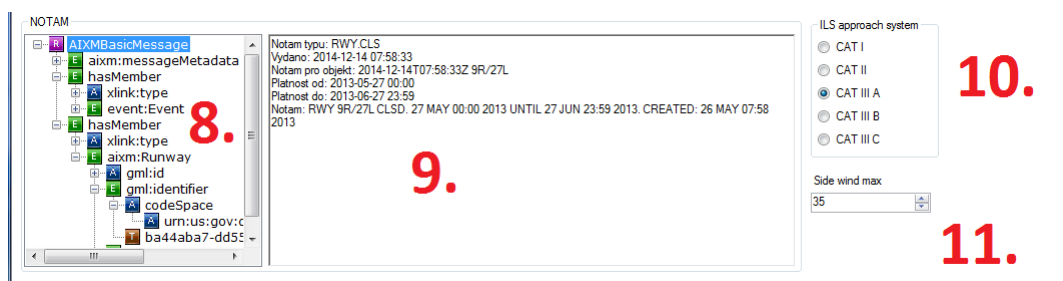
Obr. 6.3: Roletové menu s prvky pro zpracování WXXM zpráv.

Soubor se načte do komponent `treeView1` a `ListBox1` na záložce Data v komponentě `tabControl1`. A také do komponenty `treeView2` na záložce Map v `tabControlu`. Do `treeView2` jsou načteny pouze jednotlivé části přistávacích drah. Při zaškrtnutí `checkboxu` u každého uzlu se zobrazí na mapě příslušná přistávací dráha. Po stisknutí tlačítka `Close file` z roletového menu `File AIXM` se zavře právě otevřený XML soubor s AIXM daty a vymaže se obsah souvisejících komponent.

2. Po kliknutí na roletové menu `NOTAM` a potom na položku `Load` se otevře dialogové okno pro načtení souboru s NOTAM daty. Načteme XML soubor, kde jsou údaje o NOTAM události. Například uzavření některé runwaye z nějakého důvodu. Když se načte D-NOTAM a aktuální čas je v intervalu platnosti D-NOTAM, objeví se několik důležitých informací z NOTAM zprávy



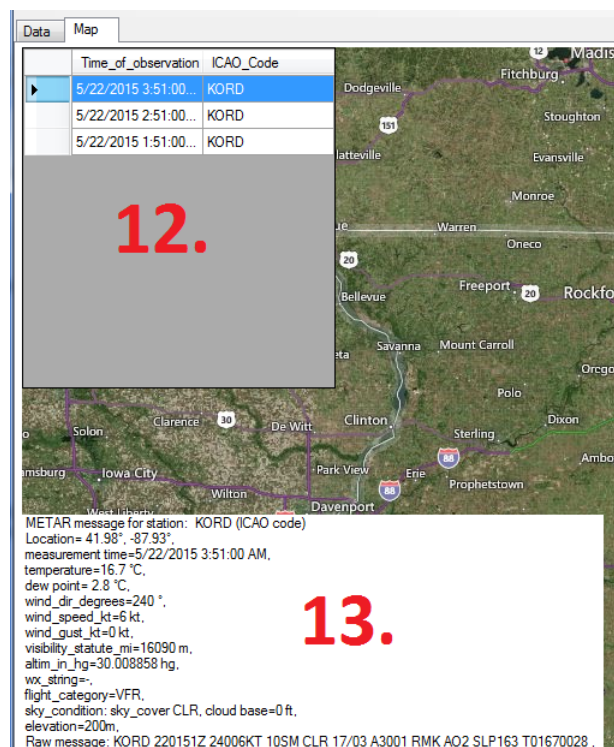
Obr. 6.4: Uživatelské rozhraní na záložce Data, horní část.



Obr. 6.5: Uživatelské rozhraní na záložce Data, spodní část.

v komponentě `RichTextBox` a `treeView3` na záložce Data. Na záložce Map se v `treeView2` objeví poznámka o uzavřené runwayi. Na mapě se uzavřená runway zobrazí červeně. Také se aktivuje komponenta `trackBar` pomocí níž můžeme ověřit platnost načtené NOTAM zprávy. Po stisknutí tlačítka `Close` z roletového menu `NOTAM` se zavře právě otevřený XML soubor s AIXM daty a vymaže se obsah souvisejících komponent.

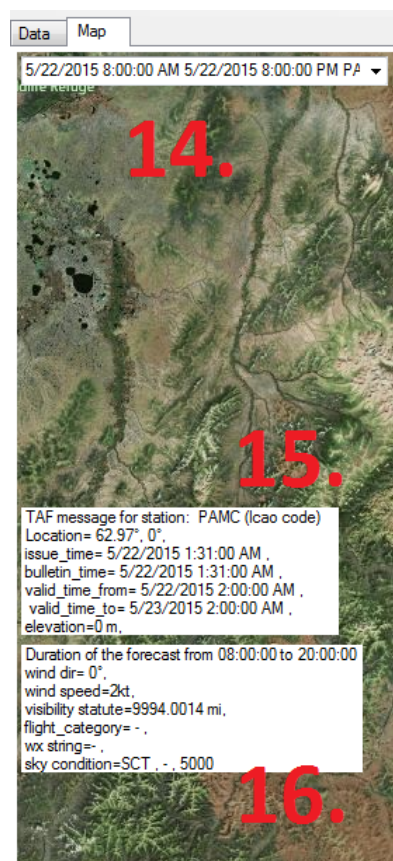
- Uživatel má dále možnost načíst údaje o počasí. Pomocí roletového menu s označením `File WXXM`. Po jeho otevření je možno kliknout buď na `Load meteo` pro načtení XML souboru z disku, a nebo kliknout `Download meteo`. Objeví se nový formulář `Form2`, kde se do komponenty `dataGridView` načte seznam meteorologických stanic ze souboru `stationsFulls.xml` nebo `stationsCzSk.xml`. Dále lze vybrat k načtení METAR nebo TAF zprávu, pokud je vybraná meteorologická stanice vydává, jako na obrázku 6.10, Na základě typu zprávy je vytvořen objekt, který ji reprezentuje. A následně proběhne načtení informací a zobrazení informací z XML souboru do prostředí aplikace. Na záložce Data se načte kolekce zpráv do komponenty `treeXml`. Na záložce Map je v kompo-



Obr. 6.6: Uživatelské rozhraní pro zobrazení METAR zpráv na záložce Map.

mentě Bing maps zobrazena pro jednotlivé zprávy poloha stanice (pomocí komponenty Pushpin), která tuto zprávu vydala. A obsah této zprávy se zobrazí, pomocí komponenty Tooltip při najetí myši. Pokud načteme METAR zprávy tak se jednotlivé načtené zprávy zobrazí do komponenty dataGridView. A obsah nejaktuálnější zprávy se zobrazí do komponenty label_meteo. Při načtení zpráv METAR je možno pomocí trackBaru se pohybovat mezi zprávami v čase. Pokud načteme TAF zprávy tak se načtou do komponenty TafComboBox. A jednotlivé předpovědi TAF zprávy se, po výběru z TafComboBoxu, zobrazují do komponenty label_forecasts. Po stisknutí tlačítka Save meteo z roletového menu File WXXM se uloží právě otevřený soubor s WXXM daty na disk dle výběru umístění. Po stisknutí tlačítka Close meteo z roletového menu File WXXM se zavře právě otevřený soubor s WXXM daty a vymaže se obsah souvisejících komponent.

- Na záložce Data si můžeme vybrat pomocí komponenty radioButtonGroupBox kategorii přibližovacího systému ILS, který úzce souvisí s viditelností.
- Na záložce Data si můžeme vybrat pomocí komponenty numericUpDown hodnotu bočního větru, při kterém je zakázané přistávat.
- Pokud je načtené letiště Chicago O'Hare s ICAO kódem **KORD** a zároveň máme načtenou aktuální kolekci METAR zpráv z meteorologické stanice taktéž

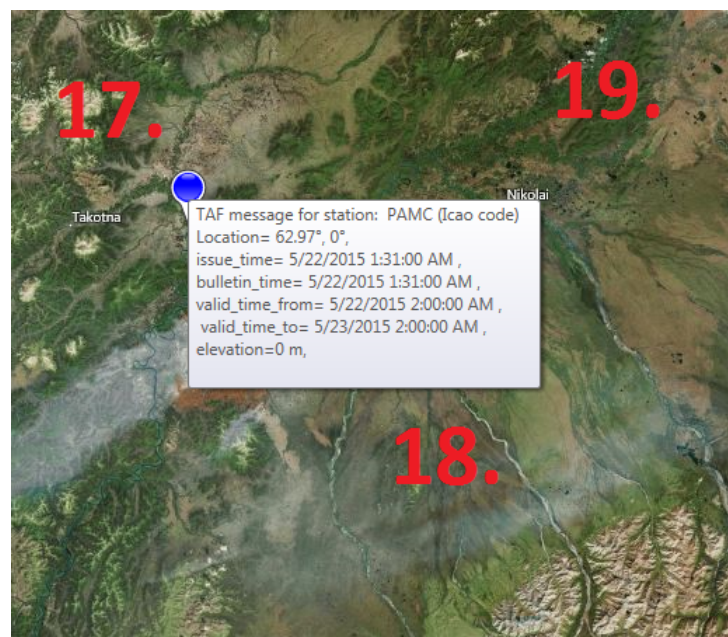


Obr. 6.7: Uživatelské rozhraní pro zobrazení TAF zpráv na záložce Map.

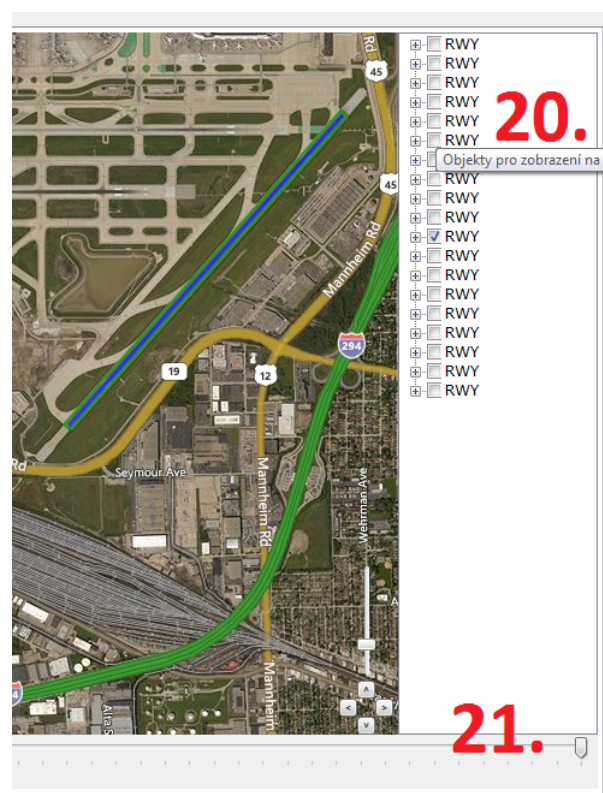
s ICAO kódem **KORD**. Pak při pohybování `trackBarem` se zobrazují jednotlivé METAR zprávy v čase. Na základě údajů z právě aktuální zprávy se modře zobrazí přistávací dráhy nejvhodnější pro přistání a červeně přistávací dráhy, které jsou buď nevhodné nebo zavřené pro přistání.

6.3 Zobrazení mapy

V aplikaci byla na zobrazení geografických informací použita SDK (Software Development Kit) Bing Maps WPF Control [8], vyvinutá společností Microsoft. Pracuje na technologii WPF (Windows Presentation Foundation). V aplikaci je propojená s používanou Windows Form pomocí komponenty `ElementHost`. V aplikaci je definovaná v souboru `MapUserControl.xaml`, kde jsou definovány i ostatní prvky k ovládání mapy. Obsahuje posuvník, který má stejnou funkci jako kolečko myši, oddálení a přiblížení mapy. Do mapy je zaznačená poloha stanic pomocí komponenty `PushPin`. Mapa obsahuje `TextBox`, který zobrazuje načtené D-NOTAM zprávy. `TextBox` se zobrazuje pouze když je aktuální čas v intervalu platnosti D-NOTAMu.



Obr. 6.8: Ukázka zobrazení PushPinu na mapě.



Obr. 6.9: Grafické zobrazení jedné přistávací dráhy.

ICAO code	Station	Shortcut	Latitude	Longitude	Type
CWOB	BREVOORT.SLA...	CA	63.19	064.09	M, -
CYVM	QIKQTARJUAQ	CA	67.32	064.01	M, T
CWVD	BROUGHTON.S...	CA	67.31	063.46	M, -
CWBR	BStationN.IVER	CA	66.02	091.50	M, -
CYCB	CAMBRIDGE.AY.R	CA	69.05	105.07	M, T
CXCM	CAMBRIDGE.AY	CA	69.06	105.08	M, -
CYTE	CAPE.ORSET.IRP	CA	64.13	076.31	M, T
CWFD	CAPE.YER.IRPOR	CA	66.34	061.37	M, -
CWUP	CAPE.OOPER	CA	68.28	066.49	M, -
CWMM	CAPE.EBCY	CA	64.57	063.34	M, -

☒ METAR messages
 ☐ TAF messages

OK

Obr. 6.10: Formulář pro výběr meteorologických zpráv ke stažení.

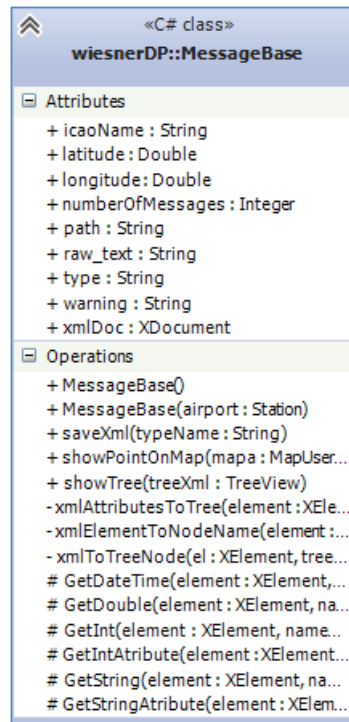
6.4 Část pro načítání WXXM dat

V této kapitole je popsáno zpracování WXXM dokumentu a vybraných meteorologických zpráv (METAR, TAF). Ty jsou získávány ze serveru AWC (Aviation Weather Center) [9] v podobě XML souborů a následně v aplikaci dále zpracovány. Na práci s XML byla použita třída `System.Xml.Linq`.

6.4.1 Základní zpráva

Třída `MessageBase` definuje základní parametry pro každou zpracovávanou zprávu. Diagram třídy je znázorněn na obrázku 6.11. Základní parametry třídy jsou:

- `icaoName` (string) označuje ICAO kód stanice, která generuje načítanou zprávu,
- `latitude` (double) označuje zeměpisnou délku polohy stanice,
- `longitude` (double) označuje zeměpisnou šířku polohy stanice,
- `numberOfMessages` (int) udává počet zpráv v přijatém souboru,
- `path` (string) určuje cestu k načítanému souboru, anebo odkaz tvořený v konstruktoru třídy sloužící na načítání zpráv ze serveru [12],
- `raw_text` (string) obsahuje obsah celé kódované zprávy,
- `type` (string) označuje typ načítané zprávy. Může to být: `metars`, `tafs`,
- `warning` (string) označuje stav kdy načítaný XML soubor neobsahuje žádné zprávy, jinak je její hodnota `null`,
- `xmlDoc` (Xdocument) označuje proměnou třídy `System.Xml.Linq`, která slouží pro načítání XML dokumentu.



Obr. 6.11: Diagram třídy messageBase.

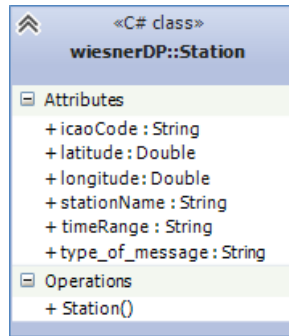
Konstruktor třídy

Třída obsahuje jeden bezparametrový konstruktor a druhý do kterého je na vstupu nutné zadat objekt třídy **Station**. Její diagram je znázorněn na obrázku 6.12. V druhém konstruktoru jsou načítány jednotlivé informace o stanici, pro kterou byla XML zpráva stáhnuta. Při označení vícero stanic je jejich seznam uložený v parametru `airport.icaoCode` typu *string*. Jednotlivé zprávy budou obsaženy v jednom XML dokumentu. Na konci je na základě vytvořeného odkazu načtený dokument XML do proměnné `xmlDoc`. V případě, že načtení neproběhne korektně, zobrazí se chybová hláška, ale na mapě bude zobrazená poloha stanice ze základními informacemi (jméno stanice, souřadnice stanice).

Metody pro načítání hodnot z XML uzlu

Patří sem:

- `int GetInt(XElement element, string name)`
- `int GetIntAttribute(XElement element, string name)`
- `double GetDouble(XElement element, string name)`
- `DateTime GetDateTime(XElement element, string name)`
- `string GetString(XElement element, string name)`



Obr. 6.12: Diagram třídy Station.

- string GetStringAttribute(XElement element, string name)

Metoda **GetInt** vrací číselnou hodnotu XML uzlu typu integer (celé číslo). V případě, že uzel neexistuje anebo jeho hodnota není celé číslo, vrátí 0. Parametr *element* třídy **System.Xml.Linq.Xelement** označuje XML uzel, který má být prohledán. Parametr *name* označuje název pod uzlu, ze kterého se snažíme získat hodnotu. Obdobně fungují i další metody, které umožňují načítání hodnot ze zadaného uzlu v korektním datovém typu (double, string, Datetime). Čas je v zprávách zaznamenávaný v podobě 281840Z. Při načtení je provázaný s UTC-Z (v letectví používanější Zulu time).

Metoda pro uložení souboru (saveXML)

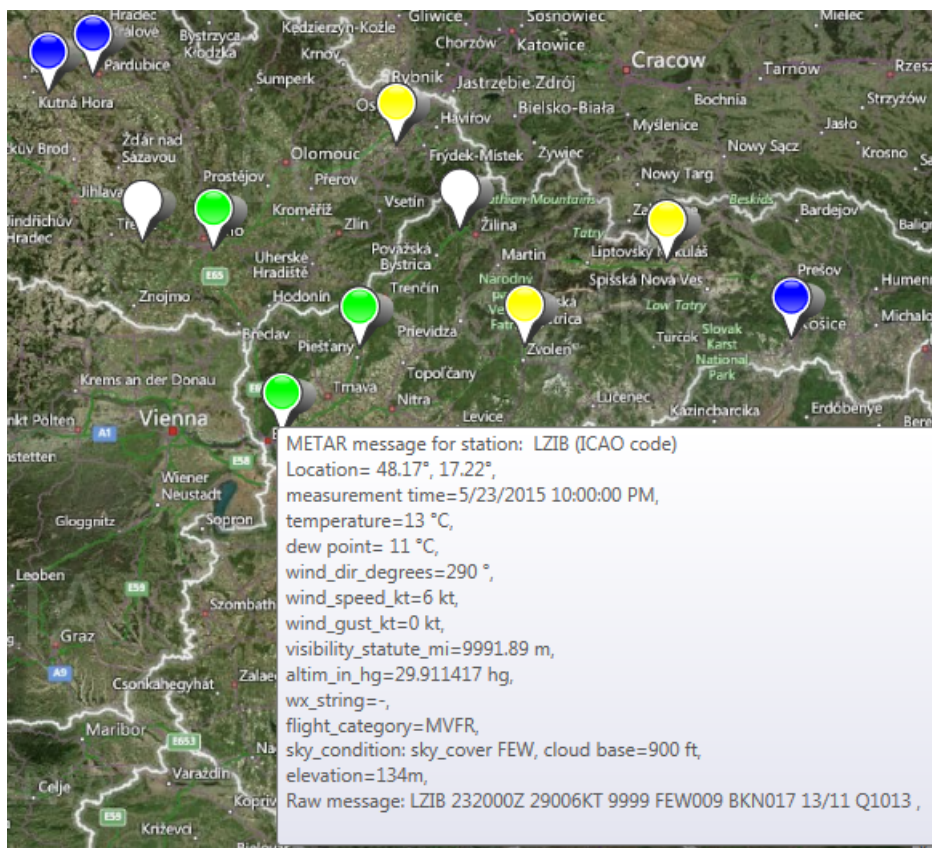
Metoda má na vstupu typ ukládané zprávy a na výstupu prázdný návratový typ. Slouží na ukládání stažených XML zpráv. Vytvoří **saveFileDialog** okno, kde je uživateli umožněn výběr souboru, do kterého bude zpráva uložena.

Metoda pro zobrazení stanice na mapě (showPointOnMap)

Metoda má na vstupu zadávané následující parametry:

1. mapa: označuje objekt z třídy **MapUserControl**, do kterého bude poloha stanice pomocí komponenty **Pushpin** zaznamenána.
2. zprava: označuje zprávu, která je zobrazovaná pomocí komponenty **ToolTip**. Zobrazí se při posunu kurzoru nad **Pushpin**.
3. latitude1: označuje hodnotu zeměpisné délky dané stanice.
4. longitude1: označuje zeměpisnou šířku dané stanice.
5. color: určuje barvu komponenty **PushPin**, ta je určena na základě tabulky 1.2.

Na obrázku 6.13 je možné vidět zobrazení komponenty **PushPin** se zobrazenou komponentou **ToolTip** a barevné rozlišení stanic na základě výšky základny mraku a viditelnosti.



Obr. 6.13: Ukázka funkce metody showPointOnMap.

Zobrazení XML souboru v treeView

Zobrazení XML dat do komponenty TreeView probíhá pomocí následujících tří metod:

- **void xmlToTreeNode(XElement el, TreeNodeCollection treeNodes)** – Vytvoří uzel s názvem získaným z metody `xmlElementToNodeName` a přiřadí ho jako další uzel parametru `treeNodes`. Metoda je volaná rekurzivně.
- **string xmlElementToNodeName(XElement element)** – Převéde název celého jmenného prostoru na prefix. Vrátí string v tvaru prefix: *název uzlu* = *hodnota elementu*.
- **void xmlAttributesToTree(XElement element, TreeNode node)** – Pokud se v prvním parametru `element` nachází správné atributy, přiřadí jejich hodnoty do poduzlu s názvem `Attributes`, zadaného parametru `node`.

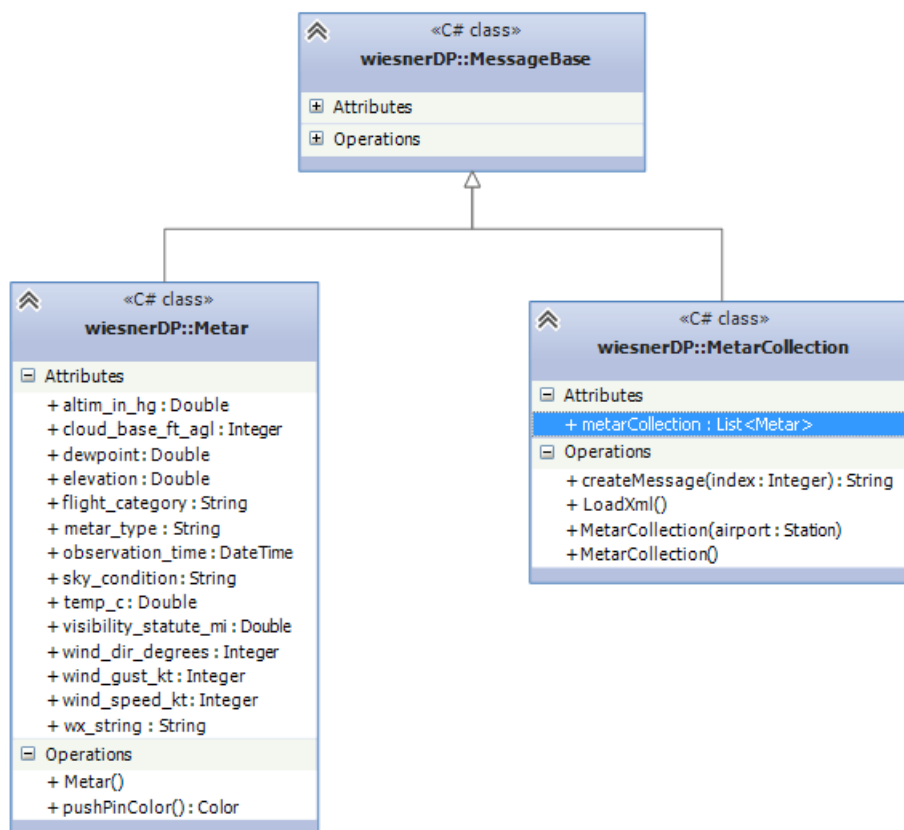
6.4.2 Třídy na zpracování meteorologických zpráv

Tyto třídy dědí z hlavní třídy `MessageBase`.

- MetarCollection 1-* Metar jako na obrázku 6.14
- TafCollection 1-* Taf 1-* Forecasts jako na obrázku 6.15

V každé z nich se nachází metody:

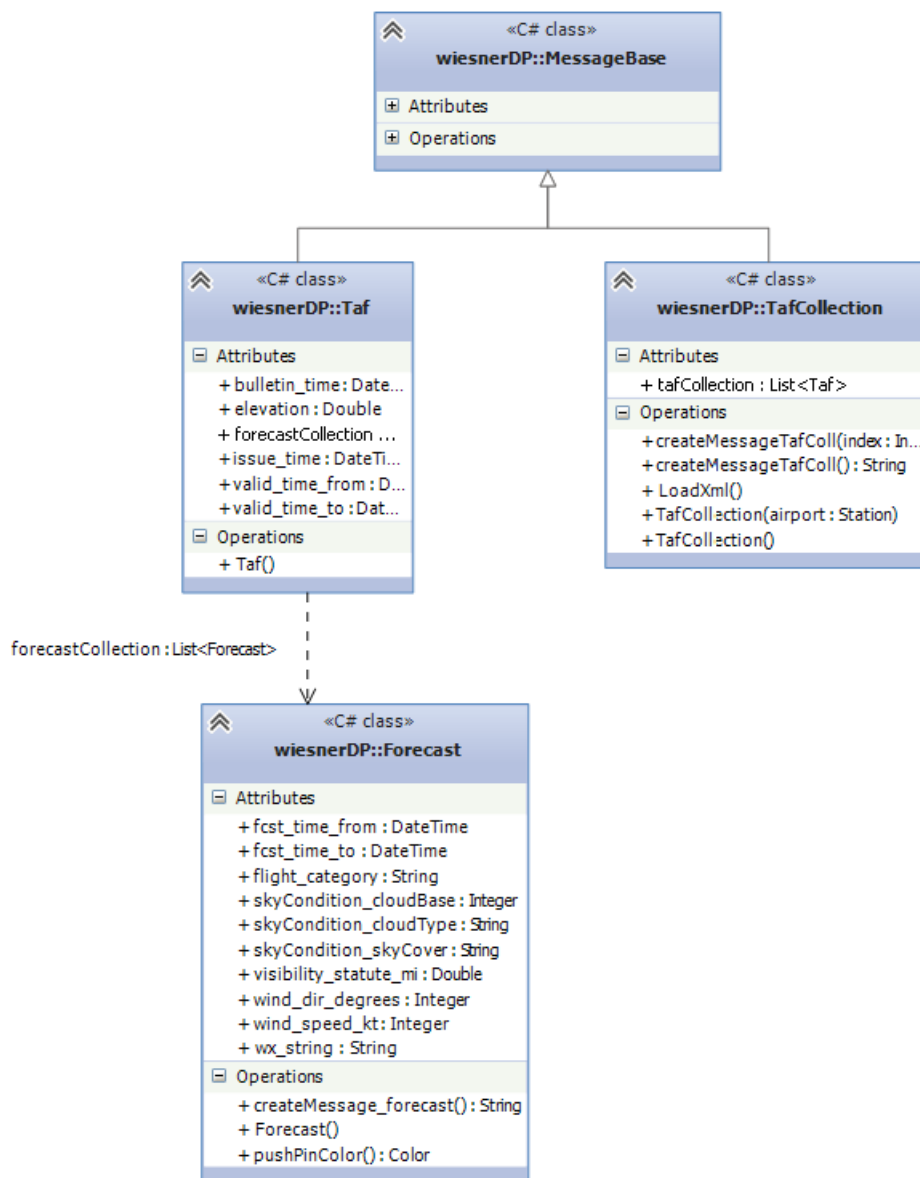
- *LoadXml()*. Metoda umožňuje načítat z XML dokumentu jednotlivé parametry specifické pro každou zprávu.
- *string createMessage(int index)*. Metoda má na vstupu číslo zprávy, pro kterou má získat informace. Vrací objekt typu string, který obsahuje výpis hodnot jednotlivých parametrů. Ty jsou zobrazeny v podobě komponenty `ToolTip` komponentem `PushPin` anebo jedním z komponent `label`, podle typu zprávy.



Obr. 6.14: Diagram tříd pro zprávu typu METAR.

6.5 Část pro načítání AIXM dat

V této části se otevře XML dokument a zobrazí se objekty a graficky znázorní jejich hierarchickou strukturu a některé objekty graficky zobrazí na mapě. Pro načtení XML dokumentu do komponenty `TreeView`, pomocí které zobrazuje grafickou strukturu objektu v XML dokumentu, využívá program třídu `XmlReader` z knihovny



Obr. 6.15: Diagram tříd pro zprávu typu TAF.

XML. Vytvořené uživatelské prostředí umožňuje načíst XML soubor a následně ho zobrazit do komponenty **TreeView** a také jako text do komponenty **ListBox**. Objekty typu přistávací dráha se načte do další komponenty **TreeView** a po vybrání objektu v této komponentě se objekt graficky vykreslí na mapě. Všechny zmíněné metody jsou součástí třídy **Form1** na obrázku A.2.

6.5.1 Načtení souboru

Načtení souboru se provádí pomocí tlačítka **Load file** v menu **File AIXM**. Při stlačení tlačítka **Load file** se zobrazí okno pro výběr souboru, při výběru je aplikován filtr pro XML soubor. Pro načtení XML souboru do programu se volá hned několik funkcí. První z nich je funkce `LoadFileIntoListBox()`, která využívá třídu `StreamReader`, pomocí které obsah XML souboru čte řádek po řádku a ten zobrazuje do komponenty `ListBox`.

Další je funkce `LoadFileIntoTreeView()`, která pomocí třídy `XmlTextReader` vybraný soubor rozparsuje na elementy, atributy a text. A tyto objekty pak vkládá do komponenty `TreeView1`. Tato funkce využívá ještě funkci `AssociateTag()`, která přiřadí uzlům v `TreeView1` řádek v komponentě `ListBox`. Když se provede označení objektu v komponentě `TreeView1`, volá se funkce `MoveToLine()`, která zobrazí odpovídající řádek v komponentě `ListBox`, s kterým je objekt propojen.

Jako poslední se volá funkce `CopyToTreeView()`, která najde objekty typu přistávací dráha za pomoci funkce `FindRunway()`. A pak tyto objekty překopíruje do komponenty `TreeView2`.

Funkce `FindRunway()` se řetězí s podobnými funkcemi `FindPosList()`, `FindAssociated()` a `FindDesignator()`.

`FindPosList()` hledá souřadnice objektu, podle kterých se bude objekt vykreslovat na mapu.

Funkce `FindAssociated()` dohledává k objektu `aixm:RunwayElement` v komponentě `TreeView1` objekt `aixm:Runway`, ke kterému jsou vztaženy a pak v něm pomocí funkce `FindDesignator()` najde název objektu.

6.5.2 Zobrazení objektu

Jednotlivé objekty pro zobrazení se nacházejí v komponentě `TreeView2`. Objekty v komponentě se dají zaškrťovat, při změně zaškrtnutí objektu v komponentě se vyvolá funkce `treeView2_AfterCheck()`, která vycentruje mapu na první souřadnici objektu a volá funkci `reloadPolygons()`.

Funkce `reloadPolygons()` kontroluje, zda jsou objekty zaškrtnuté a jestli ano, tak je vykreslí pomocí funkce `addNewPolygonRunway()`.

Funkce `addNewPolygonRunway()` pomocí souřadnic objektu poskládá polygon, který pak vykreslí na mapu.

Kliknutí na objekt vyvolá funkci `treeView2_AfterSelect()`. Tato funkce barevně odliší vybraný objekt a označený objekt i zaškrtně, čím se vyvolá předchozí funkce `treeView2_AfterCheck()`. Polygon se ale bude vykreslovat s odlišnou barvou okraje aby bylo poznat i na mapě, který objekt je označen.

6.5.3 Načtení D-NOTAMu

Digitální NOTAM zprávu bylo obtížné vytvořit, protože reálné D-NOTAMy nejsou veřejné a mají složitou dokumentaci. Digitální NOTAM je ve formátu XML a načítá se pomocí tlačítka **Load** v menu **NOTAM**. Po vybrání XML souboru obsahující NOTAM zprávu se volají následující funkce `LoadFileIntoTreeView()`, `LoadToRichBox()`, `CurrentTime()` a funkce `CheckValidityOfNotam()`. `LoadFileIntoTreeView()` je funkce, která rozparsuje XML soubor a vloží jeho části do komponenty `TreeView3`.

Pomocí funkce `LoadToRichBox()` se načítají důležité informace z `TreeView3` do komponenty `RichBox`. `CurrentTime()` je funkce která převádí aktuální čas a datum na formát vhodný pro výpis do komponenty `TextBox`, která se objeví v GUI vpravo nahoře, pokud je platná. A taky převádí aktuální čas a datum do vhodného formátu pro porovnání s platností D-NOTAMu. `CurrentTime()` se volá každou vteřinu pomocí události časovače `timer1_Tick()`, aby se udržovala vždy aktuální hodnota.

Funkce `CheckValidityOfNotam()` kontroluje platnost načteného digitálního NOTAMu. Pokud aktuální čas je v intervalu platnosti D-NOTAMu, tak se D-NOTAM zobrazí v podobě textového pole na mapě a objektu, ke kterému se D-NOTAM vztahuje, se změní zobrazovací barva a přidá se parametr typu události k objektu.

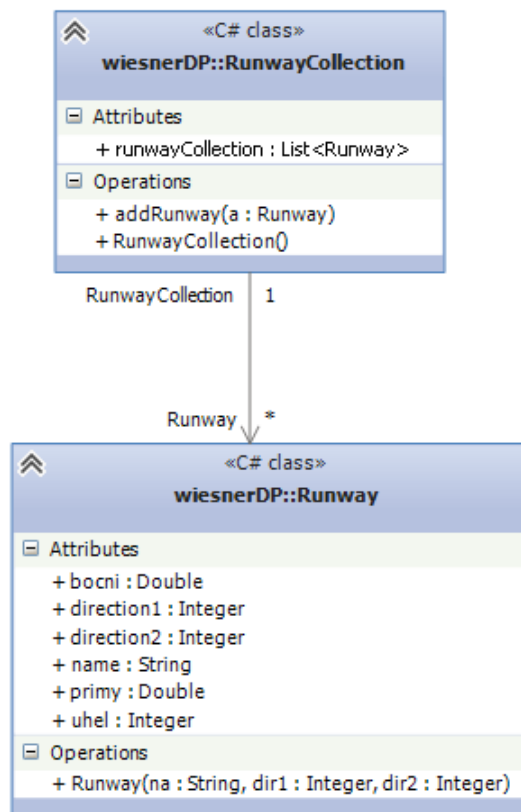
6.6 Metody pro výběr přistávací dráhy

Zde jsou popsány metody, které se používají při výběru vhodné přistávací dráhy. Zaměřeno bylo na vlivy počasí, kategorie ILS. Z počasí jsou to konkrétně atributy úhel větru `wind_dir_degrees`, rychlost větru `wind_speed_kt`, viditelnost `visibility_statute_mi` a doplňkové informace o počasí `wx_string`.

6.6.1 Metoda pro naplnění objektu `runwayCollection` informacemi o drahách

Metoda `FillRunways()` slouží pro načtení jednotlivých přistávacích drah z komponenty

`treeView2` do objektu ze třídy `RunwayCollection`, diagram je na obrázku 6.16. Metoda načte z každého uzlu `treeView2` obsah poduzlu s označením `gml:identifier`, například 14L-23R RE23. Pomocí stringových operací dostaneme dvě čísla, což jsou uhly přistávací dráhy, v tomto případě 140 a 230 stupňů. Poté se zavolá konstruktor, který vyplní objektu třídy `Runway` atributy `name`, `direction1`, `direction2`.



Obr. 6.16: Diagram tříd pro přistávací dráhy.

6.6.2 Metoda kontroly validace METAR zprávy.

Metoda `void CheckValidityOfWXXM()` prochází jednotlivé načtené METAR zprávy a porovnává jejich čas vydání s aktuálním časem. A vždy je zobrazena nejaktuálnější METAR zpráva podle času, který se nastaví `trackBarem`. Dále se zavolá funkce `PickTheRWY`. Za podmínky, že se rovná ICAO kód letiště s ICAO kódem vydané METAR zprávy.

6.6.3 Metoda pro výběr vhodné přistávací dráhy

Metoda `void PickTheRWY()` načte z aktuální METAR zprávy tyto atributy:

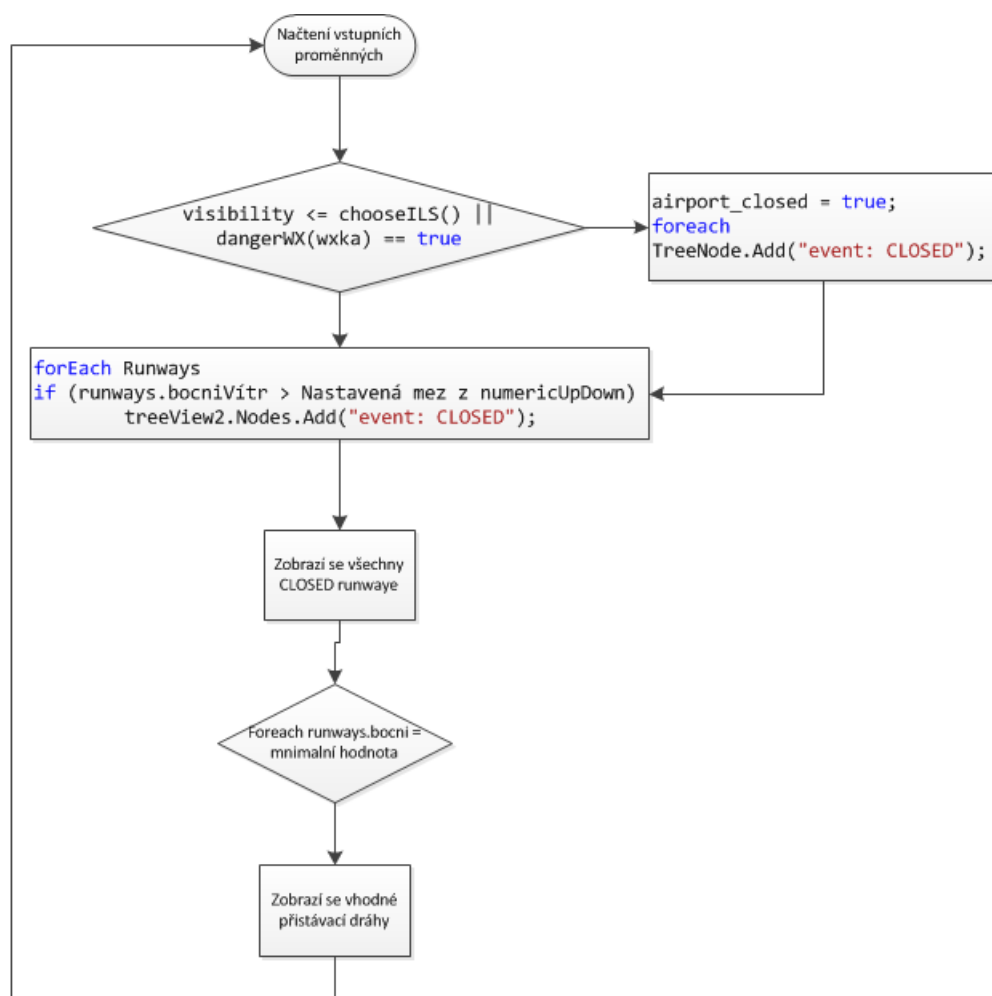
- `wind_dir_degrees`
- `wind_speed_kt`
- `visibility_statute_mi`
- `wx_string`

Dále porovná úhel větru `wind_dir_degrees` s úhlem přistávací dráhy a na základě rychlosti větru `wind_speed_kt` určí rychlost přímého a bočního větru působícího vzhledem k dané přistávací dráze.

Dále porovná hodnota viditelnosti `visibility_statute_mi` s mezí, která je povolena pro přistání na základě kategorie přibližovacího systému ILS, tato mez se načítá z metody `chooseILS()`. Pokud je viditelnost menší než povoluje daná kategorie pro přistání, tak se všechny přistávací dráhy označí jako CLOSED a zčervenají. To samé platí se funkce `dangerWX` vrací jako `true`.

Pokud nebylo do této chvíle letiště uzavřeno, následuje test na nebezpečnou hodnotu bočního větru. Pokud je hodnota bočního větru větší než nastavená mez z komponenty `numericUpDown`, pak se tato přistávací dráha označí jako CLOSED a zčervená.

Nakonec pokud není letiště zcela uzavřeno se označí modře všechny přistávací dráhy, které v danou chvíli mají nejnížší hodnotu bočního větru. Na obrázku 6.17 je vývojový diagram metody.



Obr. 6.17: Diagram tříd pro přistávací dráhy.

6.6.4 Metoda pro detekci nebezpečného počasí

Metoda `bool dangerWX()` se vrací jako `true` pokud atribut `wx_string` obsahuje některou z těchto zkratk:

- "SS"- písečná vichřice,
- "DA"- prachová vichřice,
- "FC"- tornádo,
- "VA"- písečný vír,
- "SQ"- hůlava.

Seznam s vysvětlením všech zkratk je v tabulce 1.3. Jinak vrací `false`.

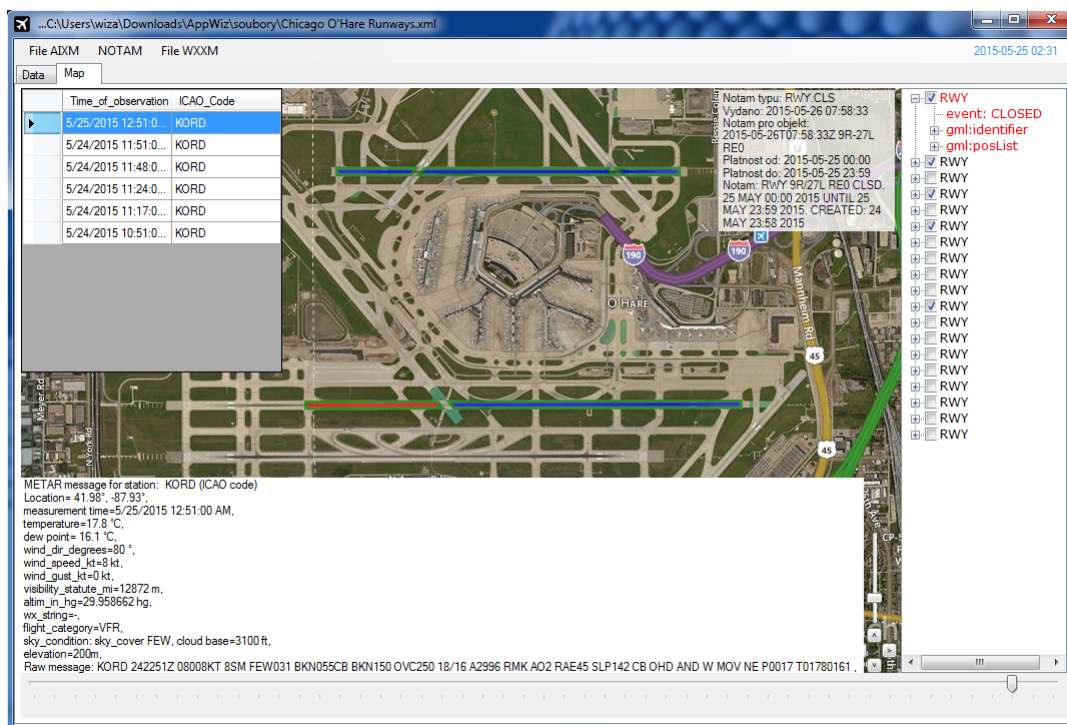
6.6.5 Metoda pro určení kategorie ILS

Metoda `double chooseILS()` má typ návratové proměnné `double` a vrací mez pro viditelnost podle tabulky 5.1.

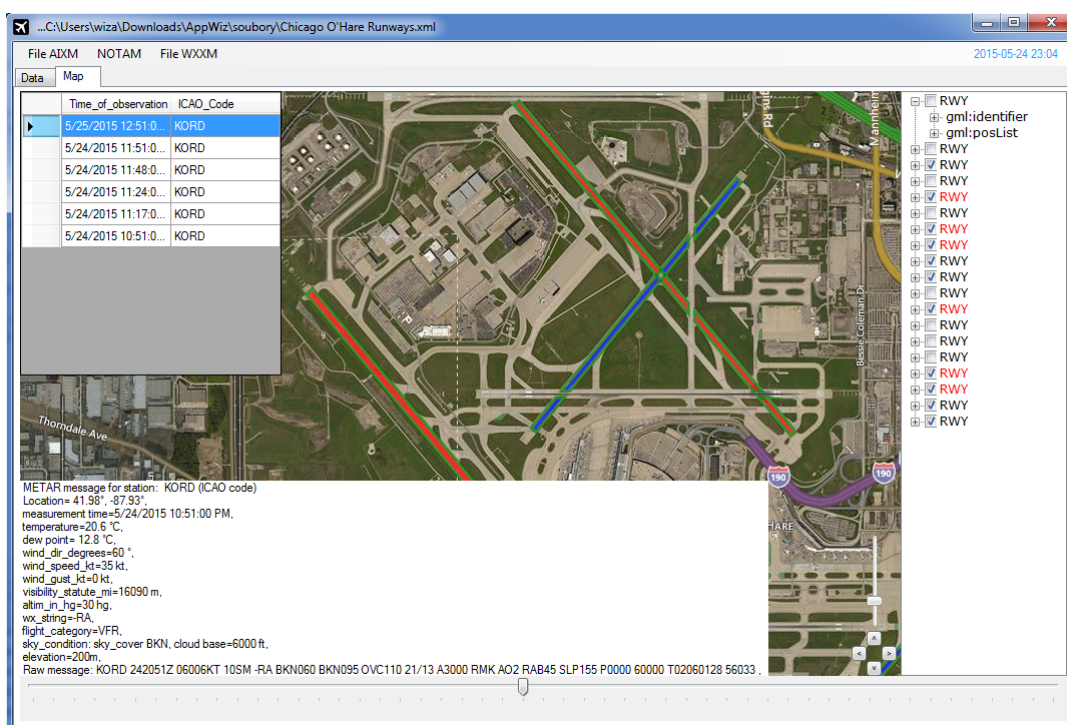
6.7 Funkčnost aplikace

V situaci na obrázku 6.18 je načtený soubor `Chicago O'Hare Runways.xml`, což je XML soubor s AIXM daty o přistávacích drahách letišť. Je načtena zpráva D-NOTAM, jejíž obsah je zobrazen v komponentě `TextBox` v pravo nahoře. V komponentě `treeView2` se k uzavřené části přistávací dráhy přidá poduzel event: `CLOSED` a celý zčervená. A na mapě je tato část přistávací dráhy červená. Modře zvýrazněné přistávací dráhy jsou pro daný čas dráhy s nejmenší hodnotou bočního větru. Obsah METAR zprávy, podle které jsou přistávací dráhy vybrány je zobrazen vlevo dole v komponentě `label_meteo`.

V situaci na obrázku 6.19 se zrušila platnost D-NOTAM zprávy. Rychlost větru se změnila z 8 uzlů na 35 uzlů. Taktéž směr větru se změnil z 80 stupňů na 60 stupňů. Modře označené dráhy se podle těchto hodnot změnili. A nastala situace, že pro červeně označené dráhy je hodnota bočního větru za hranicí.



Obr. 6.18: Ukázka funkčnosti aplikace.



Obr. 6.19: Ukázka funkčnosti aplikace.

7 ZÁVĚR

V této diplomové práci bylo zpracovaná téma týkající se analýzy leteckých meteorologických informací ve formátu WXXM, které si mezi sebou přeposílají autorizované entity leteckého provozu (meteorologické stanice, letadla, řídicí věže). A dále bylo úkolem seznámit se s formátem AIXM určeným pro výměnu leteckých informací.

V úvodních kapitolách se diplomová práce věnuje některým typům meteorologických zpráv, které jsou zastoupeny formátem WXXM. Dále v úvodní části je vysvětleno, co je formát AIXM a jak navazuje na XML. A bylo popsáno k čemu slouží zprávy NOTAM.

Zprávy jsou určeny k hlášení aktuálního stavu počasí, anebo k hlášení o mimořádných situacích. Následně je zpracovaný WXXM model a jeho jednotlivé prvky, ze kterých je složen. Předpokládané plné zavedení do praxe je až v průběhu roku 2020. Z toho vyplývá, že na modelu jsou patrné neustálé změny způsobené vývojem formátu.

V rámci praktické části byla vyvinuta aplikace, která umí fyzicky reprezentovat WXXM formát v podobě XML souboru. Dále v praktické části byla do aplikace přidána funkce, která otevře XML dokument obsahující aeronautické informace ve formátu AIXM. Aplikace dokáže rozparsovat XML dokument a graficky znázornit jednotlivé struktury objektů. Aplikace je také rozšířena o načítání digitálních NOTAM zpráv, které upřesňují aktuální stav letiště. Aplikace umožňuje načítání uložených meteorologických zpráv (METAR a TAF) ve formátu XML. V aplikaci probíhá označení polohy stanice, která zprávu vydala na mapě a zobrazení jednotlivých zpráv GUI aplikace. Je možné načítat zprávy i z více stanic současně. Na znázornění polohy jednotlivých stanic a letišť je použité SDK Bing maps od Microsoftu. Dále aplikace může podle meteorologických informací, načítaných v čase, vybrat vhodnou přistávací dráhu.

Motivací pro vývoj aplikace byl fakt, že i dnes v mnoha případech probíhá výměna leteckých informací v papírové nebo hlasové podobě.

LITERATURA

- [1] BENZ, Brian a John R DURANT. *XML programming bible*. New York: Wiley, 2003, 945 p. ISBN 07-645-3829-2.
- [2] RAY, Erik T. *Learning XML*. 2nd ed. Cambridge, Mass.: O'Reilly, c2003, 400 p. ISBN 05-960-0420-6.
- [3] METAR: Tutorial. WEATHER UNDERGROUND. [online]. [cit. 2014-12-15]. Dostupné z URL: <<http://www.wunderground.com/metarFAQ.asp?MR=1>>.
- [4] VOLMET: Radioreference Wiki. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <<http://wiki.radioreference.com/index.php/VOLMET>>.
- [5] Aircrew quick reference to the Metar and taf Codes: *military wx codes.pdf*. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <http://www.chesapeakeportpilot.com/pages/articles/military_wx_codes.pdf>.
- [6] BRAECKEL, Aaron. *WXXM - NNEW Dissemination: UCAR Wiki*. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <<https://wiki.ucar.edu/display/CSSWX/WXXM>>.
- [7] Geografický značkovací jazyk (GML): NZK c. 5/05. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <<http://www.vugtk.cz/nzk/c5-05/portele.html>>.
- [8] Microsoft: *Bing Maps Windows Presentation Foundation Control*. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?displaylang=en&id=27165>>.
- [9] Aviation Digital Data Service: *Data products*. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <<http://aviationweather.gov/>>.
- [10] EUROCONTROL FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: *AIXM*. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <http://www.aixm.aero/public/standard_page/introduction.html>.
- [11] EUROCONTROL AND FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: *Digital NOTAM Event Specification*. [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z URL: <http://www.aixm.aero/public/standard_page/digital_notam_specifications.html>.
- [12] Aviation Digital Data Service *Data products* [online]. [cit. 25. 04. 2015]. Dostupné z URL: <http://aviationweather.gov/adds/dataserver_current/httpparam?dataSource=airsigmets&requestType=retrieve&format=xml&hoursBeforeNow=0.2>.

- [13] Landing systems *Instrument Landing System - ILS* [online]. [cit. 25. 04. 2015]. Dostupné z URL: < <http://instrument.landingsystem.com/ils-analysis/>>.
- [14] Amateur stormchasing society *Bouřky a jejich vliv na leteckou dopravu* [online]. [cit. 25. 04. 2015]. Dostupné z URL: < <http://www.bourky.cz/ostatni-clanky/bourky-a-jejich-vliv-na-leteckou-dopravu/>>.
- [15] Metar.pdf SHMU [online]. 2012 [cit. 25. 05. 2015]. Dostupné z URL: < <http://www.shmu.sk/File/letecka/metar/metar.pdf/>>.
- [16] Getting to grips with *aircraft performance* [online] [cit. 25. 05. 2015]. Dostupné z URL: < <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2263.pdf/>>.
- [17] SkyBrary *Cross Wind Landings* [online] [cit. 25. 05. 2015]. Dostupné z URL: < http://www.skybrary.aero/index.php/Cross_Wind_Landings/>.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

AIP Aeronautical Information Publications

AIM Aeronautical Information Management

AIXM Aeronautical Information Exchange Model

AWC Aviation Weather Center

AMDB Aerodrome Mapping Databases

ATS Air Transport System

CSML Climate Science Modeling Language

EUROCONTROL European Organisation for the Safety of Air Navigation

FAA Federal Aviation Administration

FMS Flight Management System

GUI General User Interface

GML Geography Markup Language

HMI Human Machine Interface

ICAO International Civil Aviation Organization

ISO International Organization for Standardization

METAR Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report

OGC Open Geospatial Consortium

SSB Single-SideBand modulation

SM Statute Mile

TAF Terminal aerodrome forecast

TTF Trend Type Forecast

VOLMET Meteorological information for aircraft in flight

UML Unified Modelling Language

UTC Coordinated Universal Time

WFO Weather Forecast Office

WPF Windows Presentation Foundation

WXCM Weather information Conceptual Model

WXXM Weather information eXchange Model

WXXS Weather eXchange Schema

TOW TakeOff Weight

MTOW Maximum TakeOff Weight

LW Landing Weight

MLW Maximum Structure Landing Weight

RVR Runway Visual Range

DH Decision Height

CAT Clear Air Turbulence

TORA Take-off Run Available

TODA Takeoff Distance Available

ASDA Accelerate-Stop Distance Available

LDA Landing Distance Available

LDR Landing Distance Required

SDK Software Development Kit

WPF Windows Presentation Foundation

ILS Instrument Landing System

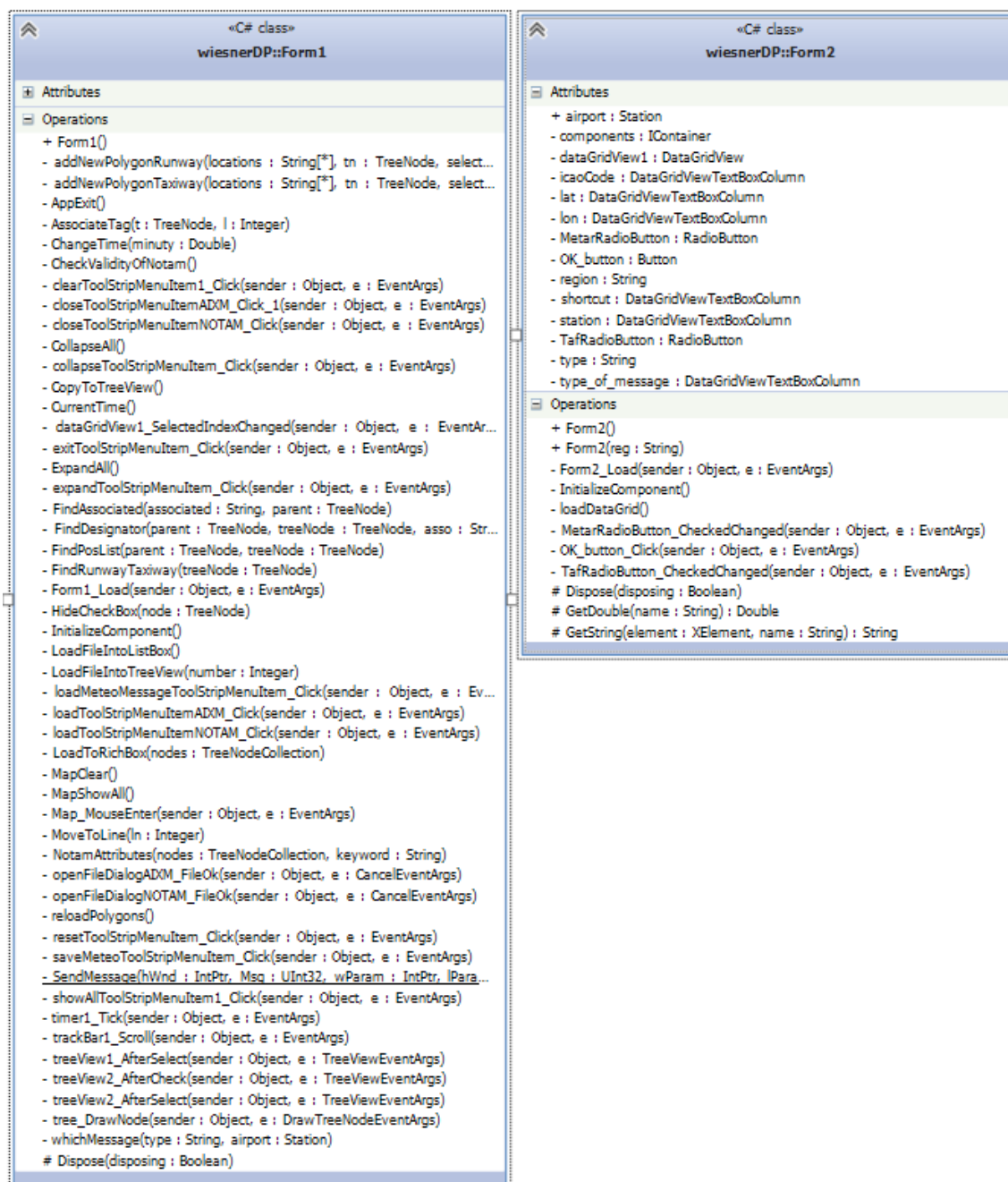
IFR Instrument Flight Rules

SEZNAM PŘÍLOH

A Přílohy	66
A.1 Class diagram Form1 a Form2	66
A.2 Diagram letiště Chicago O'Hare	67
B CD s aplikací	68

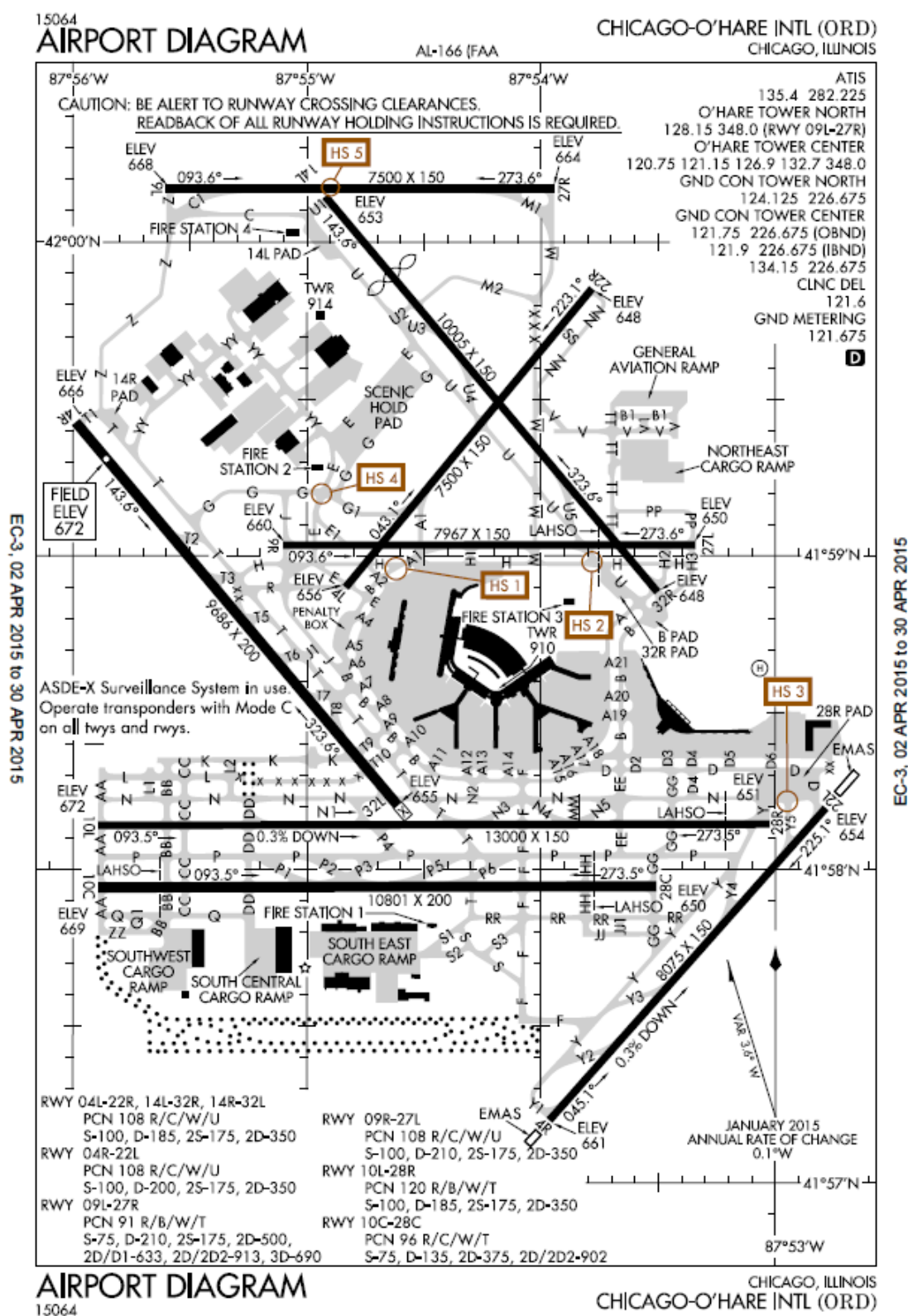
A PŘÍLOHY

A.1 Class diagram Form1 a Form2



Obr. A.1: Class diagram tříd Form1 a Form2.

A.2 Diagram letiště Chicago O'Hare



B CD S APLIKACÍ