

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA DOPRAVNÍ

VERONIKA KREJČOVÁ

**DRÁHOVÁ DOHLEDNOST A JEJÍ VLIV NA
PROVOZ LETIŠTĚ VÁCLAVA HAVLA**

Bakalářská práce

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... **Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Veronika Krejčová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Dráhová dohlednost a její vliv na provoz letiště
Václava Havla**

Název tématu (anglicky): RVR and It's Effect on the Traffic of Václav Havel Airport

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Atmosféra a její vliv na letecký provoz
- Dohlednost
- Vliv dráhové dohlednosti na letecký provoz
- Letiště Václava Havla
- Analýza dráhové dohlednosti na letišti Václava Havla



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: DVOŘÁK, Petr: Letecká meteorologie
KRAČMÁR, KRŠKA, SOBOTA, SVATOŠ: Meteorologie (050 000)
Předpis L3 Meteorologie

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Iveta Kameníková**

Datum zadání bakalářské práce: **28. září 2017**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **27. srpna 2018**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Veronika Krejčová
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 4. prosince 2017

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli informace pro vypracování této práce. Zvláště bych chtěla poděkovat paní Mgr. Ivetě Kameníkové za její čas, cenné rady, odborné vedení, které jsem využívala po čas psaní a pomoc s formální stránkou mé bakalářské práce. Další obrovské díky patří mé rodině a příteli za podporu a pevné nervy po dobu celého studia. Také děkuji Bc. Andree Vodochodské za pomoc s prací po pravopisné stránce.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Praze dne

.....

Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

DRÁHOVÁ DOHLEDNOST A JEJÍ VLIV NA PROVOZ LETIŠTĚ VÁCLAVA HAVLA

bakalářská práce

září 2018

Veronika Krejčová

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá dohledností a dráhovou dohledností, jejich hlášením v různých meteorologických zprávách, způsoby jejich určování a jevy, které je zhoršují. Soustřeďuje se na analýzu dráhové dohlednosti a stanovení denního chodu, ročního chodu minim a stanovení procentuálního zastoupení provozu za nízké dohlednosti.

ABSTRACT

This thesis deals with visibility and runway visual range, their messages in different meteorological reports, the methods of determining and phenomena, which worsen them. It concentrates on RVR analysis and determination of RVR daily run, the annual run minima and determining the percentage of the LVP.

Klíčová slova

dohlednost, dráhová dohlednost, mlha, Letiště Václava Havla

Keywords

visibility, runway visual range, fog, Václav Havel Airport

Obsah

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratek	7
1. Úvod	8
2. Atmosféra a její vliv na letecký provoz	9
2.1. Vlastnosti atmosféry	9
2.2. Vertikální členění atmosféry.....	10
2.2.1. Troposféra [1].....	10
2.2.2. Tropopauza [2]	11
2.2.3. Stratosféra [2].....	11
2.3. Mezinárodní standardní atmosféra ICAO.....	11
2.4. Letecký provoz	13
3. Dohlednost	14
3.1. Definice a druhy dohlednosti.....	14
3.2. Určování dohlednosti a dráhové dohlednosti	15
3.3. Mlha	18
4. Vliv dohlednosti na provoz letadel.....	20
4.1. Druhy provozu	20
4.2. Kategorie přesného přístrojového přiblížení ICAO	21
4.3. Postupy za nízké dohlednosti	21
5. Letecké meteorologické zprávy METAR a SPECI.....	23
6. Letiště Václava Havla	26
7. Analýza dráhové dohlednosti na Letišti Václava Havla	28
7.1. Denní chod dráhové dohlednosti	28
7.1.1. Leden	29
7.1.2. Únor	30
7.1.3. Březen	31
7.1.4. Duben.....	32
7.1.5. Květen	33

7.1.6.	Červen.....	34
7.1.7.	Červenec.....	35
7.1.8.	Srpen.....	36
7.1.9.	Září.....	37
7.1.10.	Říjen.....	38
7.1.11.	Listopad.....	39
7.1.12.	Prosinec.....	40
7.2.	Postupy za nízké dohlednosti.....	41
7.3.	Minimální hodnoty dráhové dohlednosti.....	42
8.	Závěr.....	45
	Zdroje.....	46

Seznam použitých zkratk

CAT I,II,III(A, B, C)		Kategorie přístrojového přiblížení
ČHMÚ		Český hydrometeorologický ústav
IATA	International Air Transport Association	Mezinárodní asociace leteckých dopravců
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IFR	Instrument Flight Rules	Let podle přístrojů
LVP	Low visibility procedures	Postupy za nízké dohlednosti
METAR	Meteorological Aviation Report	Pravidelná letecká meteorologická zpráva
MSA		Mezinárodní standardní atmosféra
RVR	Runway Visual Range	Dráhová dohlednost
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SPECI	Selected Special Weather Report	Zvláštní letecká meteorologická zpráva
UTC	Coordinated Universal Time	Koordinovaný světový čas
VFR	Visual Flight Rules	Pravidla pro let za dohlednosti
VMC	Visual Meteorological Conditions	Meteorologická minima

1. Úvod

V současné době patří letecká doprava k nejrychleji se rozvíjejícím odvětvím na světovém trhu. Lidé jsou v důsledku globalizace nuceni cestovat za prací a obchodem, ale i pro zábavu. Navzdory tomuto trendu, je třeba si uvědomit, že na prvním místě zůstává bezpečnost letu. Důležitým krokem pro zajištění bezpečného provedení letu, je důsledná předletová kontrola, zejména pak znalost meteorologických podmínek na trati letu. Kromě meteorologických podmínek na trati, je pro pilota velmi důležité znát hodnotu dohlednosti, dráhové dohlednosti, na letišti odletu a na cílovém letišti.

Dráhová dohlednost je v letectví jedním z nejdůležitějších meteorologických prvků. Závisí na ní možnost vzletu a přistání. Je limitním faktorem provozu VFR (Visual Flight Rules). Pokud klesne pod určitou stanovenou hodnotu, je limitní i pro provoz podle přístrojů IFR (Instrumental Flight Rules). Dohlednost má stěžejní význam především při počáteční a koncové fázi letu. Pro zajištění bezpečnosti na letišti se při poklesu dráhové dohlednosti pod určité minimum aplikují speciální postupy.

Dráhová dohlednost má svůj denní i roční chod. Ten závisí na mnoha faktorech, na výskytu silných srážek, nízké oblačnosti, ale především při výskytu mlh. Mlhy jsou nejčastějším důvodem snížené dráhové dohlednosti pod hodnotu 1000 m. V důsledku jejího výskytu bývají často přijata speciální opatření pro organizaci letového provozu.

Práce se zabývá dohledností, dráhovou dohledností a jevy snižující dohlednost (mlha). Je rozdělena do dvou částí – teoretické a praktické, zabývající se Letišťem Václava Havla.

V teoretické části bude čtenář seznámen s dohledností a dráhovou dohledností, jevy které je snižují, způsoby určování dohlednosti a dráhové dohlednosti. Dalším tématem je mlha, jakožto hlavní příčina nízké dohlednosti. Další část práce se věnuje vlivu dráhové dohlednosti na letecký provoz a meteorologickým zprávám METAR a SPECI.

Praktická část práce je věnována Letišti Václava Havla, nejprve jeho popisu a charakteristikám. Dále bylo úkolem stanovit ze získaných dat od ČHMÚ (Český hydrometeorologický úřad) denní chody dráhové dohlednosti v jednotlivých měsících v letech 2012 až 2017, stanovit roční chod minimálních hodnot dráhové dohlednosti v letech 2012 až 2017 a určit poměr standartního provozu a provozu LVP (Low Visibility Procedures).

2. Atmosféra a její vliv na letecký provoz

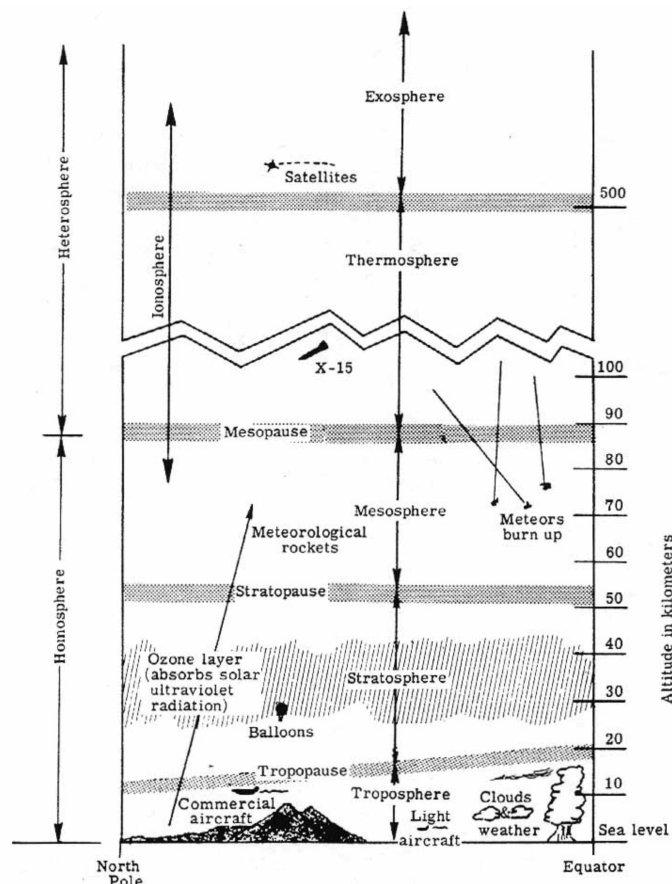
2.1. Vlastnosti atmosféry

Atmosféra je plynný obal Země, který se rozprostírá mezi zemským povrchem a výškou až několik desítek tisíc kilometrů. Jde o směs těchto plynů: [1]

- dusík (78,09 %),
- kyslík (20,95 %),
- argon (0,93 %),
- další plyny (neon, helium, krypton, xenon, vodík, a oxid uhličitý),
- vodní pára (soustředěna především do výšky 10 km).

V atmosféře jsou zastoupeny i kapalné a pevné částice, kterým říkáme aerosoly. Dalšími důležitými částicemi v atmosféře jsou ionty neboli částice nesoucí elektrický náboj. [2]

Další typickou vlastností atmosféry je stálý pokles tlaku s rostoucí výškou. Tlak klesá exponenciálně, protože je vzduch stlačitelný a jednotlivé vzduchové vrstvy jsou stlačovány vrstvami nad nimi. [1]



Obr. 1: Struktura atmosféry [3]

2.2. Vertikální členění atmosféry

Základním dělením je rozdělení atmosféry na homosféru a heterosféru. Homosféra je vrstva, kde se procentuální zastoupení plynů v atmosféře nemění. Rozprostírá se do výšky přibližně 100 km, vrstva nad touto výškou je heterosféra. [1]

Nejčastěji se však atmosféra dělí do vrstev podle změn teploty vzduchu s výškou viz Obr. 1. Názvy atmosférických vrstev, jejich průměrný vertikální rozsah a přechodné vrstvy jsou ukázané v Tab. 1. [2]

Atmosféru můžeme rozdělit i podle jiných kritérií. Například podle elektrických vlastností na neutrosféru a ionosféru nebo podle vlivu zemského povrchu na mezní vrstvu a volnou atmosféru. V letecké meteorologii je nejužitečnější dělení podle průběhu teploty a rozdělení na mezní vrstvu a volnou atmosféru. [1]

Letový provoz se většinou odehrává ve výškách do 12 km nad zemským povrchem, tedy především v troposféře, tropopauze a dolní stratosféře.

VRSTVA (SFÉRA)	STŘEDNÍ VÝŠKA SPODNÍ A HORNÍ HRANICE [km]	PŘECHODNÁ VRSTVA
Troposféra	0 - 11	Tropopauza
Stratosféra	11 - 50	Stratopauza
Mezosféra	50 - 80	Mezopauza
Termosféra	80 - 800	Termopauza
Exosféra	> 800	-

Tab. 1: Atmosférické vrstvy [2]

2.2.1. Troposféra [1]

Troposféra je nejspodnější vrstva atmosféry rozkládající se mezi zemským povrchem a výškou přibližně 11 km. Horní hranice je však proměnlivá v závislosti na zeměpisné šířce (rovníkové oblasti 16 až 18 km, polární oblasti 6 až 8 km), ročním období a teplotě vzduchu.

Charakteristickým rysem troposféry je pokles teploty s rostoucí výškou, a to o 0,65 °C na 100 výškových metrů. V troposféře se však vyskytuje i jev, kdy teplota vzduchu tenké vrstvy zůstává stejná. Takový jev se nazývá izotermie. Dalším jevem troposféry je inverze, kdy teplota vzduchu tenké vrstvy s přibývajícím výškou dokonce roste. V troposféře se odehrává většina jevů, kterým říkáme počasí. Dochází zde k horizontálním i vertikálním pohybům vzduchu, vzniku a zániku oblačnosti, vzniku mlh, bouřkové a srážkové činnosti.

2.2.2. Tropopauza [2]

Přibližně 2 km široká přechodná vrstva mezi troposférou a stratosférou. Končí v ní všeobecný pokles teploty s výškou, ustávají vertikální pohyby vzduchu a je považována za horní hranici vývoje oblačnosti.

V letectví je tropopauza významná nejen jako horní hranice oblačnosti, ale hlavně jako vrstva, kde se vyskytuje tryskové proudění (jet-stream), které způsobuje zde letícím letadlům turbulence. Jet-stream se však vyskytuje jen někdy a někde, není trvale spojen s tropopauzou. Přesahuje rychlosti 30 m/s a bývá vyznačen na leteckých mapách. Osa tryskového proudění bývá asi 1 až 2 km pod spodní hranicí tropopauzy. Výška tropopauzy (výška spodní hranice přechodné vrstvy) závisí na teplotě vzduchu, zeměpisné šířce, roční době a synoptické situaci.

2.2.3. Stratosféra [2]

Stratosféra je vrstva sahající do výšky asi 50 km. Ve spodní stratosféře ve výšce zhruba 11 km běžně létají dopravní a vojenská proudová letadla, tlak vzduchu je v této výšce čtvrtinový oproti hladině moře a hustota atmosféry třetinová. Pro stratosféru je charakteristické horizontální proudění vzduchu a teplota vzduchu je do výšky 20 až 25 km neměnná a zůstává na hodnotě přibližně -60 °C. Odtud s rostoucí výškou roste i koncentrace ozonu, který pohlcuje UV záření a způsobuje ohřívání okolního vzduchu, proto je teplota vzduchu na horní hranici stratosféry přibližně 0 °C. Oblasti zvýšené koncentrace ozonu říkáme ozonosféra.

2.3. Mezinárodní standardní atmosféra ICAO

Odpor vzduchu a vztlak závisí na hustotě vzduchu, tedy na teplotě a tlaku. V reálné atmosféře jsou ovšem tyto hodnoty velice proměnlivé, a to způsobuje proměnlivost získávaných dat z přístrojů, které jsou závislé na konkrétních hodnotách těchto meteorologických prvků. Typický přístroj, využívající změnu tlaku vzduchu s výškou, je tlakový výškoměr. Ten vestavěným tlakovým čidlem změří tlak a pomocí standardizovaného přepočtu vypočítá z aktuálního tlaku nadmořskou výšku. Před použitím je však nutno jej nastavit podle aktuálních podmínek počasí. [3]

Pro možnosti standardizace cejchování tlakových výškoměrů, rychloměrů a dalších tlakových přístrojů, pro výpočty a porovnání letových charakteristik letadel, projektování letadel a raket byla do praxe zavedena tzv. mezinárodní standardní atmosféra (MSA).

Mezinárodní standardní atmosféra ICAO je zjednodušený mezinárodně přijatý model zemské atmosféry, používaný v letecké meteorologii od roku 1952. Vyjadřuje vztah mezi výškou a tlakem vzduchu za určitých podmínek. V České republice platí pro potřeby letectva standardní atmosféra podle normy ISO 2533-75. [2]

ALTITUDE (Feet)	TEMP. (°C)	PRESSURE			PRESSURE RATIO $\delta = P/P_0$	DENSITY $\sigma = \rho/\rho_0$	Speed of sound (kt)	ALTITUDE (meters)
		hPa	PSI	In.Hg				
40 000	- 56.5	188	2.72	5.54	0.1851	0.2462	573	12 192
39 000	- 56.5	197	2.58	5.81	0.1942	0.2583	573	11 887
38 000	- 56.5	206	2.99	6.10	0.2038	0.2710	573	11 582
37 000	- 56.5	217	3.14	6.40	0.2138	0.2844	573	11 278
36 000	- 56.3	227	3.30	6.71	0.2243	0.2981	573	10 973
35 000	- 54.3	238	3.46	7.04	0.2353	0.3099	576	10 668
34 000	- 52.4	250	3.63	7.38	0.2467	0.3220	579	10 363
33 000	- 50.4	262	3.80	7.74	0.2586	0.3345	581	10 058
32 000	- 48.4	274	3.98	8.11	0.2709	0.3473	584	9 754
31 000	- 46.4	287	4.17	8.49	0.2837	0.3605	586	9 449
30 000	- 44.4	301	4.36	8.89	0.2970	0.3741	589	9 144
29 000	- 42.5	315	4.57	9.30	0.3107	0.3881	591	8 839
28 000	- 40.5	329	4.78	9.73	0.3250	0.4025	594	8 534
27 000	- 38.5	344	4.99	10.17	0.3398	0.4173	597	8 230
26 000	- 36.5	360	5.22	10.63	0.3552	0.4325	599	7 925
25 000	- 34.5	376	5.45	11.10	0.3711	0.4481	602	7 620
24 000	- 32.5	393	5.70	11.60	0.3876	0.4642	604	7 315
23 000	- 30.6	410	5.95	12.11	0.4046	0.4806	607	7 010
22 000	- 28.6	428	6.21	12.64	0.4223	0.4976	609	6 706
21 000	- 26.6	446	6.47	13.18	0.4406	0.5150	611	6 401
20 000	- 24.6	466	6.75	13.75	0.4595	0.5328	614	6 096
19 000	- 22.6	485	7.04	14.34	0.4791	0.5511	616	5 791
18 000	- 20.7	506	7.34	14.94	0.4994	0.5699	619	5 406
17 000	- 18.7	527	7.65	15.57	0.5203	0.5892	621	5 182
16 000	- 16.7	549	7.97	16.22	0.5420	0.6090	624	4 877
15 000	- 14.7	572	8.29	16.89	0.5643	0.6292	626	4 572
14 000	- 12.7	595	8.63	17.58	0.5875	0.6500	628	4 267
13 000	- 10.8	619	8.99	18.29	0.6113	0.6713	631	3 962
12 000	- 8.8	644	9.35	19.03	0.6360	0.6932	633	3 658
11 000	- 6.8	670	9.72	19.79	0.6614	0.7156	636	3 353
10 000	- 4.8	697	10.10	20.58	0.6877	0.7385	638	3 048
9 000	- 2.8	724	10.51	21.39	0.7148	0.7620	640	2 743
8 000	- 0.8	753	10.92	22.22	0.7428	0.7860	643	2 438
7 000	+ 1.1	782	11.34	23.09	0.7716	0.8106	645	2 134
6 000	+ 3.1	812	11.78	23.98	0.8014	0.8359	647	1 829
5 000	+ 5.1	843	12.23	24.90	0.8320	0.8617	650	1 524
4 000	+ 7.1	875	12.69	25.84	0.8637	0.8881	652	1 219
3 000	+ 9.1	908	13.17	26.82	0.8962	0.9151	654	914
2 000	+ 11.0	942	13.67	27.82	0.9298	0.9428	656	610
1 000	+ 13.0	977	14.17	28.86	0.9644	0.9711	659	305
0	+ 15.0	1013	14.70	29.92	1.0000	1.0000	661	0
- 1 000	+ 17.0	1050	15.23	31.02	1.0366	1.0295	664	- 305

Tab. 2: Mezinárodní standardní atmosféra [4]

Model standardní atmosféry vychází z předpokladu, že nulová výška je na úrovni průměrné výšky hladiny moře, v této nulové výšce je tlak vzduchu 1013,25 hPa, teplota vzduchu 15 °C (288,15 K), hustota vzduchu 1,225 kg/m³ a tíhové zrychlení 9,8066 m/s². Vertikální teplotní gradient je, v rozsahu od hladiny moře do výšky 11 000 metrů, roven -0,65 °C/100 m. Ve výšce 11 000 m je teplota vzduchu -56,5 °C (216,65 K), tlak vzduchu 226,32 hPa, hustota

vzduchu $0,36319 \text{ kg/m}^3$ a tíhové zrychlení $9,7727 \text{ m/s}^2$. Od výšky 11 000 do 20 000 m je teplotní gradient $0,0 \text{ °C/100 m}$, tedy izotermie. Ve výšce 20 000 m je teplota vzduchu stále $216,65 \text{ K}$, tlak vzduchu $54,748 \text{ hPa}$, hustota vzduchu $0,0880345 \text{ kg/m}^3$ a tíhové zrychlení $9,745 \text{ m/s}^2$. Teplotní gradient je ve výškách od 20 000 do 32 000 m $-0,1 \text{ °C/100 m}$, od 32 000 do 47 000 m $-0,28 \text{ °C/100 m}$ a od 47 000 do 51 000 m je teplota opět konstantní. [2]

MSA je zpracována ve formě tabulek a grafů a stanovuje číselné hodnoty parametrů atmosféry jako funkci geometrické výšky v rozsahu od 2 000 do 50 000 m. Parametry mezinárodní standardní atmosféry (teplota, tlak, hustota) lze poskytnout jako funkci nadmořské výšky (viz. Tab. 2). [4]

2.4. Letecký provoz

Letadlo je dle leteckého zákona č. 49/1997 Sb., o civilním letectví jako L2 „zařízení schopné vyvozovat síly nesoucí jej v atmosféře z reakcí vzduchu, které nejsou reakcemi vůči zemskému povrchu.“ [5] Označení „letadlo“ tak zahrnuje všechny stroje schopné letu nezávisle na zemském povrchu od balónů a vzducholodí přes padáky, rogala, vrtulníky, letouny až po rakety a raketoplány. V běžné komunikaci se ovšem pojmem „letadlo“ často používá jako synonymum pro slovo „letoun“, tedy motorový létající stroj těžší než vzduch s pevnými nosnými plochami.

Veškerý letecký provoz probíhá v atmosféře. V závislosti na druhu letadla jsou využívány různé letové hladiny – nízké do FL095 (přibližně 2 950 m), ve kterých létají především malá sportovní letadla, a vyšší po hladinu FL380 (přibližně 11 500 m), ve kterých se pohybují hlavně dopravní letouny. V hladinách vyšších než FL380 najdeme hlavně letouny armádní a výzkumné. Letovou hladinou se rozumí „*hladina konstantního atmosférického tlaku, vztažená ke stanovenému základnímu údaji tlaku 1013,2 hektopascalů (hPa) a oddělená od ostatních takových hladin stanovenými tlakovými intervaly.*“ [6] Přesná výška pohybu závisí na aktuálním stavu atmosféry.

Atmosféra jako prostředí, ve kterém se uskutečňuje veškerý letecký provoz, má na něj obrovský vliv, především na výkony pohonných jednotek a na velikosti aerodynamických sil. Rychlost a směr větru má vliv na všechny fáze letu, především na vzlet a přistání. Možnost vzletu a přistání taktéž závisí na dohlednosti a výskytu oblačnosti okolo letiště. Mezi nejnebezpečnější meteorologické jevy ovšem patří bouřky, prudké změny tlaku vzduchu, písek, popel, námraza a kroupy.

3. Dohlednost

V letectví je dohlednost jedním z nejdůležitějších meteorologických prvků. Přestože je úroveň letecké zabezpečovací techniky, především přistávacích systémů, vysoká, je vizuální srovnávací navigace všeobecně považována stále za nenahraditelnou, zejména v kritických fázích letu - klesání, přistání a vzletu. Limitující je potom pro všechny fáze letu podle VFR.

3.1. Definice a druhy dohlednosti

Obecně je dohlednost definována jako „vzdálenost, na kterou lze vidět a rozeznat černý předmět vhodných rozměrů umístěný u země, pokud je pozorován za denního světla proti obloze horizontu, nebo který je možné vidět a rozeznat v noci, pokud je umělé osvětlení na úrovni normálního denního světla.“[7]

V letecké meteorologii je však dohlednost definována těmito slovy: „pro letecké účely je za dohlednost považována větší z:

- a) největší vzdálenosti, na kterou je možno spolehlivě vidět a rozeznat na světlém pozadí černý předmět vhodných rozměrů umístěný u země; a
- b) největší vzdálenosti, na kterou je možno spolehlivě rozeznat na neosvětleném pozadí světla o svítivosti přibližně 1 000 cd.

Poznámka: Tyto dvě vzdálenosti jsou odlišné v atmosférických podmínkách charakterizovaných stejným koeficientem zeslabení (extinction coefficient). Vzdálenost b) kolísá v závislosti na intenzitě osvětlení pozadí. Vzdálenost a) objektivizuje meteorologický optický dosah (meteorological optical range (MOR)).“[6]

Dále můžeme definovat dohlednost meteorologickou, kterou definuje Meteorologický slovník výkladový a terminologický jako „ve dne největší vzdálenost, na kterou lze spolehlivě rozeznat černý předmět o úhlové velikosti mezi 0,5 až 5°, umístěný u země na pozadí mlhy nebo oblohy; v noci největší vzdálenost, na kterou jsou spolehlivě rozeznatelná světla určité stálé a směrově málo proměnlivé svítivosti.“[7]

Definovat musíme i dohlednost letovou: „dohlednost pozorovaná z kabiny letícího letadla ve směru letu. V oblacích druhu cirrus, cirrostratus a cirrocumulus bývá několik stovek metrů, v oblacích druhu altocumulusa altostratus desítky až stovky metrů a v základnách oblaků druhu cumulonimbus klesá někdy až na 10 metrů. Letová dohlednost se snižuje zejména pod vrstvami inverzí teploty vzduchu vlivem prachu, kouře a vodní páry. Ve vysokých

vrstvách troposféry a ve stratosféře lze letovou dohlednost určovat podle barvy oblohy a jasů hvězd. [7]

V rámci letecké meteorologie rozlišujeme a definujeme mimo jiné i tyto druhy dohlednosti:

- *„dohlednost šikmá – dohlednost ve směru odkloněném o určitý ostrý úhel od horizontální roviny. V letecké meteorologii se určuje z vyvýšeného bodu směrem k zemskému povrchu jako vzdálenost k nejdále viditelnému bodu na zemi. Šikmá dohlednost pozorovaná z kabiny letícího letadla ve směru přistání v závěrečné fázi letu je přistávací dohlednost. Šikmá dohlednost pozorovaná z letištní budovy Řízení letového provozu je věžová dohlednost.*
- *dohlednost převládající – v letecké meteorologii nejvyšší hodnota dohlednosti pozorovaná v souladu s definicí „Dohlednost“, které je dosaženo nejméně na polovině kruhového horizontu nebo nejméně na polovině letištní plochy. Tyto oblasti mohou tvořit spojitý sektor nebo mohou být složeny z několika nespojitých sektorů. Tato hodnota může být vyhodnocena pozorovatelem nebo přístrojovým systémem. K získání co nejlepšího odhadu převládající dohlednosti se tam, kde jsou instalovány, používají přístroje.*
- *dohlednost technická – vzdálenost, ve které lze bezpečně rozeznat světelné zdroje. Tato dohlednost je závislá nejen na průzračnosti atmosféry, ale také na intenzitě a barvě světla světelného zdroje. Používá se v letecké meteorologii.*
- *dohlednost vertikální – největší vzdálenost, na niž pozorovatel vidí a identifikuje objekt ležící na vertikále nad ním.* [7]

Pro účely práce je však nejdůležitější definovat dohlednost dráhovou. Dráhová dohlednost (RVR) je *„vzdálenost, na kterou může pilot letadla nacházejícího se na ose RWY vidět denní dráhové označení nebo návěstidla ohraničující RWY nebo vyznačující její osu.“* [6]

3.2. Určování dohlednosti a dráhové dohlednosti

Letecký předpis L5 definuje kilometry jako základní jednotky dohlednosti, při nízkých hodnotách pak metry. Dráhová dohlednost má však definované základní jednotky vždy metry. [11]

Dohlednost se během dne určuje pomocí vizuální metody, která používá tzv. plánek dohlednosti, na kterém jsou vyznačeny důležité orientační body v okolí meteorologické stanice, jejichž vzdálenost je předem známá a nacházejí se v různých směrech od stanice. Vzdálenost jednotlivých orientačních bodů na plánek dohlednosti se volí tak, aby vždy alespoň jeden z orientačních bodů byl od místa pozorování vzdálen 1 km a další minimálně

10 km, celkový počet orientačních bodů vzdálených méně než 10 km by však měl být maximálně deset. Hodnota dohlednosti určená tímto způsobem vyjadřuje nejmenší vzdálenost, na kterou je ještě možné orientační body dobře identifikovat. Metodika vizuálního určení dohlednosti v noci je podobná metodice určení dohlednosti ve dne s jedním rozdílem. Dohlednost v noci je určována pomocí světelných bodů o známé vzdálenosti, např. dráhových světel. Za vyhovující světelný bod je považován výhradně zdroj bílého světla. Pokud je k dispozici pouze nedostačující množství vyhovujících světelných bodů, provádí se určení dohlednosti v noci na základě závislosti dohlednosti na povětrnostních jevech, které ji ovlivňují. V tom případě je potřeba před soumrakem napřed určit dohlednost podle plánu dohlednosti denních orientačních bodů a následně pozorně sledovat výskyt a intenzitu povětrnostních jevů ovlivňujících dohlednost. Když nenastane žádná změna, lze uvádět totožnou hodnotu dohlednosti v noci s hodnotou, jaká byla před soumrakem. V případě jakékoliv změny je potřeba dohlednost určit podle Tab. 3.[8]

Jev	Intenzita jevu		
	slabá	mírná	silná
mlha	0,5 – 1	0,2 – 0,5	0,05
kouřmo nebo zákal	4 - 10	2 – 4	1 – 2
prachová bouře	-	1 – 2	1
mrholení	4 - 10	2 – 4	2
trvalý déšť	4 – 10 i více	-	-
přivalový déšť	0,5 – 1	0,2 – 0,5	0,05 – 0,2
sněžení	4 - 10	2 - 4	2
sněhová bouře	0,5 - 1	0,2 – 0,5	0,2
sněhová vánice	2 - 4	1 - 2	1
zvířený sníh	0,5 - 1	0,2 – 0,5	0,2

Tab. 3 Dohlednosti v noci [km][8]

„Jestliže se pro měření dohlednosti používá přístrojových systémů, dohlednost by měla být měřena přibližně ve výšce 7,5 ft nad úrovní dráhy.“ [9]

K přístrojovému měření dohlednosti a dráhové dohlednosti se používají transmissometry a měřiče dopředného rozptylu.[10]

V České republice se dráhová dohlednost určuje pouze pomocí přístrojových systémů. Z toho důvodu letecký předpis L3 definuje parametry jejího určování: *„Dráhová dohlednost musí být vyhodnocována z míst vzdálených maximálně 120 m vpravo nebo vlevo od osy dráhy. Místa pro provádění pozorování reprezentativních pro dotykovou zónu musí být umístěna podél dráhy ve vzdálenosti přibližně 300 m od prahu dráhy. Místa pro provádění pozorování reprezentativních pro střed a konec dráhy musí být umístěna podél dráhy ve vzdálenosti asi 1 000 m až 1 500 m od prahu dráhy a ve vzdálenosti přibližně 300 m od konce této dráhy. Přesná poloha těchto míst, případně poloha dalších přidavných míst, musí*

být určena po zvážení letecko-provozních, meteorologických a klimatologických faktorů, jako je délka dráhy nebo oblasti náchylné k častému výskytu mlh.“[9]

První skupinou měřičů jsou transmissometry neboli měřiče průzračnosti. Jsou to zařízení používané k určování meteorologické dohlednosti. Skládají se ze tří částí: vysílače světelných paprsků, počítače a registrační jednotky, přijímače světelných paprsků. Měří se s nimi zeslabení sondovacího paprsku po průchodu stanoveným sloupcem ovzduší. Ke generování paprsku slouží v optickém systému nejčastěji laserová dioda, přičemž úzký paprsek je směřován do přijímače, kde je obvykle elektronicky srovnávána intenzita vyslaného a po průchodu atmosférou zeslabeného paprsku. Délka sondovaného vzorku ovzduší bývá většinou desítky metrů.[7]

Vysílač s přijímačem jsou obvykle umístěny podle osy dráhy a jsou od sebe vzdáleny většinou 75 m. V tom případě se jedná o transmissometr s jednou základnou, tzv. single-base. Existují i transmissometry se dvěma základnami, tzv. double-base, kde je jedna základna dlouhá 10 m a druhá 75 m. Kratší základna slouží pro měření malých hodnot RVR. [2]

Druhou skupinou měřičů jsou měřiče dopředného rozptylu, tzv. forward scatterometry. Studium lidského zraku ukázalo, že propustnost neboli extinkční koeficient, který lze snadno vypočítat z propustnosti, je správným parametrem pro charakterizaci degradace vidění srážením nebo aerosoly. Na rozdíl od transmissometru měří měřič dopředného rozptylu malou část světla rozptýleného ze světelného paprsku do relativně úzkého úhlu rozptylu. Měření dopředného rozptylu je pak použito pro odhad extinkčního koeficientu. Rozptýlený signál je úměrný koeficientu extinkce.[10]

Vzhledem k tomu, že signál dopředného rozptylu závisí na hustotě a typu částic a geometrii přístroje, je kalibrace měřiče dopředného rozptylu stanovena empiricky, porovnáním výstupu snímače s měřením referenčního transmissometru za vhodných povětrnostních podmínek. Typický měřič dopředného rozptylu se skládá z vysílače a přijímače. V posledních několika desetiletích byla testována řada návrhů měřidel dopředného rozptylu. Současné návrhy vyřešily mnoho problémů, se kterými se setkávaly starší modely.[10]

Výhody měřiče dopředného rozptylu jsou malé rozměry a nízká hmotnost. Měřič dopředného rozptylu může snadno pokrýt celou řadu RVR jediným přístrojem. Měření dopředného rozptylu je relativně necitlivé na kontaminaci oken a měřiče obvykle nevyžadují časté čištění. Mezi nevýhody patří, že měřič dopředného rozptylu není samokalibrační. Musí být dodrženy přísné výrobní tolerance na geometrii rozptylu, aby se předešlo kolísání kalibrace

jednotky. Nežjištěné překážky oken snímače (např. zanesení sněhu) mohou mít za následek hlášení hodnot RVR vyšších než skutečných.[10]

3.3. Mlha

Mlha je jev zhoršující dohlednost a omezující létání. Je definována jako „*atmosférický aerosol tvořený malými vodními kapičkami (průměr pod 0,12 mm) nebo ledovými krystalky (mlha ledová), vzniká kondenzací vodní páry; vodorovná viditelnost snižena pod 1 km.*“[12]

Mlha vzniká v přízemní vrstvě ovzduší právě tehdy, když dochází k nasycení vzduchu vodní párou. Teplota vzduchu se snižuje až na teplotu rosného bodu, a tím nastávají vhodné podmínky pro dlouhotrvající kondenzaci vodní páry. Vertikální mohutnost mlhy bývá od několika desítek centimetrů až po stovky metrů, v ojedinělých případech pak 1 až 2 km.[2]

Podle způsobů vzniku dělíme mlhu [2]:

- radiační mlha;
- advekční mlha;
- frontální mlha;
- místní mlha.

Bezoblačné počasí a velmi slabý přízemní vítr jsou příhodné podmínky pro vznik radiační mlhy. Vzniká ochlazením vzduchu od zemského povrchu, který se v noci vlivem vyzařování ochlazuje. Teplota vzduchu se poklesem přibližuje k rosnému bodu, až dojde ke stavu nasycení a vzniku radiační mlhy. Nejobvyklejší místa vzniku radiačních mlh jsou údolí a níže položená místa, kam proniká ochlazený vzduch z okolí. [1]

Advekční mlhy vznikají, pokud teplý a vlhký oceánský vzduch proudí nad prochlazený zemský povrch, teplota zemského povrchu je nižší než rosný bod proudícího vzduchu, a proto jeho vlhkost kondenzuje. Tyto mlhy vznikají nezávisle na denní době, mají obvykle velikou plochu i vertikální mohutnost a trvají dlouho.

Frontální mlhy vznikají při styku dvou vzduchových hmot odlišných charakterů. Dělí se na předfrontální mlhu (vzniká vypařováním srážek vypadávajících z teplé fronty a propadávajících do oblasti před studenou frontu) a zafrontální mlhu (vzniká vypařováním srážek vypadávajících z teplé fronty a propadávajících do oblasti za studenou frontu). Frontální mlhy postupují s frontami, netrvají na určitém místě dlouho, ale zabírají velkou plochu.

Místní mlhy vznikají výstupem vzduchu na návětrné straně horského masivu kondenzací vodní páry. Mohou trvat několik hodin i dní.

Další druh mlhy je mlha z vypařování, která vzniká nad rozlehlými vodními plochami vypařováním teplejší vody z povrchu plochy do chladnějšího vzduchu. [2]

4. Vliv dohlednosti na provoz letadel

Celý průběh letu je závislý na meteorologických podmínkách, nejovlivnitelnější fáze letu jsou však vzlet a přistání. Podle pravidel ICAO jsou stanoveny meteorologické podmínky, za kterých se může létat. Definují i tzv. minima, minimální hodnoty parametrů, potřebná pro uskutečnění letu. Hlavním z těchto parametrů je dohlednost.

4.1. Druhy provozu

Existují dva základní druhy pravidel leteckého provozu – VFR (visual flight rules) a IFR (instrument flight rules).

VFR neboli pravidla pro let za dohlednosti se používají pro druh provozu, během kterého pilot vidí z kokpitu ven a orientuje se podle tzv. srovnávací navigace (porovnání vizuálního vjemu s mapovými podklady). S výjimkou zvláštních letů VFR, jejichž uskutečnění je vázáno na řízení okrsky, se lety VFR musí provádět tak, aby letadlo letělo při dohlednosti a ve vzdálenosti od oblaků stejné nebo větší, než je stanoveno v Tab. 4 podmínek VMC (visual meteorological conditions).[13][17]

Tab. 4 [14] „Minima VMC dohlednosti a vzdálenosti od oblačnosti pro let za viditelnosti (*)

Pásmo nadmořské výšky	Třída vzdušného prostoru	Letová dohlednost	Vzdálenost od oblačnosti
3 050 m (10 000 ft) nad střední hladinou moře a více	A (**) B C D E F G	8 km	1 500 m horizontálně 300 m (1 000 ft) vertikálně
Pod 3 050 m (10 000 ft) nad střední hladinou moře a nad 900 m (3 000 ft) nad střední hladinou moře nebo více než 300 m (1 000 ft) nad terénem, podle toho, která z výšek je větší	A (**) B C D E F G	5 km	1 500 m horizontálně 300 m (1 000 ft) vertikálně
900 m (3 000 ft) nad střední hladinou moře a méně nebo 300 m (1 000 ft) nad terénem, podle toho, která z výšek je větší	A (**) B C D E	5 km	1 500 m horizontálně 300 m (1 000 ft) vertikálně
	F G	5 km (***)	Mimo oblačnost a za viditelnosti země

(*) Kde je převodní výška nižší než 3 050 m (10 000 ft) nad střední hladinou moře, musí se použít letová hladina 100 namísto 10 000 ft.

(**) Minima VMC dohlednosti a vzdálenosti ve vzdušném prostoru třídy A jsou uvedena jako vodítko pro piloty a neznamenají přijetí letů VFR ve vzdušném prostoru třídy A.

(***) Když je tak předepsáno příslušným úřadem:

a) lety při snížené letové dohlednosti, ale ne nižší než 1 500 m, se smí provádět:

- 1) při rychlostech 140 kt IAS a nižších, které poskytnou přiměřenou možnost včas spatřit jiný provoz nebo překážky v čase tak, aby bylo možno se vyhnout srážce, nebo
 - 2) za okolností, při kterých pravděpodobnost setkání s jiným provozem by byla normálně malá, např. v prostorech s malou hustotou provozu nebo při leteckých pracích v nízkých hladinách;
- b) lety VRTULNÍKŮ při letové dohlednosti nižší než 1 500 m, ale ne nižší než 800 m, se smí provádět, jestliže manévrují rychlostí, která poskytne přiměřenou možnost včas spatřit jiný provoz nebo překážky v čase tak, aby bylo možno se vyhnout srážce.“[14]

IFR neboli pravidla pro let podle přístrojů popisuje letecký předpis L 2, Hlava 5. Všechna letadla musí být vybavena žádoucími přístroji, radionavigačními přístroji pro let IFR a trať, kterou má letadlo letět. Během letů IFR musí být splněny podmínky IMC (instrument meteorological conditions), tedy meteorologické podmínky pro let podle přístrojů, za těchto podmínek není třeba vizuálního kontaktu pilota s terénem, nejedná-li se o vzlet a přistání. [15]

4.2. Kategorie přesného přístrojového přiblížení ICAO

Podle ICAO existují 3 kategorie (CAT) přesného přístrojového přiblížení: CAT I, CAT II a CAT III (A, B, C).

Kategorie	DH výška rozhodnutí	RVR dráhová dohlednost	VIS dohlednost
CAT I	≥ 200 ft	≥ 550 m	≥ 800 m
CAT II	200 ft ≥ DH ≥ 100 ft	≥ 300 m	
CAT IIIA	≤ 100 ft	≥ 200 m	
CAT IIIB	≤ 50 ft	200 m ≥ RVR ≥ 50 m	
CAT IIIC	0 ft	bez omezení	

Tab. 5 Kategorie přístrojového přiblížení ICAO[16]

4.3. Postupy za nízké dohlednosti

Pokud je dohlednost snížena vlivem počasí, jsou na letišti přijaty tzv. postupy za nízké dohlednosti LVP (Low Visibility Procedures). Ty mají zajistit bezpečný provoz na letišti během trvání nepříznivých podmínek.

LVP je soubor provozních postupů, užívaných při zhoršení dohlednosti pod stanovené limity. Tyto postupy zajišťují bezpečnost pro letecký provoz operující v dané oblasti u přiblížení na přistání, přistání i vzletu, kterých se zhoršená dohlednost bezprostředně týká. Dané postupy a podmínky zahrnují [21]:

- provozní postupy
Provozní postupy zahrnují standardní postupy LVP shodné pro všechna letiště i postupy definované pro konkrétní letiště na základě jeho vlastností.
- vybavení letišť
Certifikovaná přibližovací zařízení, která lze při LVP použít (ILS, MLS, atd.). Dráhová a přibližovací světelná soustava včetně svých náhradních zdrojů energie. A systém měřící dráhovou dohlednost a přístroj na měření směru a rychlosti větru.
- vybavení letadel
Provoz LVP využívá přiblížení CAT II nebo CAT III, proto vyžadováno, aby letadlo bylo certifikováno a vybaveno pro tato přiblížení. Mezi potřebné vybavení patří například autopilot, flight director nebo pro CAT III autoland.
- způsobilost posádky
Pilot musí být způsobilý pro přiblížení CAT II/III. Obecně by měl mít znalosti dle požadavků předpisů a také dostatek zkušeností.

5. Letecké meteorologické zprávy METAR a SPECI

Ucelený soubor informací, zapsaných zkratkami a mezinárodními kódy, o aktuálním nebo předpovídaném stavu počasí nazýváme meteorologická zpráva. Tyto zkratky a kódy jsou univerzální (globální), proto jim rozumí všichni uživatelé napříč všemi národnostmi. Zprávy mají písemnou nebo elektronickou formu. Mezi letecké meteorologické zprávy zařazujeme zprávu METAR (Meteorological Aviation Report), zprávu SPECI, SNOWTAM atd.[2]

Pravidelná letecká meteorologická zpráva METAR obsahuje informace o aktuálních hodnotách meteorologických veličin na pozorovaném letišti, může k ní být připojena i přistávací předpověď TREND. Zpráva METAR má platnost 30 nebo 60 minut; pokud během této doby dosáhnou nebo překročí některé z měřených meteorologických veličin stanovenou hranici, je vydána mimořádná zpráva SPECI. Tato zpráva informuje o změně od posledního pravidelného hlášení. Zprávy METAR a SPECI jsou v podstatě identické a jejich kódování a struktura je uvedena v Tab. 6.[1]

Název kódu METAR (SPECI) se řadí jako úvodní slovo u jednotlivých zpráv. Následuje ICAO kód letiště, den a čas pozorování. Samotnou zprávou se rozumí zpráva bez telekomunikačního záhlaví.[2]

část kódu	význam a vysvětlení
	označení letiště, času
METAR LKPR 130600Z	označení zprávy; kód letiště ICAO datum 13. v daném měsíci, čas 0600, písmeno Z označuje UTC
	větr
24007KT další varianty: VRB03KT 27010G25KT 120V270 00000KT	240 znamená, že vítr fouká ze směru 240°, hodnoty 07 udává rychlost větru, KT označuje jednotky knots (uzly), MPS (m/s) a KMH (km/h) VBR označuje proměnlivý vítr G označuje nárazy větru, 25 je hodnota rychlosti nárazů označuje kolísání větru o více než 60°, v rozmezí 120° až 270° označuje bezvětří
	dohlednost
5000 další varianty: 9999 1000W 3000E 0300 R24/0500U R06/1200D R06/0800N R31/P1500	dohlednost 5000 m označuje dohlednost 10 km a více v různých směrech je různá dohlednost; 1000 m na západ, 3000 m na východ dohlednost 300 m dráhová dohlednost na dráze 24 je 500 m a zvyšuje se dráhová dohlednost na dráze 06 je 1200 m a zhoršuje se dráhová dohlednost na dráze 06 je 800 m a nemění se dráhová dohlednost na dráze 31 je vyšší než 1500 m
	počasí
RA RERA	zkratka význačného počasí viz Tab. 7 od posledního pozorovacího termínu, kdy bylo význačné počasí, toto počasí skončilo

oblačnost	
FEW033	množství FEW ve výšce 3300 feet (stop) nad zemí; údaj výšky je vždy ve stovkách stop nad zemí; množství oblačnosti se vyjadřuje: skc 0/8 few 1/8 až 2/8 sct 3/8 až 4/8 bkn 5/8 až 7/8 ovc 8/8
SCT025CB NSC CAVOK	údaj o výskytu oblaku cumulonimbus nevyskytuje se žádná význačná oblačnost (NSC = no significant clouds) zkratka clouds and visibility OK, používá se při splnění těchto podmínek: dohlednost nad 10 km, oblačnost (pokud se vyskytuje) je ve výšce 1500 m nad zemí nebo výš, nevyskytuje se oblak CB a není žádné význačné počasí
teplota vzduchu	
03/01 05/M01 M00/M02	teplota 3 °C, teplota rosného bodu 1 °C teplota 5 °C, teplota rosného bodu -1 °C teplota tzv. -0 °C (rozsah -0,1 °C až -0,5 °C), teplota rosného bodu -1 °C
údaj o tlaku vzduchu QNH	
Q0998 Q2993	letištní tlak QNH mám hodnotu 998 hPa používá se v USA tlak je uveden v mm Hg; 29,93 mm
údaj o stříhu větru	
WS RWY31	zpráva od posádek letadel o stříhu větru při přiblížení; stříh větru před prahem dráhy 31
brzdící účinky a stav dráhy	
24450129	vyčíslení brzdících účinků na dráze 24
přistávací předpověď typu TREND	
FM0800 TL0830 TEMPO BECMG NOSIG	předpověď platí od 8.00 UTC do 8.30 UTC, není-li tento údaj uveden, automaticky platí předpověď po dobu 2 hodin od vydání zprávy METAR znamená temporary = dočasně (jev, uvedený v přistávací předpovědi, bude mít kratší trvání, než jaká je doba předpovědi) znamená becoming = přicházející (jen nastane v průběhu platnosti přistávací předpovědi) neočekává se žádná změna současného stavu počasí
poznámka	
RMK REG QNH 1017	remark = poznámka regionální QNH má hodnotu 1017 hPa

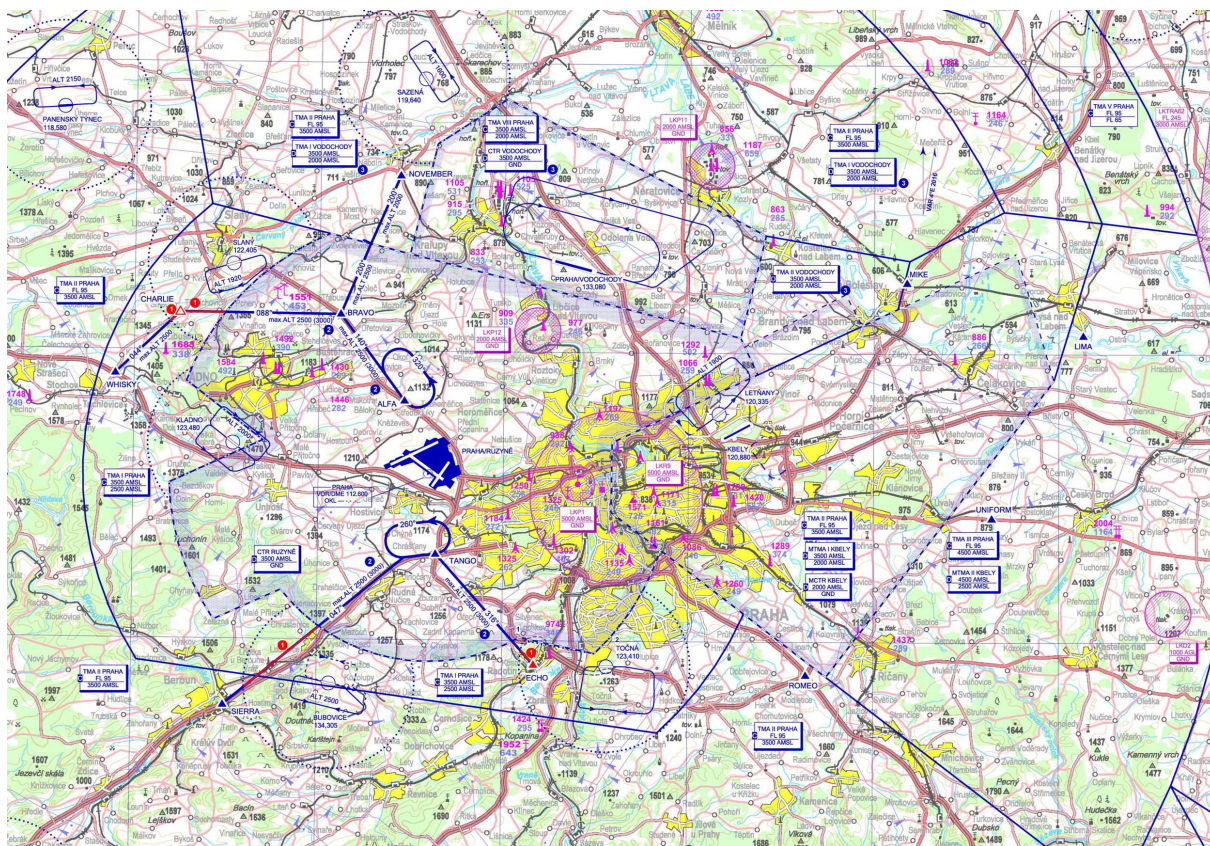
Tab. 6 Struktura zprávy METAR a SPECI [1]

-	označuje slabou intenzitu jevu
bez symbolu	označuje mírnou intenzitu jevu
+	označuje silnou intenzitu jevu
VC	v blízkosti letiště
JEVY	
MI	přízemní
BC	pásky, chuchvalce

PR	částečně zakrývající letiště
TS	bouřka
BL	zvířený
SH	přeháňka
DR	nízko zvířený
FZ	namrzající
SRÁŽKY	
DZ	mrholení
RA	déšť
SN	sněžení
SG	sněhová zrna
IC	sněhové jehličky
PL	zmrzlý déšť
GR	kroupy
GS	krupky, sněhová zrna
JEVY DOHLEDNOSTI	
BR	kouřmo
HZ	zákal
FG	mlha
FU	kouř
VA	vulkanický popel
SA	písek
DU	prach
JINÉ	
SQ	húlava
SS	písečná vichřice
DS	prachová vichřice
FC	tornádo, tromba
PO	písečné či prachové jevy

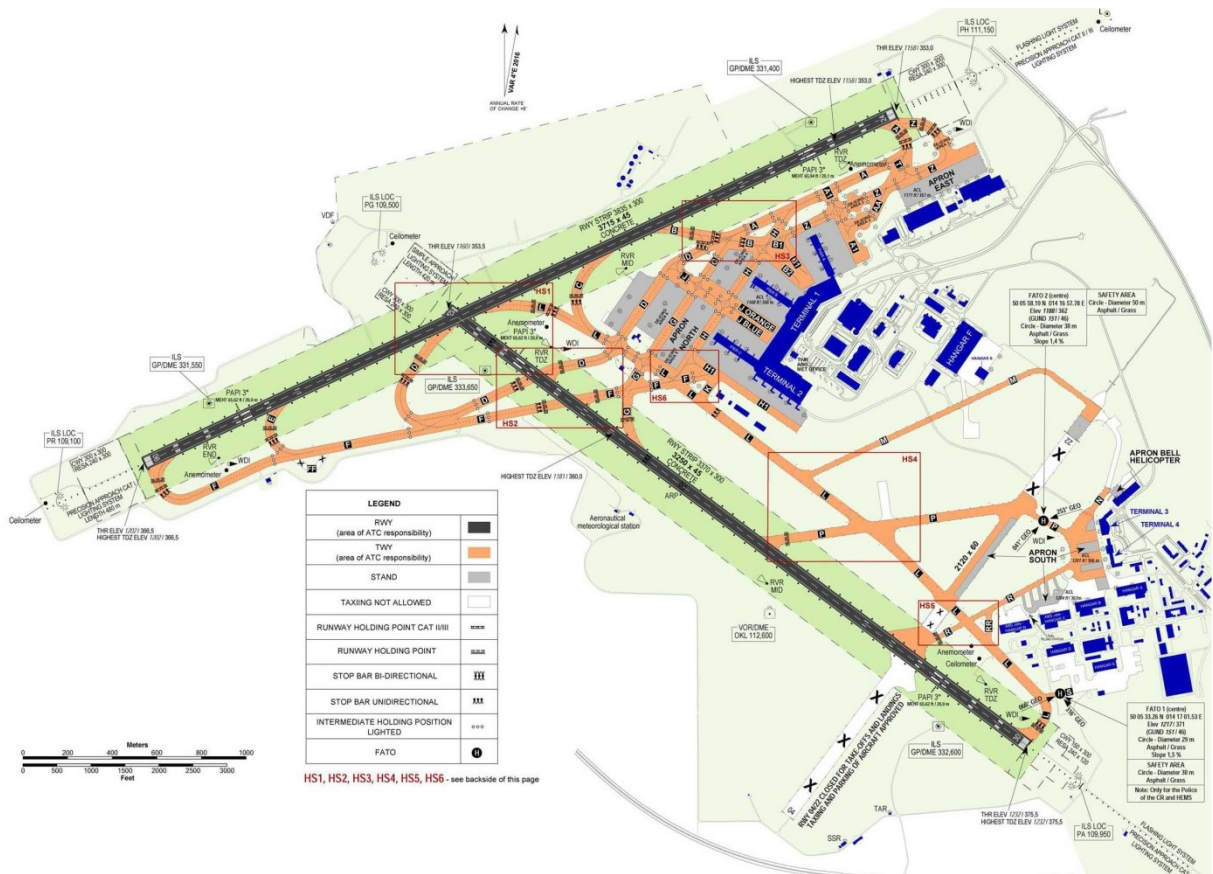
Tab. 7 Zkratky a povětrnostní jevy ve zprávách METAR a TAF [1]

6. Letiště Václava Havla



Obr. 2 Mapa LKPR[18]

Letiště Václava Havla, které se do října 2012 jmenovalo letiště Praha Ruzyně, je veřejné civilní letiště určené pro mezinárodní, ale i vnitrostátní letecký provoz, pro pravidelnou i nepravidelnou leteckou dopravu. Letiště Václava Havla má podle ICAO označení LKPR a podle IATA označení PRG. Provoz probíhá dle pravidel IFR i VFR. Dráhový systém se skládá celkem ze tří vzletových a přistávacích drah (VPD), jejichž uspořádání je vidět na Obr. 2 a 3. Standardně se pro většinu provozu využívá hlavní dráha 06/24 (RWY 06/24) při tzv. západním provozu, kdy vítr fouká ze západních směrů. V některých přesně definovaných případech je však Řízení letového provozu nuceno využívat tzv. východní provoz nebo převést část či celý provoz na vedlejší dráhu (RWY 12/30). Poslední dráha 04/22 je trvale uzavřena pro přistání i vzlety a používá se k parkování letadel.[19][20]



Obr. 3: Schéma LKPR[18]

RWY 06/24 i RWY 12/30 jsou vybavené systémem ILS. RWY24 je vybavena pro CAT IIIB přesného přístrojového přiblížení, zatímco RWY6, RWY12 a RWY30 patří do CAT I. Navzdory kategorizaci jednotlivých drah, je letiště kategorizováno podle nejlépe vybavené dráhy. Z toho důvodu spadá letiště Václava Havla do CAT IIIB podle ICAO.[19]

7. Analýza dráhové dohlednosti na Letišti Václava Havla

Dráhová dohlednost má svůj roční chod a denní chod, který se v průběhu roku mění. Je závislá na povětrnostní situaci, oblačnosti a charakteru povrchu. Pro Letiště Václava Havla byl z pravidelných zpráv METAR a mimořádných zpráv SPECI z let 2012 až 2017, které byly získány bezplatně z ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav), stanoven roční chod minimálních hodnot dráhové dohlednosti a denní chody dráhové dohlednosti v jednotlivých měsících v závislosti na čase uvedeném v UTC (Coordinated Universal Time).

7.1. Denní chod dráhové dohlednosti

Dráhová dohlednost se v průběhu dne mění především v závislosti na slunečním záření, závisí ale také na druhu přetrvávající vzduchové hmoty. V teplé části roku, tedy v letních měsících bývá průměrná hodnota dráhové dohlednosti vyšší než 9000 m, zatímco v zimních měsících je průměrná hodnota nižší, orientačně 7000 m až 8000 m. Nejvyšší hodnota uváděna ve zprávách METAR a SPECI je 9999, která znamená, že je dráhová dohlednost 9999 m a vyšší.

Při zpracování bylo nejprve nutné všech cca 110 000 datových údajů naimportovat do tabulkového procesoru Microsoft Excel, ve kterém zpracování probíhalo. Poté byl vypočítán aritmetický průměr dráhové dohlednosti pro daný časový interval daného měsíce a daný rok. Aritmetický průměr \bar{x} je „součet hodnot znaku zjištěných u všech jednotek souboru.“[22]

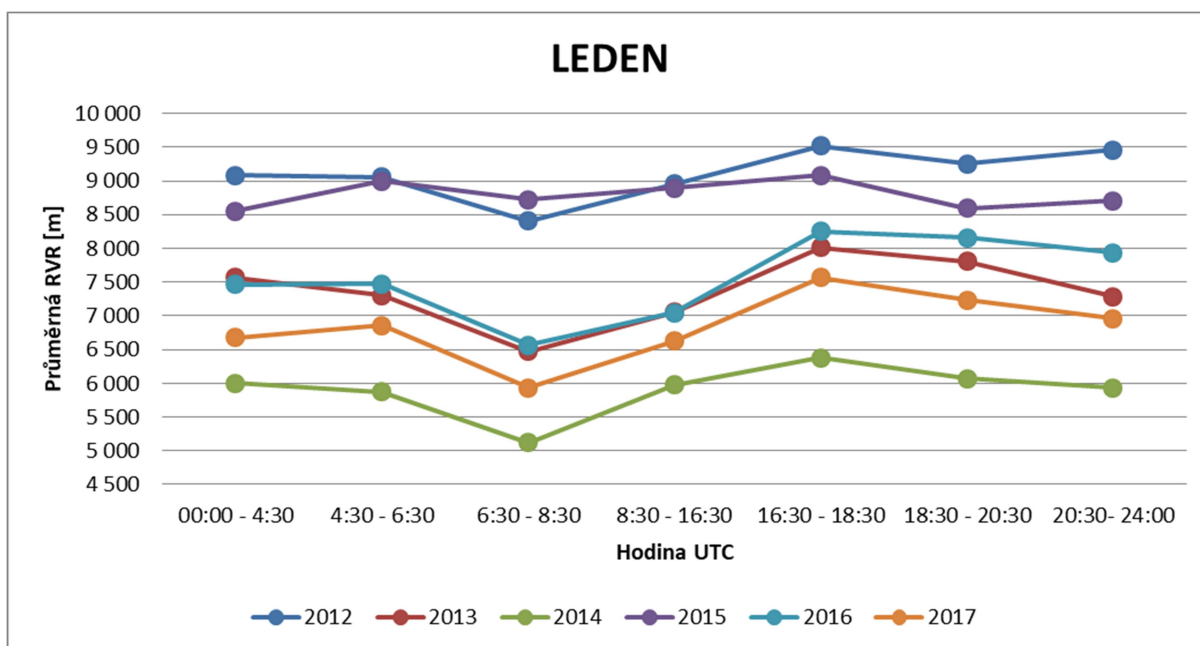
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Tyto hodnoty byly později graficky zpracovány a jsou zobrazeny v grafech 1, 3, 5 až 23, v nichž jsou znázorněny denní chody dráhové dohlednosti v jednotlivých měsících pro celé zkoumané období. V každém grafu je zanesena průměrná hodnota dohlednosti v daných časových intervalech.

Dále byla vypočítána směrodatná odchylka od průměru 2σ , která je zanesena a ukázána v grafech 2, 4, 6, až 24. Směrodatná odchylka je definována jako druhá odmocnina rozptylu σ^2 . „Rozptyl je mírou variability náhodné veličiny.“[23] Směrodatná odchylka má jednotky zkoumané veličiny a se vypočítá podle vzorce:[24]

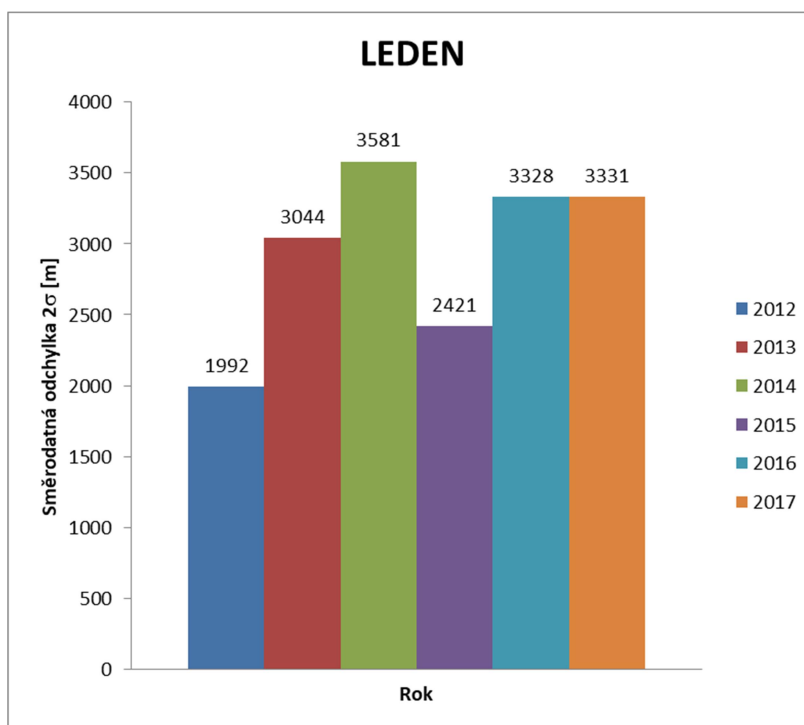
$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

7.1.1. Leden



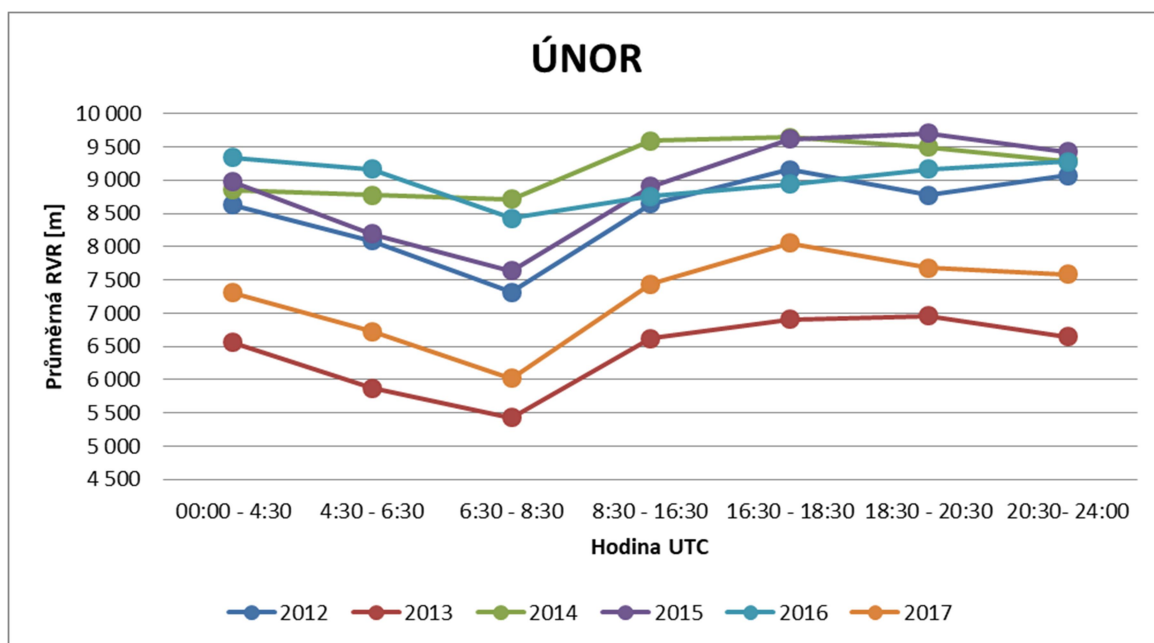
Graf 1.: Denní chod RVR v lednu (2012 – 2017)

V lednu byla nejhorší průměrná dráhová dohlednost v roce 2014, kdy klesla mezi 6:30 a 8:30 UTC k hranici 5000 m. V tomto roce byly zároveň zaznamenány i největší výkyvy, kdy směrodatná odchylka průměru 2σ dosáhla hodnoty 3581 m. Minima křivek denního chodu se nacházejí v intervalu od 6:30 do 8:30.



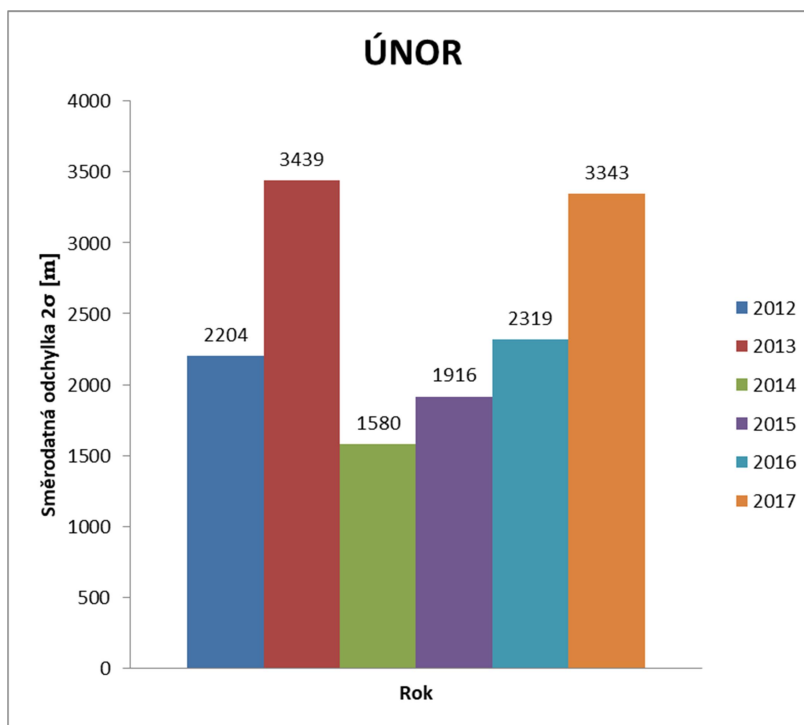
Graf 2.: Lednové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.2. Únor



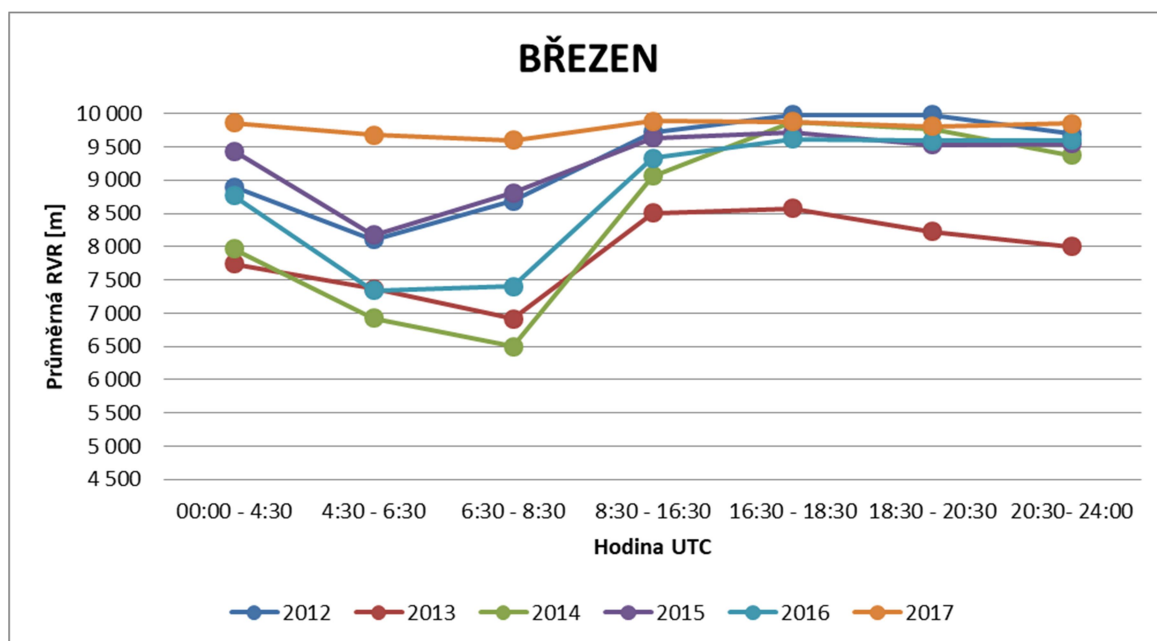
Graf 3.: Denní chod RVR v únoru (2012 – 2017)

V únoru byla nejhorší průměrná dráhová dohlednost v roce 2013, kdy klesla mezi 6:30 a 8:30 UTC pod 5500 m se směrodatnou odchylkou od průměru 2σ rovnou hodnotě 3439 m. Při porovnání průběhu křivek v únorovém a lednovém grafu denního chodu můžeme pozorovat jistou podobnost. Křivky mají téměř shodný průběh, pouze probíhají v jiném rozmezí dráhové dohlednosti.



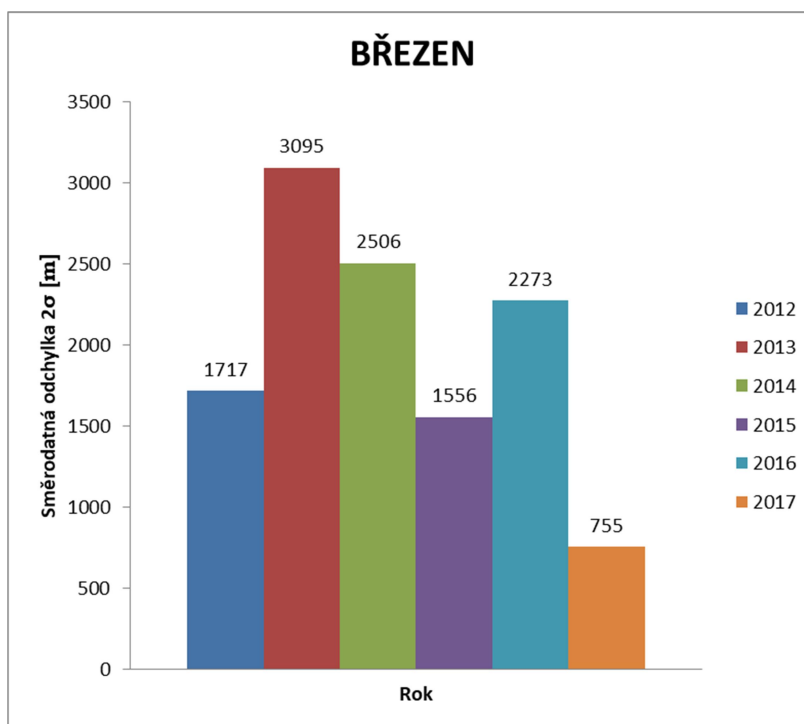
Graf 4.: Únorové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.3. Březen



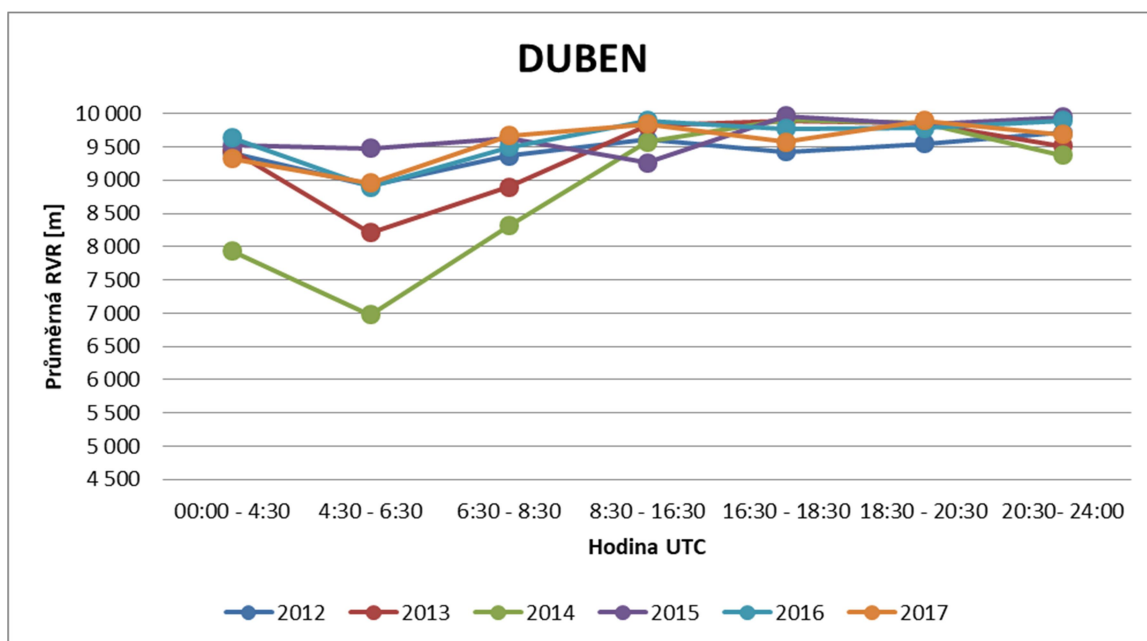
Graf 5.: Denní chod RVR v březnu (2012 – 2017)

V březnu můžeme pozorovat změnu v průběhu křivek denního chodu dráhové dohlednosti. Mají již jedno ostřejší minimum a to buď v intervalu 4:30 – 6:30, anebo v intervalu 6:30 – 08:30. Z grafu je patrné, že nejnižší průměrná dráhová dohlednost byla v březnu 2013. Zatímco nejvyšší průměrná dráhová dohlednost byla v roce 2017.



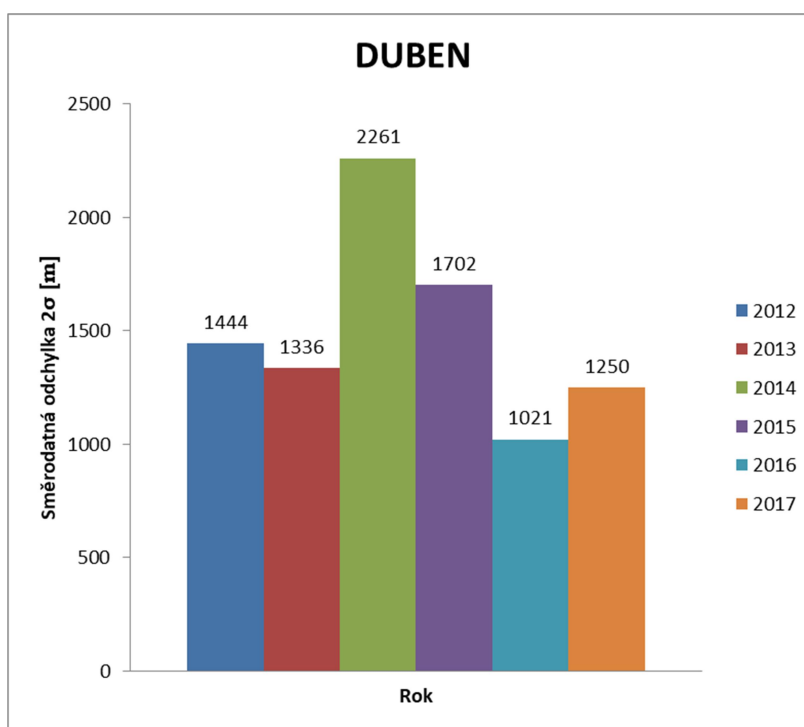
Graf 6.: Březnové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.4. Duben



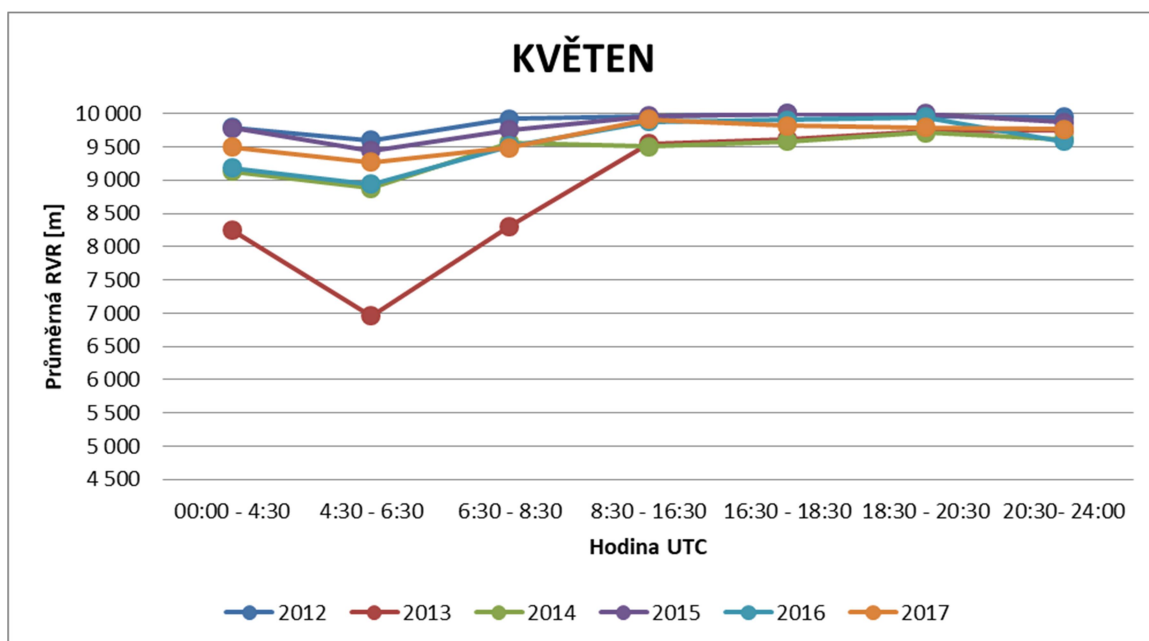
Graf 7.: Denní chod RVR v dubnu (2012 – 2017)

V dubnovém grafu můžeme pozorovat v intervalu 4:30 – 6:30 jedno ostré minimum v roce 2014, kdy průměrná dráhová dohlednost klesá pod 7000 m se směrodatnou odchylkou 2261 m a druhé minimum v roce 2013, které již nebylo příliš ostré, a průměrná hodnota klesla k 8000 m. Kromě těchto propadů je průběh křivek konstantní nad 9000 m.



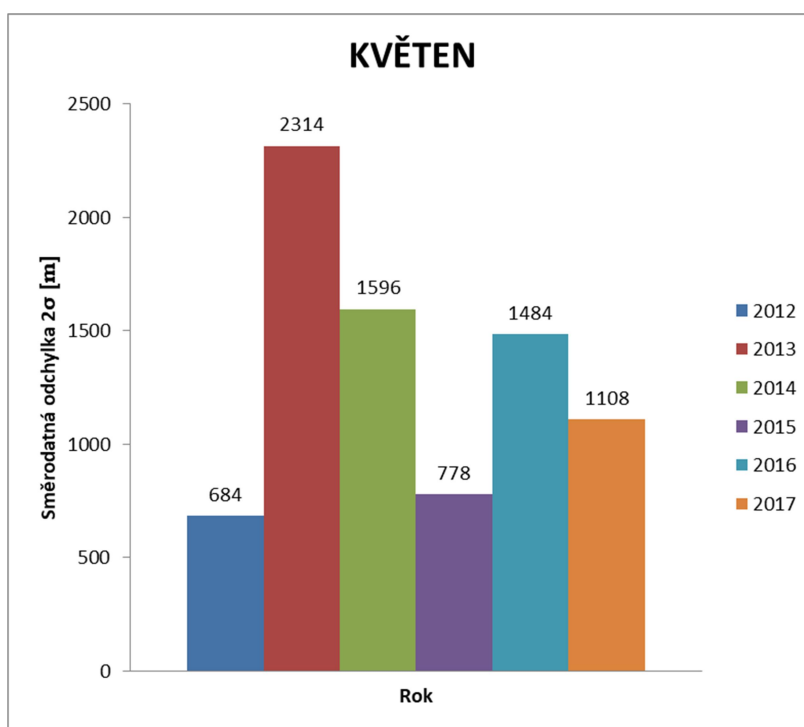
Graf 8.: Dubnové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.5. Květen



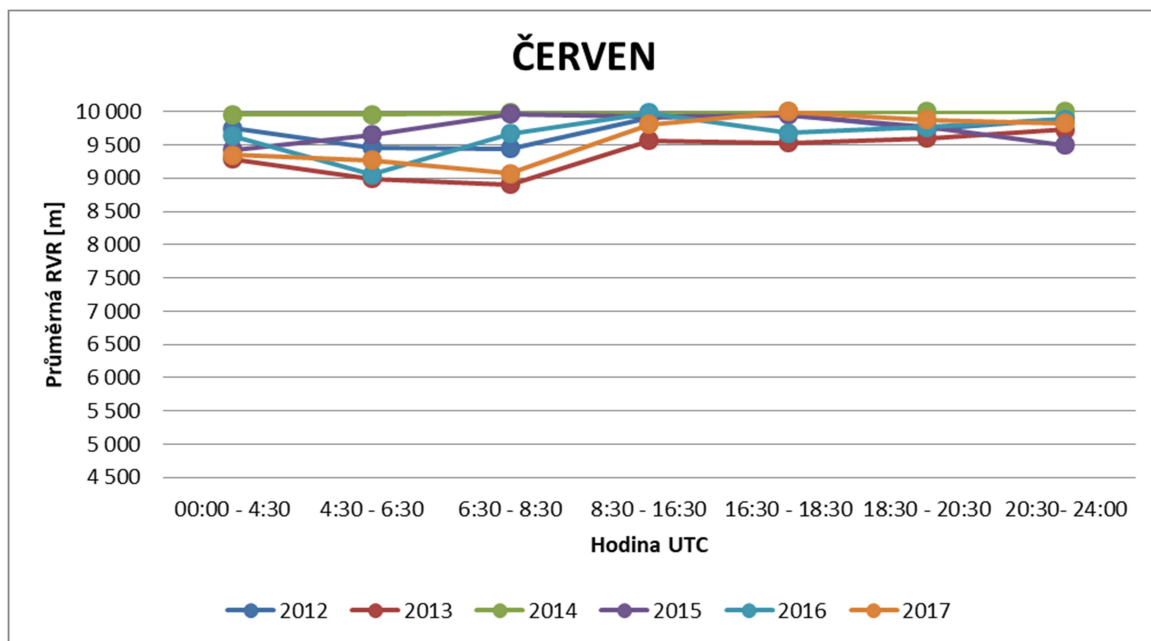
Graf 9.: Denní chod RVR v květnu (2012 – 2017)

V květnu 2013 je jediný hlubší pokles průměrné dráhové dohlednosti. Tento pokles je v intervalu 4:30 – 6:30 a klesá pod hodnotu 7000 m. Variace hodnot, tedy směrodatná odchylka je zároveň v roce 2013 nejvyšší a dosahuje 2314 m. Kromě roku 2013 nabývá průměrná dráhová dohlednost hodnot vyšších než 9000 m.



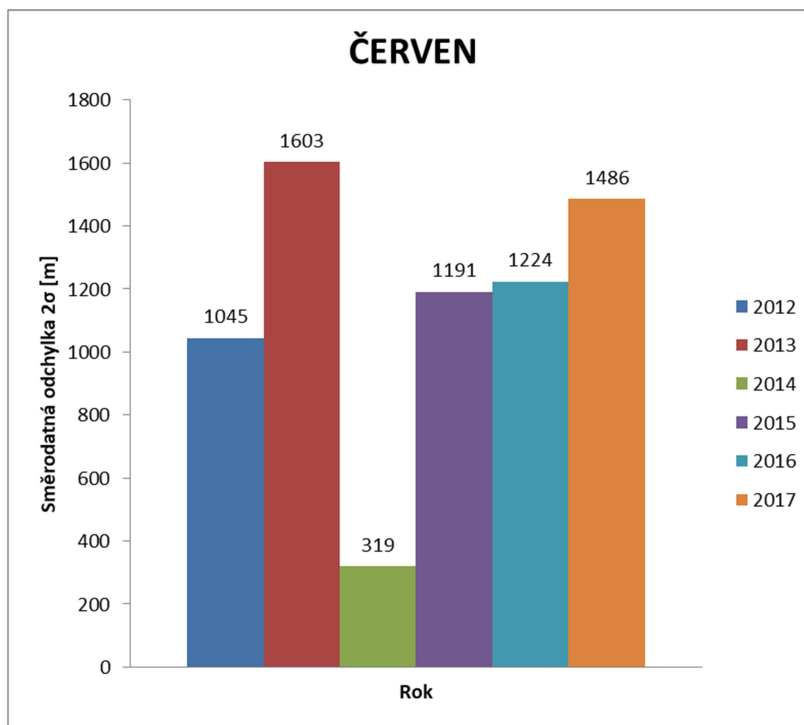
Graf 10.: Květnové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.6. Červen



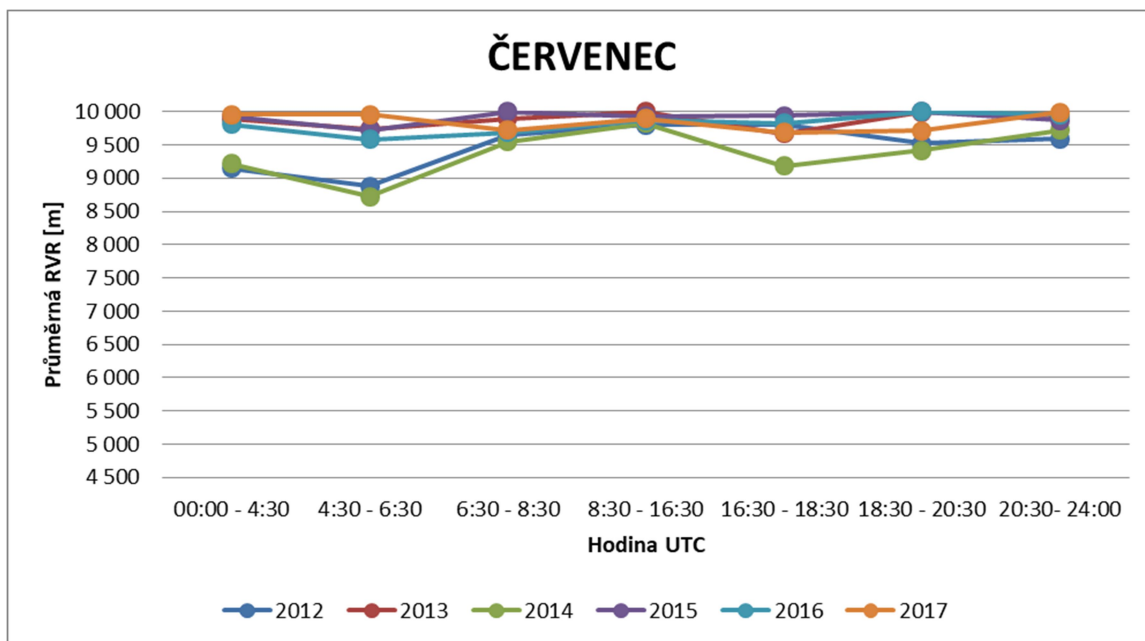
Graf 11.: Denní chod RVR v červnu (2012 – 2017)

Červnová průměrná dráhová dohlednost je ve zkoumaném období celkově konstantní a dosahuje hodnot vyšších než 9000 m. Nejvyšších hodnot nabývá průměrná dráhová dohlednost v roce 2014. Rozptyl hodnot ovšem ve sledovaném období kolísá. Směrodatná odchylkou byla nevyšší v roce 2013. Naopak hodnoty vykazovaly největší stabilitu v roce 2014, kdy směrodatná odchylka dosáhla pouze 319 m.



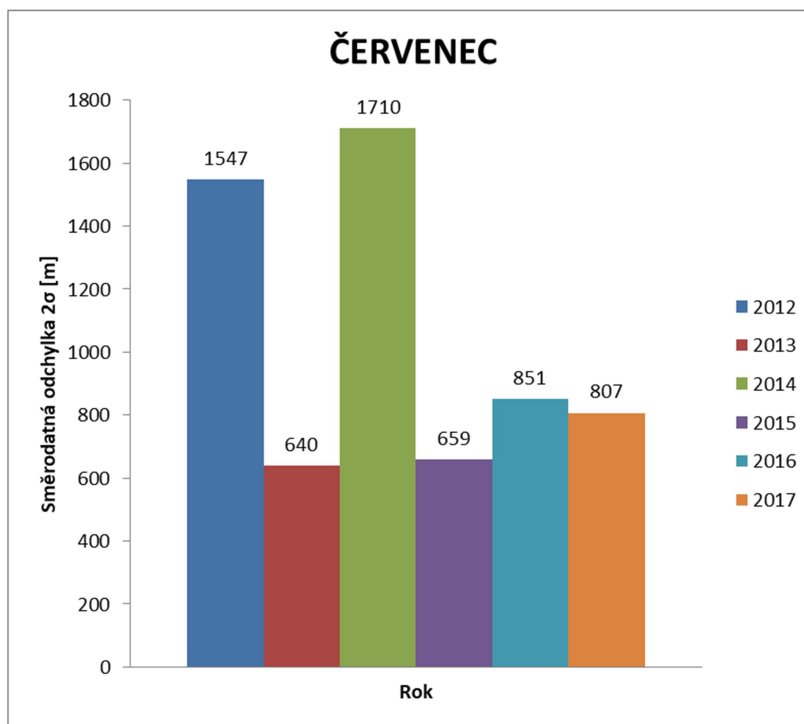
Graf 12.: Červnové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.7. Červenec



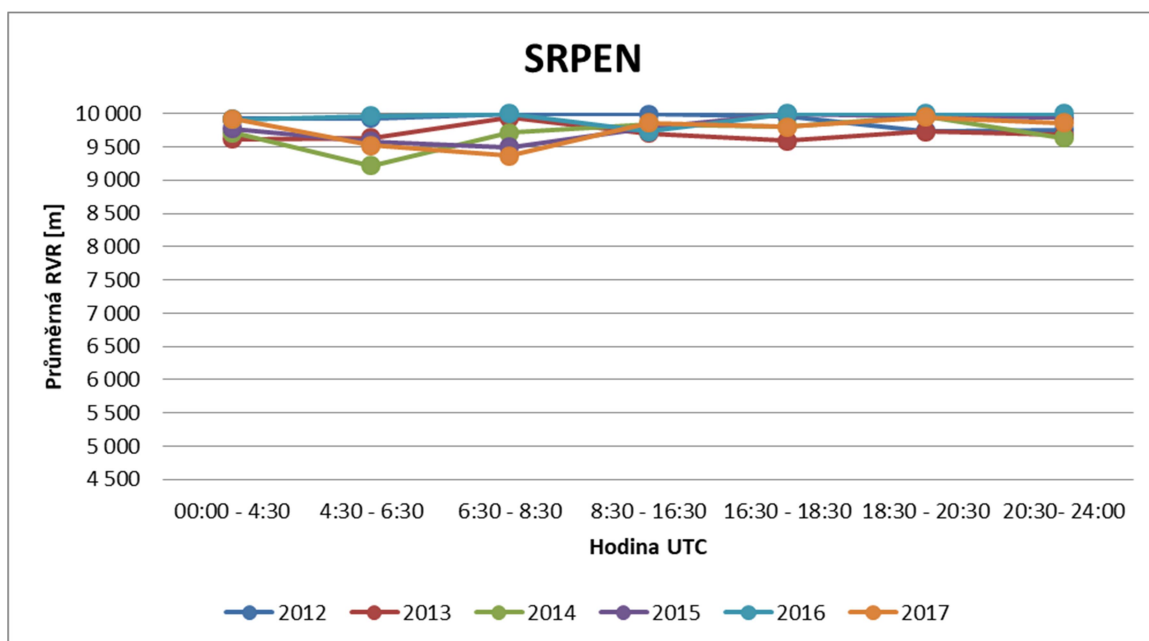
Graf 13.: Denní chod RVR v červenci (2012 – 2017)

V červenci vyčnívá rok 2012 a rok 2014, kdy průměrná dráhová dohlednost lehce klesá na 9000 m v intervalu 4:30 – 6:30. Směrodatné odchylky mají hodnotu nižší než 1000 m, kromě výše zmíněných let, ve kterých je odchylka vyšší než 1500 m.



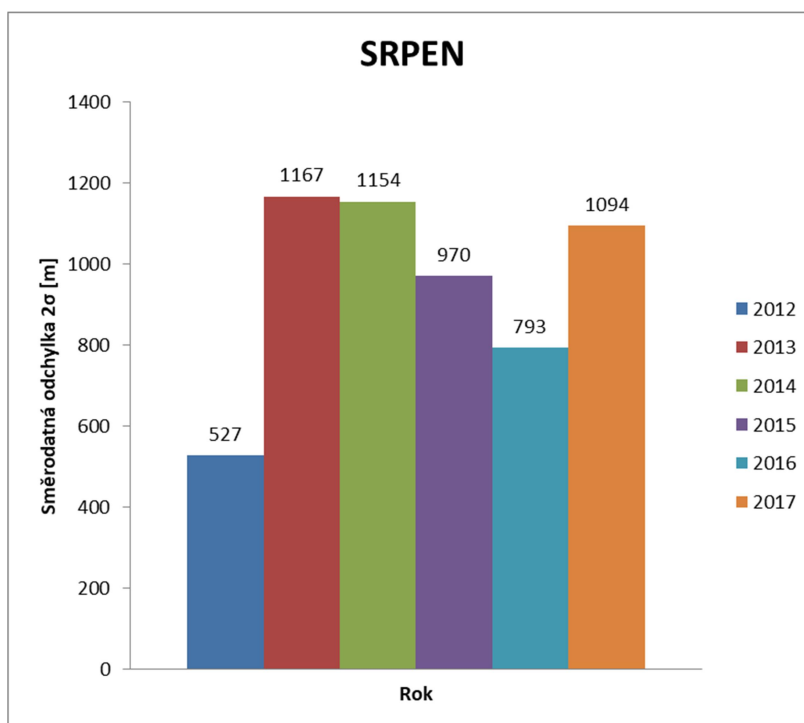
Graf 14.: Červencové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.8. Srpen



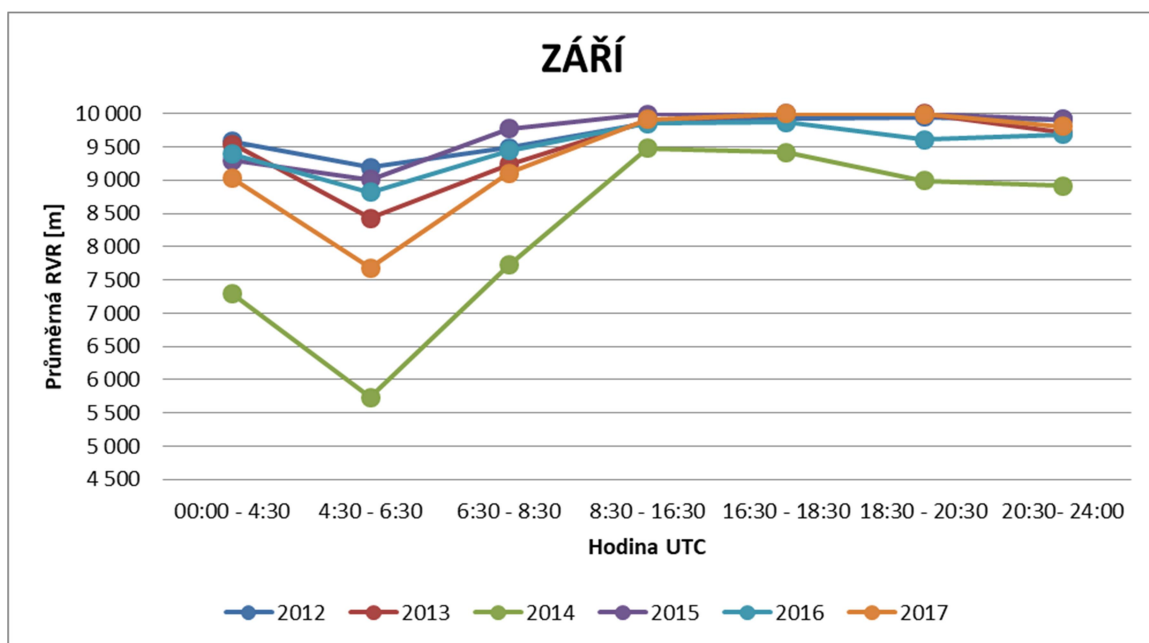
Graf 15.: Denní chod RVR v srpnu (2012 – 2017)

Červenec i srpen se vyznačují vysokou průměrnou dráhovou dohledností, která je vyšší než 9000 m v celém zkoumaném období. Směrodatná odchylka není vyšší než 1200 m, jak je zřetelné z grafu, z toho vyplývá, že rozptyl zdrojových dat není tak veliký.



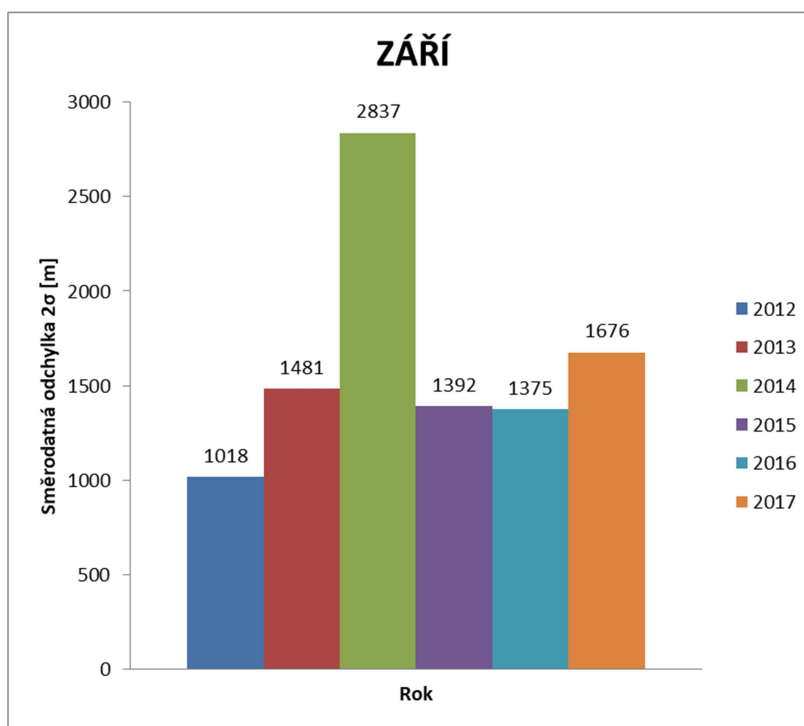
Graf 16.: Srpnové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.9. Září



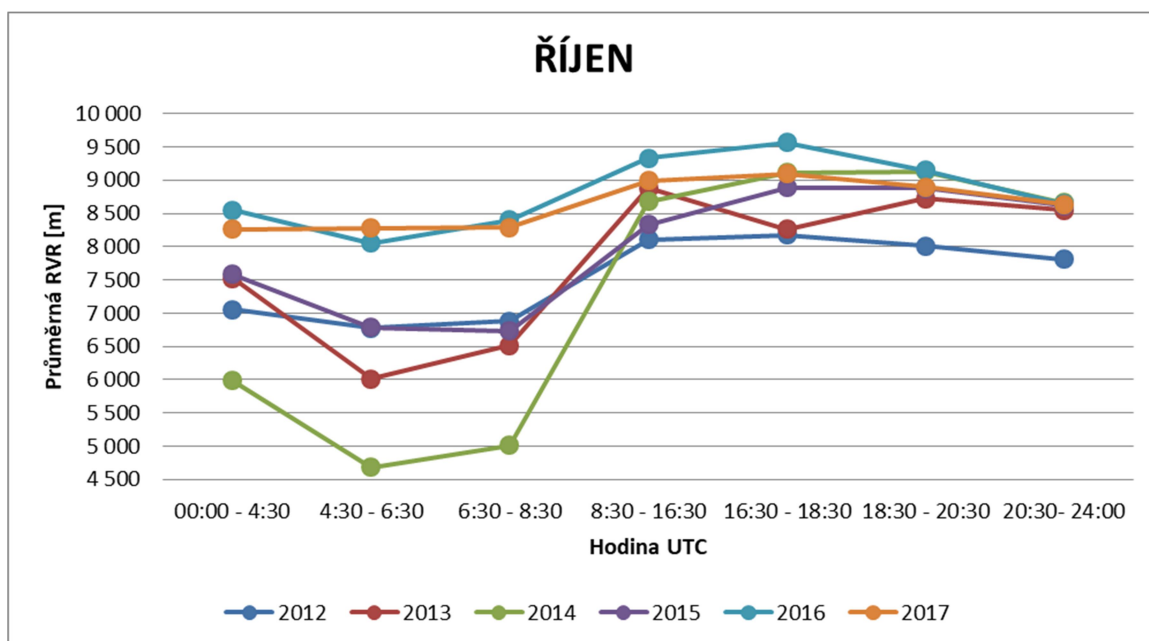
Graf 17.: Denní chod RVR v září (2012 – 2017)

V září začíná být opět propad v intervalu 4:30 – 6:30 markantnější, především v roce 2014, kdy průměrná dráhová dohlednost klesla až k hodnotě 5500 m, směrodatná odchylka v září 2014 navíc vystoupala až na 2837 m.



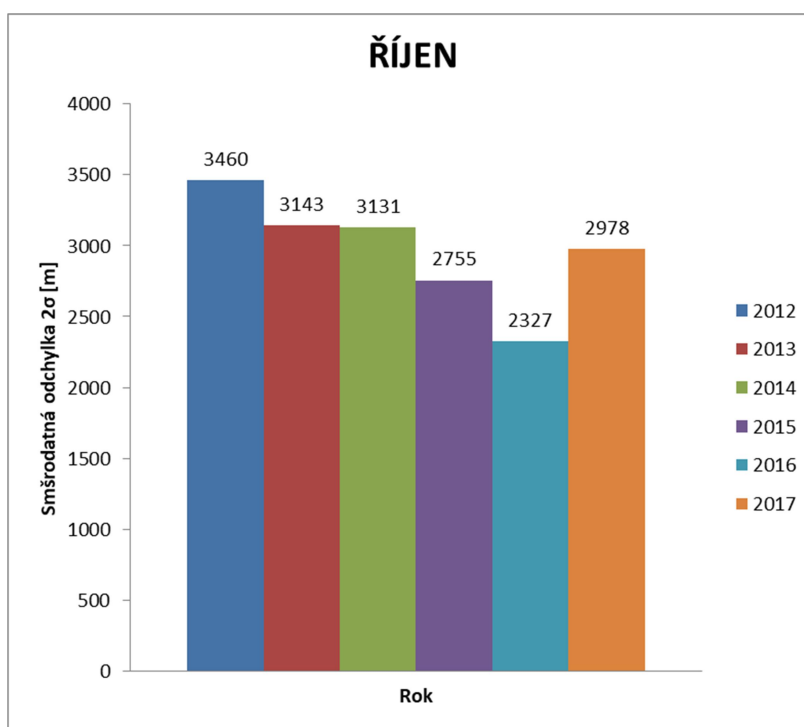
Graf 18.: Zářijové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.10. Říjen



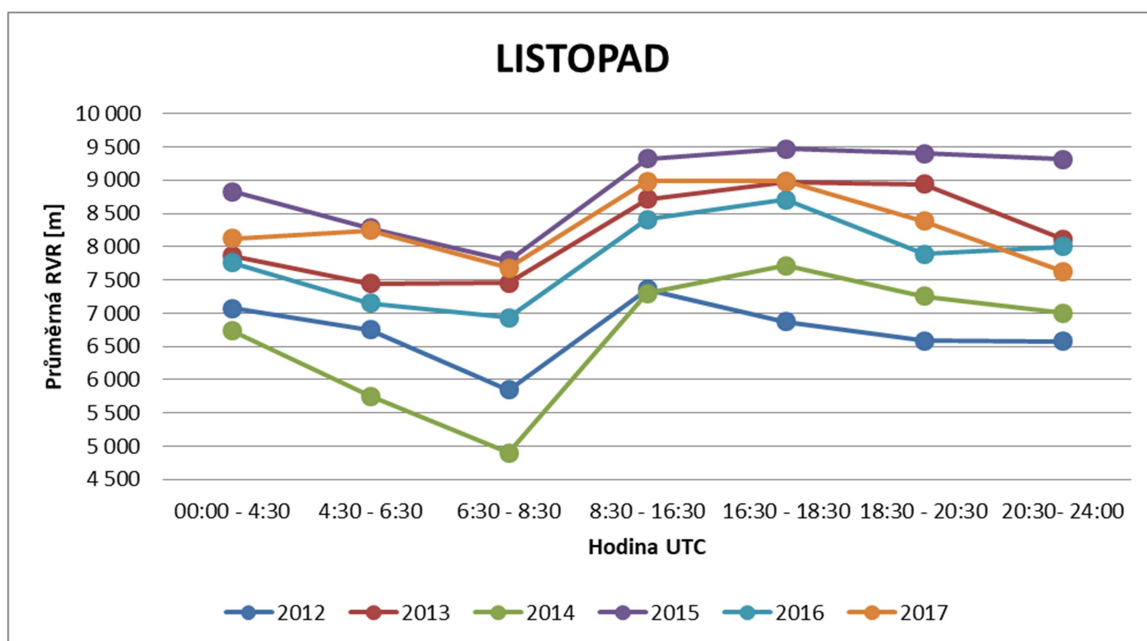
Graf 19.: Denní chod RVR v říjnu (2012 – 2017)

Říjnové křivky vykazují v dopoledních hodinách konvexní průběh, kdy sedlo je v intervalu 4:30 - 6:30. Absolutního minima průměru dráhové dohlednosti, tedy něco málo přes 4500 m, dosahuje křivka roku 2014 v intervalu 4:30 – 6:30. Ze směrodatných odchylek je vidět, že získané říjnové hodnoty jsou velmi rozkolísané.



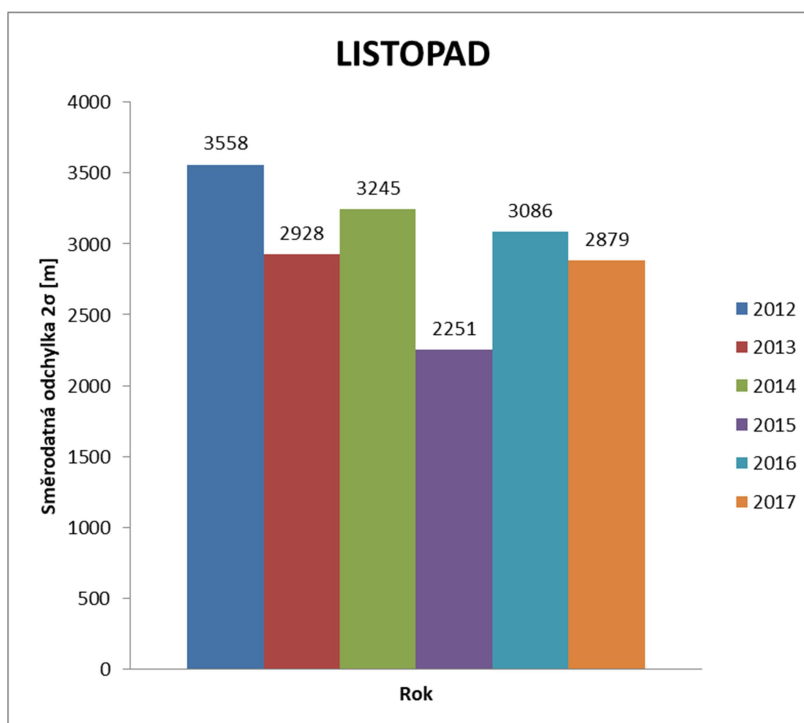
Graf 20.: Říjnové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.11. Listopad



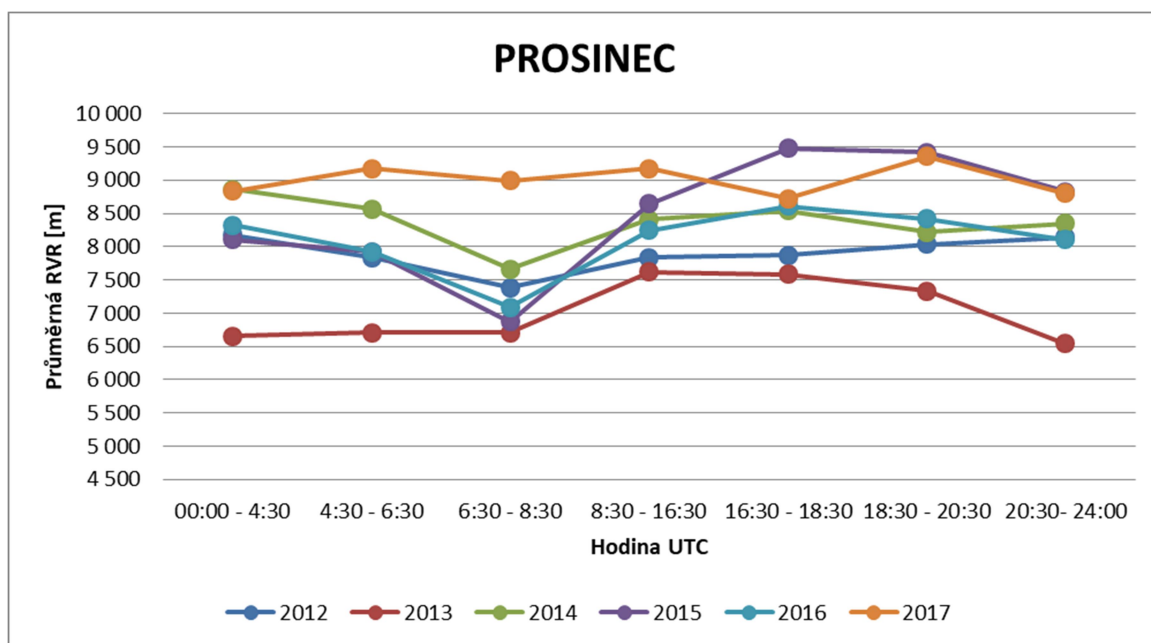
Graf 21.: Denní chod RVR v listopadu (2012 – 2017)

V listopadu se sedlo o interval posunulo, je tedy v intervalu 6:30 – 8:30. Průběh křivek má zhruba stejný průběh jako křivky v lednu a únoru, pouze je trend kolísání výraznější. Ze směrodatných odchylek můžeme opět vyčíst výrazné zvýšení rozptylu zdrojových dat.



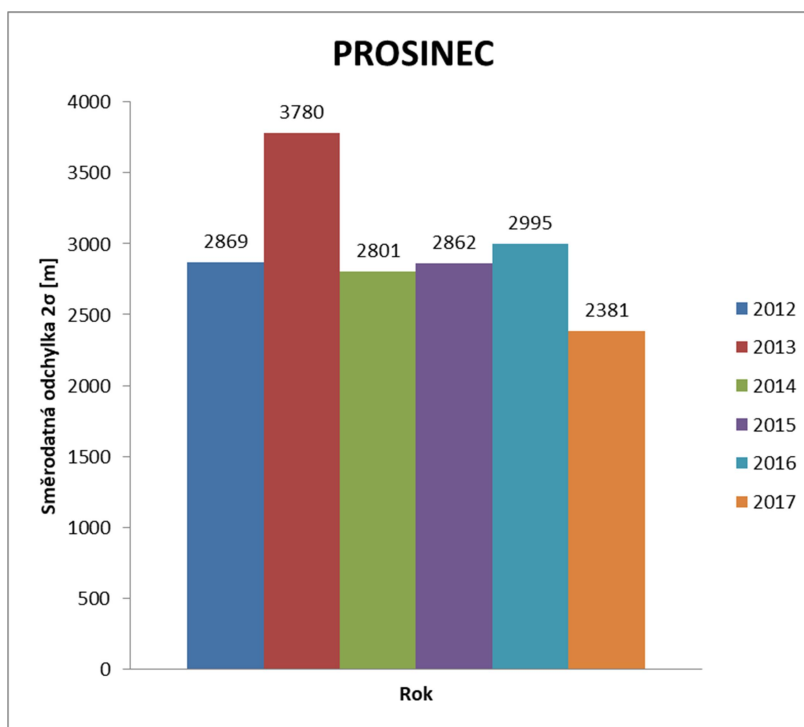
Graf 22.: Listopadové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.1.12. Prosinec



Graf 23.: Denní chod RVR v prosinci (2012 – 2017)

Prosincové křivky nevykazují přílišné kolísání, jednotlivé křivky se pohybují v rozmezí zhruba 1500 m. Nejnižší průměrné hodnoty byly naměřeny v roce 2013, naopak nejvyšší v roce 2017. Směrodatné odchylky jsou oproti předešlým dvou měsícům nižší přibližně o 1000 m. Jedinou výjimku tvoří rok 2013, v tomto roce byly meteorologické podmínky v prosinci horší než v listopadu.



Graf 24.: Prosincové směrodatné odchylky (2012 – 2017)

7.2. Postupy za nízké dohlednosti

Pokud na letišti klesne dráhová dohlednost pod určitá, předem definovaná minima, přechází se na tzv. provoz za nízké dohlednosti. Na Letišti Václava Havla je standardní příletová kapacita 30 letadel/hodinu. Při poklesu dráhové dohlednosti na 600 m a méně se snižuje kapacita na 18 příletů/hodinu a při poklesu pod 350 m na 14 příletů/hodinu. (E-mailová korespondence s JUDr. Richardem Klímou, vedoucí oddělení vnějších vztahů Řízení letového provozu České republiky s. p., 31. 5. 2018, klima@ans.cz)

Na základě získaných informací se podařilo vypočítat poměr standardního provozu a provozu za nízké dohlednosti. Výpočet byl proveden jako poměr hodnot dráhové dohlednosti vyšších než 600 m a hodnot dráhové dohlednosti menších nebo rovno 600 m. Výsledné hodnoty byly převedeny na procenta a jsou uvedené v Tab. 8.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LEDEN	0%	2%	6%	1%	3%	7%
ÚNOR	0%	4%	0%	0%	1%	5%
BŘEZEN	1%	4%	2%	0%	2%	0%
DUBEN	0%	0%	1%	1%	0%	0%
KVĚTEN	0%	2%	0%	0%	1%	0%
ČERVEN	0%	0%	0%	0%	0%	1%
ČERVENEC	0%	0%	1%	0%	0%	0%
SRPEN	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ZÁŘÍ	0%	1%	3%	1%	0%	1%
ŘÍJEN	7%	6%	4%	0%	2%	5%
LISTOPAD	8%	5%	7%	1%	6%	3%
PROSINEC	2%	11%	1%	5%	6%	2%

Tab. 8: Procentuální zastoupení provozu LVP (2012 – 2017)

Dále bylo zjišťováno, zda může dojít (nebo došlo) k úplnému omezení provozu, z důvodu snížené dráhové dohlednosti. Z dostupných zdrojů a konzultací s odborníky (Mgr. Petr Fajtl, výkonný ředitel provozního útvaru Řízení letového provozu České republiky s. p., 7. 6. 2018, fajtl@ans.cz) se toto nepotvrdilo. V e-mailové korespondenci s Bc. Klárou Fricovou (koordinátorka vzdělávání Český Aeroholding, a.s., 7. 6. 2018, klara.fricova@cah.cz) bylo uvedeno:

„Vzhledem k tomu, že letiště je vybaveno na provoz CAT II/III s dohledností až do minima 50 m, nedochází z důvodu dohlednosti k provozním omezením. CAT II/III má sice o něco nižší kapacitu, ale případná zpoždění ve špičkách se rychle vyrovnají v mimo špičkách. Pamatuji si snad jediný případ, který měl zásadní dopad, odehrál se v roce 2013 a byl způsoben tím, že letiště rekonstruovalo RWY a CAT II/III postupy nebyly k dispozici. Došlo k omezení provozu na jedno dopoledne.“

Kromě letištních minim jsou velmi důležité i technické parametry jednotlivých letadel, která se na letišti nejčastěji pohybují. Za nižší dráhové dohlednosti se může letiště stát nepřístupné pro provoz některých letadel. Hodnoty těchto minim závisí na typu a hlavně výbavě letadla. Jsou uvedeny v letových manuálech nebo příručkách pro piloty.

Provoz na Letišti Václava Havla tvoří kromě zahraničních, dvě hlavní české letecké společnosti ČSA a Travel Service, pro které jsou v Tab. 9 zapsány typy letadel jejich flotily.

ČSA	TRAVEL SERVICE
Typ letadla	
Airbus A330-323	Boeing 737-900ER
Airbus A319-112	Boeing 737-MAX-8
ATR 72-500	Boeing 737-800
ATR 42-500	Boeing 737-700
	Cessna 680 Citation Sovereign

Tab. 9: Typy letadel flotil ČSA [25] a Travel Service [26]

V době vypracování bakalářské práce nebylo možné získat konkrétní detaily o technickém vybavení jednotlivých typů letadel uvedených v tabulce.

7.3. Minimální hodnoty dráhové dohlednosti

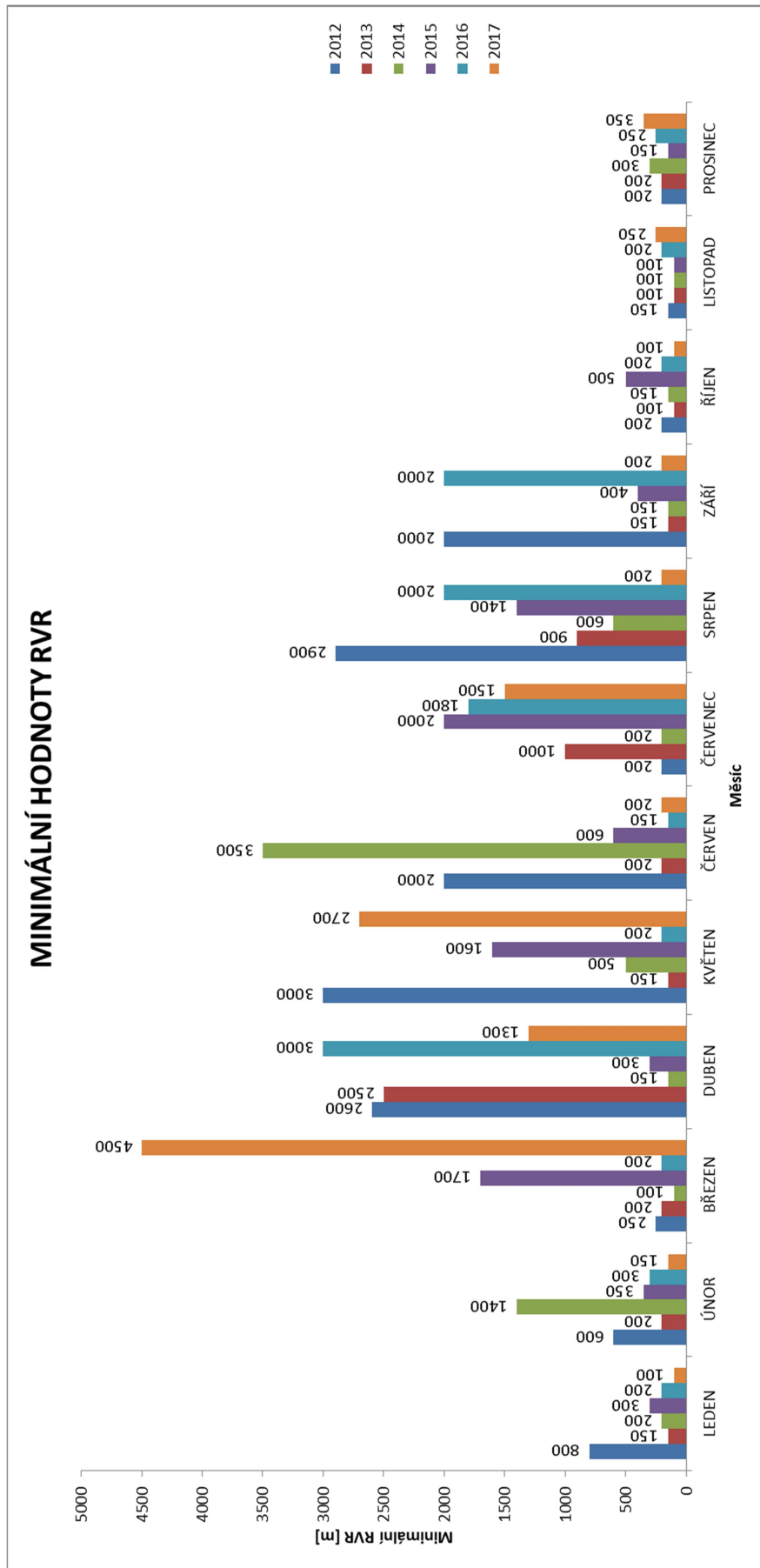
Posledním úkolem bylo stanovení minimálních hodnot dráhové dohlednosti. K tomu byla využita funkce MINA programu Microsoft Excel, která vybírá ze souboru dat pro jednotlivé

měsíce jednotlivých let minimální hodnoty. Tato hodnota byla poté zanesena Tab. 10 a poté zakreslena do grafu, který je vidět v grafu 25.

Z grafu je patrné, že nejnižší naměřenou hodnotou je 100 m. Této hodnoty dosahuje dráhová dohlednost především v zimních měsících. Nejnižší naměřené hodnoty v celém námi zkoumaném období byly v listopadu a prosinci, kdy je maximální minimální hodnota dráhové dohlednosti 350 m. V letních měsících (červenci a srpnu) jsou minima vyšší. Nejvyšší minimum bylo naměřeno v březnu 2017, kdy dráhová dohlednost neklesla pod 4500 m.

	LEDEN	ÚNOR	BŘEZEN	DUBEN	KVĚTEN	ČERVEN	ČERVENEC	SRPEN	ZÁŘÍ	ŘÍJEN	LISTOPAD	PROSINEC
2012	800	600	250	2600	3000	2000	200	2900	2000	200	150	200
2013	150	200	200	2500	150	200	1000	900	150	100	100	200
2014	200	1400	100	150	500	3500	200	600	150	150	100	300
2015	300	350	1700	300	1600	600	2000	1400	400	500	100	150
2016	200	300	200	3000	200	150	1800	2000	2000	200	200	250
2017	100	150	4500	1300	2700	200	1500	200	200	100	250	350

Tab. 10: Minimální hodnoty RVR



Graf 25.: Roční chod minimálních hodnot RVR

8. Závěr

Dráhová ohlednost patří k jevům, které mohou zásadně ovlivnit letecký provoz na letištích. Určování dohlednosti a dráhové dohlednosti se provádí vizuálně nebo za pomoci měřičů průzračnosti neboli transmissometrů. V našich klimatických podmínkách je hlavní příčinou malé dohlednosti mlha.

Cílem bakalářské práce bylo stanovit denní chody dráhové dohlednosti, roční chod minim dráhové dohlednosti a poměr standardního provozu a provozu za nízkých dohledností na Letišti Václava Havla během let 2012 až 2017.

Při vypracování bylo vycházeno z meteorologických zpráv METAR a SPECI, které pro účely práce poskytl Český hydrometeorologický úřad. Data byla zpracována v tabulkovém procesoru Microsoft Excel.

Nejprve byly stanoveny a graficky znázorněny denní chody dráhové dohlednosti, ze kterých je zřejmé, že v letech 2013 a 2014 byly nejhorší meteorologické podmínky. Měsíc s nejhoršími meteorologickými podmínkami byl ve zkoumaném období stanoven listopad.

Dále byla stanovena hodnota poměru standardního provozu a provozu LVP. Maximální hodnota poměru standardního provozu a provozu LVP byla vyčíslena pro prosinec 2013 s hodnotou 11%. Tento údaj byl vyčíslen pro celý rok, nicméně je pro letní měsíce bezvýznamný, z důvodu nulových hodnot. V tomto kroku, jsme dále zjišťovali, zda má snížená dohlednost na provoz Letiště Václava Havla takový vliv, že z toho důvodu dochází (nebo docházelo) k zavření letiště. Z dostupných zdrojů a konzultací s odborníky se toto tvrzení vyvrátilo. Letiště Václava Havla má systémovou podporu pro přiblížení CAT IIIB, to znamená, že se při snížené dráhové dohlednosti pouze omezuje přistávací kapacita.

V posledním kroku byl zpracováván roční chod minim dráhové dohlednosti. Výsledkem tohoto zpracování je graf 25. který velmi přesně vystihuje rozdíl mezi minimálními hodnotami v zimních měsících a minimálními hodnotami v letních měsících.

Zjištěné informace nás dovedly k názoru, že navzdory výraznému snižování dohlednosti v zimních měsících je provoz na Letišti Václava Havla plynulý a to díky moderní podpoře pro přiblížení CAT IIIB. Tím se eliminuje vliv dohlednosti na provoz letiště.

Zdroje

- [1] DVOŘÁK, Petr, 2004. *Letecká meteorologie*. Cheb: Svět křídel. ISBN 80-868-0809-2.
- [2] KRÁČMAR, Jan, 2006. *Meteorologie (050 00)*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-720-4447-8.
- [3] TALAY, T. A., 1975. *Introduction to the Aerodynamics of Flight*. Washington, D. C. Dostupné také z: <http://practicalaero.com/wp-content/uploads/2010/04/NASA-SP-367.pdf>
- [4] AIRBUS, 2000. *Getting to Grips with Aircraft Performance*. Blagnac. Dostupné také z: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2263.pdf>
- [5] L2 Pravidla létání: Hlava 1 - Definice, c2018. *Letecká informační služba* [online]. Praha: Řízení letového provozu ČR [cit. 2018-01-23]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [6] L3 Meteorologie: Hlava 1 - Definice, c2018. *Letecká informační služba* [online]. Praha: Řízení letového provozu ČR [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [7] *Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS)* [online], ČMeS [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>
- [8] TARASOVIČOVÁ, Nikola, 2014. *MLHY A DRÁHOVÁ DOHLEDNOST NA LETIŠTI BRNO-TUŘANY* [online]. BRNO [cit. 2018-06-16]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=84630.
Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce RNDr. KAREL KRŠKA, CSc.
- [9] L3 Meteorologie: Doplněk 3 – Technické specifikace týkající se meteorologických pozorování a zpráv, c2018. *Letecká informační služba* [online]. Praha: Řízení letového provozu ČR [cit. 2018-06-16]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [10] *Manual of Runway Visual Range Observing and Reporting Practices: Doc 9328* [online], 2005. In: . ICAO: ICAO, kap. 5 [cit. 2018-06-16]. ISBN 92-9194-480-7. Dostupné z: [http://dgca.gov.in/intradgca/intra/icaodocs/Doc%209328%20-%20Manual%20Runway%20Visual%20Range%20Observing%20and%20Reporting%20Ed%203%20%20Amd%201%20\(En\).pdf](http://dgca.gov.in/intradgca/intra/icaodocs/Doc%209328%20-%20Manual%20Runway%20Visual%20Range%20Observing%20and%20Reporting%20Ed%203%20%20Amd%201%20(En).pdf)
- [11] L5 Předpis pro používání měřicích jednotek v letovém a pozemním provozu: Hlava 3 – Používání normalizovaných jednotek, c2018. *Letecká informační služba* [online]. Praha: Řízení letového provozu ČR [cit. 2018-06-17]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [12] ČERMÁK, Josef, 2003. *Nové universum A-Ž: všeobecná encyklopedie*. V Praze: Knižní klub. Universum (Knižní klub). ISBN 80-242-1069-X.

- [13] Pravidla pro VFR, 2014. *VFR příručka* [online]. Praha: Letecká informační služba [cit. 2018-06-22]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_2_cz.html
- [14] L2 Pravidla létání: Hlava 3 – Všeobecná pravidla, c2018. *Letecká informační služba* [online]. Praha: Řízení letového provozu ČR [cit. 2018-06-22]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [15] L2 Pravidla létání: Hlava 5 – Pravidla pro let podle přístrojů, c2018. *Letecká informační služba* [online]. Praha: Řízení letového provozu ČR [cit. 2018-06-22]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [16] Precision Approach, 2018. *Skybrary* [online]. Brusel: EUROCONTROL [cit. 2018-06-22]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Precision_Approach#cite_ref-1
- [17] Lety VFR, c2011. *Úřad pro civilní letectví* [online]. Praha: Úřad pro civilní letectví [cit. 2018-06-22]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/navody/od-kdy-do-kdy-lze-letet-ve-dne-za-vfr>
- [18] LKPR - PRAHA/Ruzyně, 2014. *VFR příručka* [online]. Praha: Letecká informační služba [cit. 2018-06-24]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/lkpr_text_cz.html
- [19] AIP, c2018. *Letecká informační služba* [online]. Praha: Letecká informační služba [cit. 2018-06-24]. Dostupné z: http://ais.ans.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm
- [20] *Letiště Václava Havla* [online], c2018. Praha: Letiště Praha [cit. 2018-06-24]. Dostupné z: <https://www.prg.aero/#/>
- [21] SOLDÁN, Vladimír, 2007. *Letové postupy a provoz letadel*. Jeneč: Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky. ISBN 978-80-239-8595-5.
- [22] CALDA, Emil a Václav DUPAČ, 1999. *Matematika pro gymnázia: kombinatorika, pravděpodobnost, statistika*. 4. upr. vyd. Praha: Prometheus. Učebnice pro střední školy. ISBN 80-719-6147-7.
- [23] NOVOVIČOVÁ, Jana, 1999. *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-010-1980-2.
- [24] Rozptyl a směrodatná odchylka, c2017-2018. *Finance v praxi* [online]. Finance v praxi [cit. 2018-08-12]. Dostupné z: <http://www.financevpraxi.cz/statistika-miry-variability>
- [25] Letadlová flotila, 2018. *České aerolinie* [online]. Praha: České aerolinie [cit. 2018-08-16]. Dostupné z: <https://www.csa.cz/cz-cs/letadlova-flotila/>
- [26] Flotila, 2018. *Travel Service* [online]. Praha: Travel Service [cit. 2018-08-16]. Dostupné z: <https://www.travelservice.aero/o-spolecnosti/flotila/>