

Vplyv globálnej zmeny klímy na prevádzkové a výkonnostné parametre lietadla

Ing. Hélia Némethová

Abstract

This article deals with the impact of global climate change on the operational and performance parameters of the aircraft. The first chapter is an introduction into the article, where is described the aim of this thesis and the chosen methods. The second chapter describing meteorological elements and phenomena related to climate changes and its impacts on the aircraft performance and operational parameters.

The aim of this thesis is to research and analyse the influence of climate change on the aircraft performance and subsequently make an evaluation, conclusion and confirmation of the examined issues.

The result and benefits of the article are the response on the current issue how and to what extent the global climate change impacts on the aircraft performance and operational parameters.

Kľúčové slová – Key words

Kľúčové slová

Globálna zmena klímy, hustota vzduchu, meteorologické prvky a javy, prevádzkové parameter, teplota vzduchu, tlak vzduchu, vietor, výkonnosť lietadla.

Key words

Global climate change, air density, meteorological elements and phenomena, operational parameters, air temperature, air pressure, wind, aircraft performance.

Anotácia – Annotation

Anotácia

V dnešných dňoch globálna zmena klímy je veľmi aktuálnou a diskutabilnou témou na celom svete. Vo veľkej miery vplýva na lietadlá, letiská a následne na celé letectvo. Meteorologické prvky ako teplota, hustota, tlak vzduchu a vietor ovplyvňujú v najväčšej miere prevádzkové a výkonnostné parameter lietadla a následne spôsobujú meškania a vplývajú na bezpečnosť prevádzky. Preto je veľmi dôležité sa zaoberať s touto problematikou a navrhnuť úpravy a vylepšenia v oblasti letectva.

Annotation

Nowadays a global climate change is a very actual and disputable topic on the whole world. Greatly impacts the aircraft, aerodromes and consequently the whole aviation. Meteorological elements, like as temperature, density, pressure and wind have the biggest impacts on the performance and operational parameters of the aircraft and consequently cause delays. Also have a great impact on the aviation safety. For this reason is a very important to deal with issue and recommend new edit and upgrade in the field of aviation.

1 Úvod

Vedecká práca sa zaoberá vplyvom globálnej zmeny klímy na prevádzkové, ekonomické a výkonnostné parametre vybraného typu lietadla a je zameraná na skúmanie problematiky a analýzu, ako a do akej miery vplýva zmena klímy na leteckú dopravu a prevádzku letísk. Cieľom práce je prostredníctvom praktických rozborov a zvolených výskumných metód vyhodnotiť výsledok prieskumu a vyvodiť záver. Pomocou vytvorených simulačných letov a aplikovaných metód, ako systémová analýza, sa získajú hodnoty týkajúce sa výkonu typu lietadla v jednotlivých meteorologických situáciách vo fáze APP a DEP a následne dá sa vyhodnotiť praktický výskum a vyvodiť záver. Simulačné modely sú vytvorené na Európske medzinárodné letiská ako LZIB, FACT. Výsledkom výskumu je odpoveď na stále aktuálnu tému v akej miery ovplyvňuje globálna zmena klímy lietadlo a následne celé letectvo.

2 Meteorologické prvky a javy súvisiace so zmenou klímy

V dnešnej dobe globálna zmena klímy je veľmi aktuálnou a diskutabilnou témou na celom svete. Klíma a podnebie na Zemi postupne stále sa mení v dôsledku krátkodobých – v priebehu mesiacov a rokov - a dlhodobých – viac ako tisícročia - zmien. Príčiny týchto zmien spočívajú v antropogénnych a prírodných činiteľoch. Prírodné činitele sa nachádzajú mimo klimatického systému, ako cykly obežnej dráhy Zeme okolo Slnka, zmena atmosférických aerosólov v závislosti na vulkanických erupciách s interakciou slnečnej radiácie, variácia slnečného cyklu vrátane slnečného žiarenia a erupcie. Srbský matematik Milutin Milankovič v roku 1920 prvýkrát predstavil teóriu o cykloch obežnej dráhy Zeme okolo Slnka, ktorý dostal názov Milankovičove cykly. Podľa neho existujú tri rozličné cykly obežnej dráhy Zeme, a to:

- excentricita (jeden kompletný cyklus trvá 100 000 rokov), kde pri viac elipsoidnom pozícii orbite existujú dva polohy - perihélické (bližšie ku Slnku) a aphélické,
- sklon osi rotácie (periodicita je 41 000 rokov),
- precesia (periodicita je približne 26 000 rokov).

Tieto tri cykly (Milankovičove cykly) ovplyvňujú množstvo slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch a charakter leta a zimy (teplé alebo studené).

Ak leto je teplejšie na severnej pologuli, tak sa roztopí viac ľadu než sa stihlo vytvoriť počas predchádzajúcej zimy a vrstva ľadu sa postupne stenčuje. Tým pádom Zem sa postupne zahrieva a klíma sa mení.

Medzi najčastejšie antropogénne (ľudské) činitele patria:

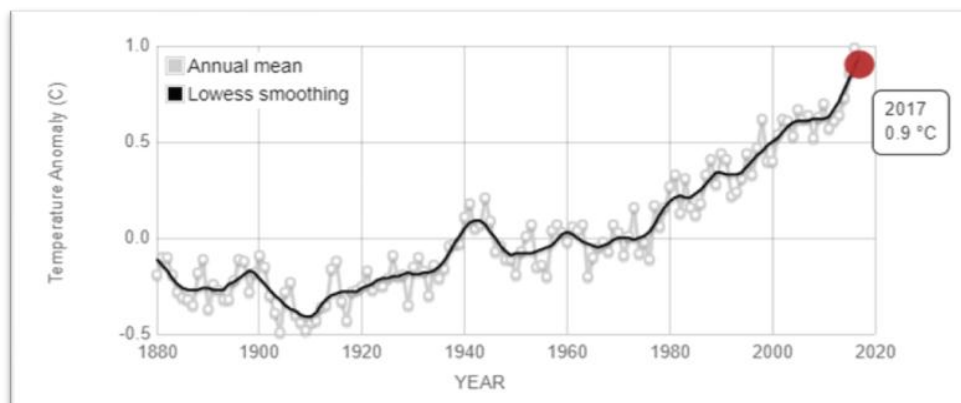
- skleníkový efekt, ktorý spôsobuje otepľovanie,
- sírne aerosóly, ktoré zapríčiňujú ochladzovanie.

Globálna zmena klímy v najväčšej miere vplýva na najdôležitejšie meteorologické prvky z hľadiska letectva, ako teplota, hustota a tlak vzduchu.

Teplota, hustota a tlak vzduchu

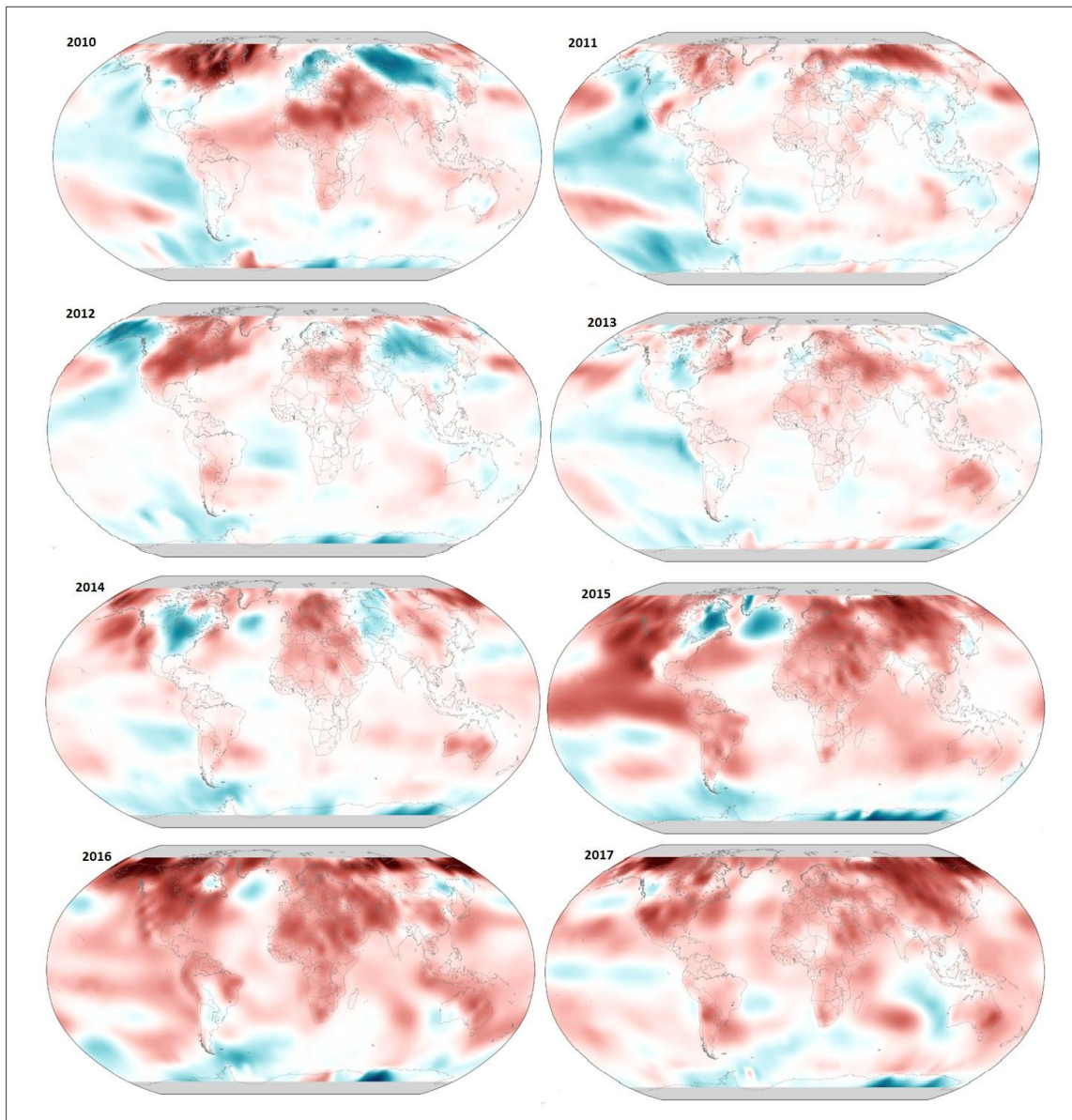
Z hľadiska letectva medzi najdôležitejšie meteorologické prvky patria teplota, hustota a tlak vzduchu, ktoré vo veľkej miere vplývajú na prevádzkové, výkonové a ekonomické parametre lietadiel v závislosti od typu lietadla.

Na základe meteorologických pozorovaní a meraní je dokázané, že globálna teplota na Zemi stúpala v priemere o 0,9 °C do roku 2017 (Obr. 1, 2). Počas posledných sedem rokov priemerná globálna teplota od 2010 (zmena teploty od normálu bola + 0,70 °C) stúpala do 2017 (zmena teploty je + 0,90 °C) o + 0,20 °C.



Obr. 1: Zmena teploty 1880-2017[2]

Obrázok 2 znázorňuje vývoj priemernej ročnej teplotnej zmeny a rozdiely od normálu od roku 2010 do 2017. Prudké nárasty priemernej teploty od normálu sú zaznamenané od roku 2015. Farby poukazujú na odchýlky od teplotného normálu (1981 – 2010), kedy priemerná ročná teplota bola nad alebo pod dlhodobým priemerom. Červené oblasti (o viac ako + 7 °F) zachytávajú nárast priemernej ročnej teploty od normálu.



Obr. 2: Zmena priemernej ročnej teploty od normálu (1981 – 2010) od roku 2010 do 2017 [3]

Globálna zmena klímy vo všeobecnosti vplýva na ekonomiku, ekológiu a bezpečnosť letu a tým pádom aj na kapacitu letísk, čo ovplyvňuje stratégiu plánovania a využívania letových ciest, hladín a dráh v súvislosti s letovými parametrami A/C.

Vplyv teploty, tlaku vzduchu a vetra na prevádzkové a výkonové parametre lietadla

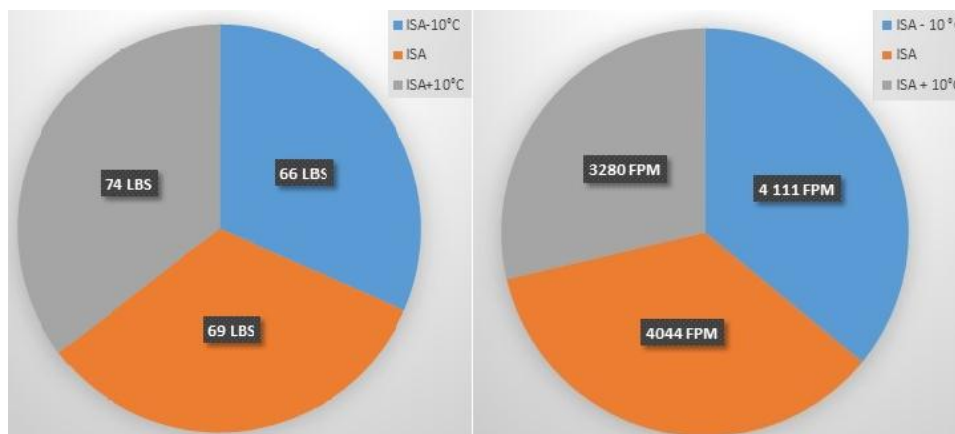
V tejto podkapitole pomocou výpočtov a simulačných metód sú analyzované výkonové a prevádzkové parametre lietadla v rôznych meteorologických podmienkach v pristávacej konfigurácii, pri en-route lete a odlete.

Vo všeobecnosti je známe, že nižšia teplota pozitívne vplýva na výkon A/C tým, že hustota je vyššia a to zvyšuje ťah motorov a následne je väčšia vertikálna rýchlosť pri stúpaní, väčší dolet, nižšia pádová rýchlosť a dĺžka RWY pre vzlet respektíve pristátie, ale negatívne vplýva na spotrebu paliva. Pri nižšej teplote vzduch má vyššiu hustotu a okamžitá a celková spotreba paliva je vyššia.

V nasledujúcich modeloch sú analyzované a potvrdené vyššie uvedené tézy.

1. model – výkonové parametre lietadla typu C560 XLS+ a spotreba paliva v cestovnom stúpaní do 5 000 ft pri vypnutom odmrazovacom systéme a zasunutom podvozku

Z prevádzkového manuálu je dokázané, že lietadlo pri cestovnom stúpaní do výšky 5 000 ft pri T.O. WT (aktuálna hmotnosť A/C pri vzlete nazhrňajúc taxi fuel) 19 000 LBS v podmienkach ISA + 10 °C spotrebuje 74 LB paliva, “rate of descent” je 3 280 FPM, požadovanú (5 000 ft) výšku dosiahne za minútu uletením 6 NM, kým pri ISA -10 °C za minútu a 5 NM spotrebuje len 66 LB paliva, “rate of descent” je 4 111 stôp za minútu, čo je o 831 FPM viac (Obr. 3). Hodnoty sú uvedené bez vplyvu vetra. Pri ISA + 10 °C lietadlo spotrebuje o 8 LB viac paliva ako pri ISA – 10 °C a požadovanú výšku dosiahne o 1 NM neskoršie. Spotreba paliva v tomto prípade je vyššia pri vyššej teplote, lebo A/C stúpa horšie a tým pádom potrebuje viac času a väčší ťah na dosiahnutie požadovanej výšky.



Obr. 3: Spotreba paliva a “rate of descent” pri cestovnom stúpaní do výšky 5 000 ft za minútu [Zdroj: vlastný, 1]

Efekt vetra na stúpanie má predovšetkým vplyv na čas stúpania a dĺžku v námorných míľach (Tab. 1). Tiež zohráva kľúčovú úlohu vo zvolení odletovej a príletovej trasy a dráhy RWY.

Tab. 1: Efekt vetra na cestovné stúpanie [Zdroj: vlastný, 1]

Čas stúpania (min)	Vietor		
	25 kt	50 kt	100 kt
5	2	4	8
10	4	8	16
15	6	12	25
20	8	16	33
25	10	20	41
30	12	25	50

Hodnota sa odrátava pri protivetre a prirátava sa ak fúka zadný vietor.

2. model – výkonové parametre lietadla typu C560 XLS+ a spotreba paliva v letovej hladine FL450 pri obidvoch pracujúcich motoroch, vypnutom odmrazovacom systéme a zasunutom podvozku

Druhý model potvrdzuje vyššie uvedené tézy, že pri vyššej teplote spotreba paliva je nižšia, lebo do motora vzteká menej vzduchu (hustota je menšia) a tým pádom “fuel flow” (LBS za hodinu) je menšia (Obr. 4).

CRUISE 4500 FEET

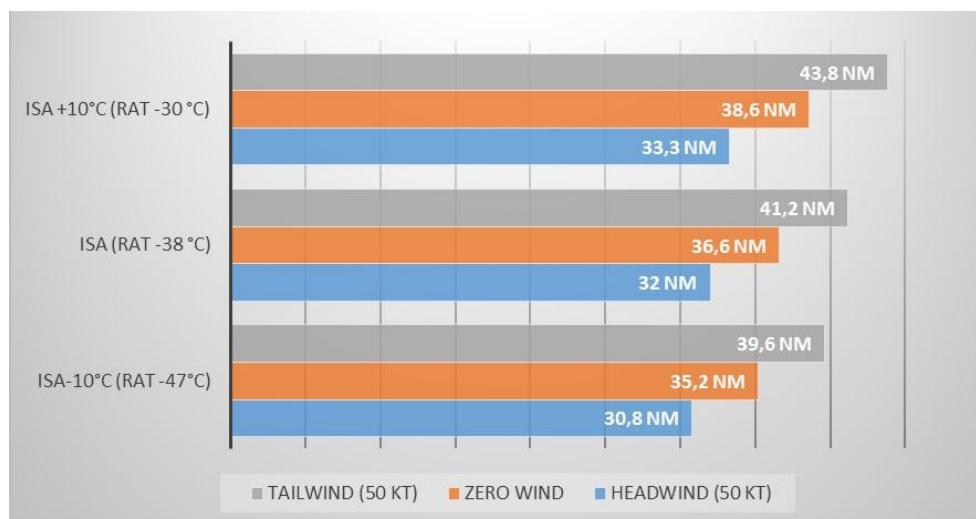
ANTI-ICE SYSTEMS OFF

TWO ENGINES

WT LBS	TEMP	RAT °C	FAN PERCENT RPM	FUEL FLOW LBS/HR	KIAS	IND MACH	KTAS	NAUTICAL MILES / 100 LBS FUEL						
								HEADWIND			ZERO WIND	TAIL WIND		
								100 KT	50 KT	25 KT		25 KT	50 KT	100 KT
20200	ISA+0°C	-42	(1) 94.8	1032	161	.61	353	24.5	29.3	31.7	34.2	36.6	39.0	43.8
	ISA-10°C -66°C	-50	(1) 94.8	1101	173	.66	368	24.3	28.9	31.2	33.4	35.7	38.0	42.5
		-51	94.6	1088	171	.650	365	24.4	29.0	31.3	33.6	35.9	38.2	42.8
		-51	94.0	1063	169	.640	360	24.4	29.1	31.5	33.8	36.2	38.5	43.2
		-51	(2) 93.6	1044	166	.63	355	24.4	29.2	31.6	34.0	36.4	38.8	43.6
	19000	ISA+10°C	-32	(1) 93.5	954	157	.60	352	26.5	31.7	34.3	36.9	39.6	42.2
ISA+0°C -56°C		-39	(1) 94.8	1059	174	.66	378	26.3	31.0	33.4	35.7	38.1	40.5	45.2
		-40	94.3	1040	171	.650	374	26.3	31.1	33.5	35.9	38.3	40.8	45.6
		-40	93.7	1015	169	.640	368	26.4	31.4	33.8	36.3	38.8	41.2	46.2
		-41	93.1	990	166	.630	363	26.5	31.6	34.1	36.6	39.1	41.7	46.7
		-41	(2) 92.6	968	163	.62	357	26.5	31.7	34.3	36.8	39.4	42.0	47.2
		ISA-10°C -66°C	-48	(1) 94.8	1128	184	.69	390	25.7	30.1	32.3	34.5	36.7	39.0
		-50	93.5	1062	177	.670	376	26.0	30.7	33.1	35.5	37.8	40.2	44.9
		-51	92.4	1012	171	.650	365	26.2	31.1	33.6	36.1	38.5	41.0	46.0
		-52	91.2	963	166	.630	354	26.4	31.6	34.2	36.8	39.3	41.9	47.1
		-52	(2) 90.6	939	162	.62	348	26.4	31.7	34.4	37.0	39.7	42.4	47.7
18000		ISA+10°C	-30	(1) 93.1	954	164	.63	368	28.1	33.3	36.0	38.6	41.2	43.8
	ISA+0°C -46°C	-31	92.8	943	163	.620	365	28.1	33.4	36.1	38.7	41.4	44.0	49.3
		-31	(2) 92.5	932	161	.61	362	28.1	33.5	36.2	38.8	41.5	44.2	49.6
	ISA+0°C -56°C	-38	(1) 94.8	1077	181	.69	394	27.3	32.0	34.3	36.6	38.9	41.2	45.9
		-39	93.7	1033	177	.670	385	27.6	32.5	34.9	37.3	39.7	42.2	47.0
		-40	92.6	982	171	.650	374	27.9	33.0	35.5	38.1	40.6	43.2	48.3
		-41	91.5	938	166	.630	363	28.0	33.3	36.0	38.6	41.3	44.0	49.3
		-42	(2) 90.5	901	161	.61	352	28.0	33.6	36.3	39.1	41.9	44.7	50.2
		ISA-10°C -66°C	-47	(1) 94.8	1140	190	.71	401	26.4	30.8	33.0	35.2	37.4	39.6
		-49	93.2	1062	183	.690	388	27.1	31.8	34.1	36.5	38.8	41.2	45.9
		-50	91.1	978	174	.660	371	27.7	32.8	35.4	37.9	40.5	43.0	48.1
		-52	89.6	912	166	.630	354	27.9	33.4	36.1	38.8	41.6	44.3	49.8
-52		(2) 88.6	875	161	.61	344	27.9	33.6	36.5	39.3	42.2	45.0	50.8	

Obr. 4: Prevádzkové parametre lietadla pri en-route lete v letovej hladine FL 450 [1]

Obrázok 4 demonštruje na fakt, že lietadlo pri en-route lete v letovej hladine FL450 pri obidvoch pracujúcich motoroch s vypnutým odmrázovacím systémom a pri WT 18 000 LBS spotrebuje menej paliva ak teplota je vyššia. Pri ISA +10 °C, RAT teplote -30 °C “fuel flow” je len 954 LBS za hodinu kým pri ISA teplote (RAT -38°C) už je 1077 LBS za hodinu a pri ISA-10°C (RAT -47 °C) je 1140 LBS/HR. Ale spotreba paliva závisí od mnohých ďalších dôležitých faktoroch ako je aj vietor. Na uletenú vzdialenosť za 100 LBS paliva najviac vplyva smer a rýchlosť vetra (Obr. 5).



Obr. 5: Preletená vzdialenosť na spotrebovaných 100 LBS paliva pri cestovnom lete vo FL 450 [Zdroj: vlastný, 1]

Obrázok 4 a 5 poukazuje na to, že pri en-route lete vo vyšších letových hladinách vyššia teplota priaznivo vplyva na hodinovú spotrebu paliva a zadný vietor na dĺžku uletenej vzdialenosti za 100 LBS paliva. Kým pri opdlete a pristátí protivietor skracuje potrebnú dĺžku dráhy na pristátie / odlet a tiež aj spotrebu paliva, tak v en-route lete uletí menej vzdialenosti (predĺžuje let) za danú spotrebu paliva.

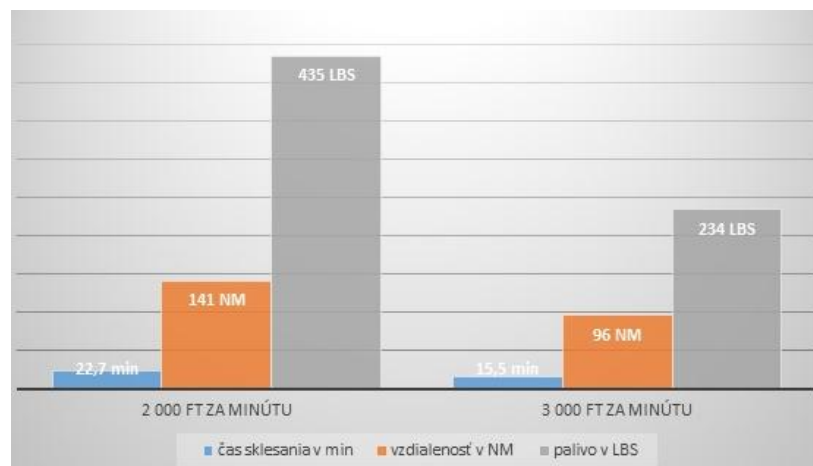
Celkovo dá sa potvrdiť, že hodinová spotreba paliva pri vyššej teplote je síce nižšia, ale letí nižšou rýchlosťou a to predlžuje let a to zvyšuje celkovú spotrebu paliva (bez vplyvu vetra).

3. model – výkonové parametre lietadla typu C560 XLS+ a spotreba paliva pri normálnom klesaní (2 000 ft za minútu) a klesaní 3 000 ft za min pri vypnutom odmrazovacom systéme, zasunutom podvozku a klapky v polohe “up”, a “speed brakes retracted” bez vplyvu vetra

Presný rozpis prevádzkových a výkonových parametrov lietadla C560 XLS+ pri klesaní z letovej hladiny FL450 sú uvedené v operačnom manuáli lietadla a číselné hodnoty sú znázornené v nasledujúcom grafe (Obr. 6).

Klesanie z výšky 45 000 ft pri indikovanej vzdušnej rýchlosti 190 kt (KIAS) a hmotnosti A/C 15 000 lbs na začiatku klesania spotrebuje 435 LBS, sklesá za 22,7 minút a za 141 NM.

Pri tzv. high speed descent – čo značí 3 000 ft za minútu z výšky 45 000 ft a hmotnosti 15 000 LBS lietadlo spotrebuje menej paliva o 201 LBS ako pri normálnom klesaní a sklesá zrýchlejšie o 7,2 minúty za 96 NM (Obr. 6).

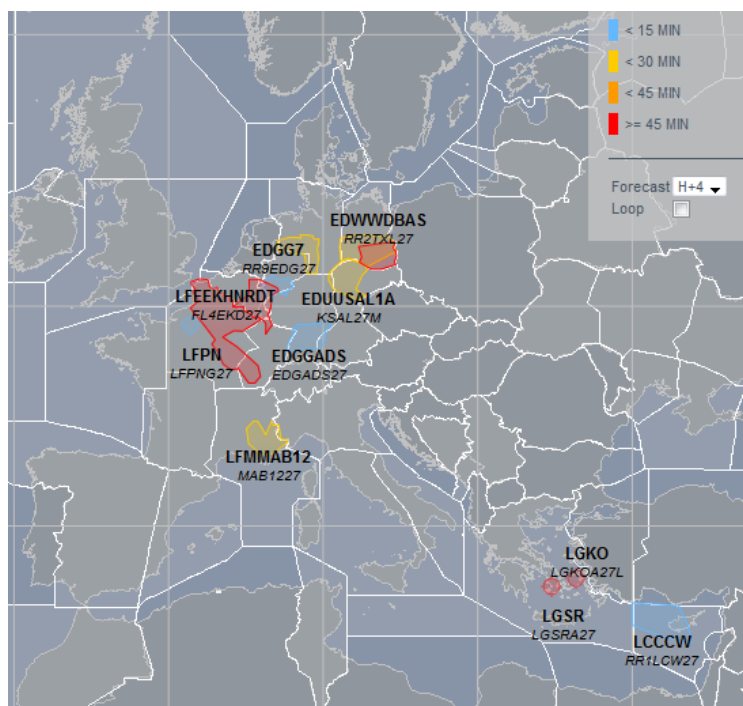


Obr. 6: Klesanie z FL 450 pri 2 000 ft za minútu a 3 000 ft za minútu [Zdroj: vlastný, 1]

Ekonomika letu sa odvíja od spotreby paliva a od ďalších poplatkov týkajúce sa letu. Cena paliva mesačne sa mení a závisí od dodávateľa. V leteckých spoločnostiach najpoužívanejší dodávateľia sú VALCORA, JETEX, WFS, AEG.

Vplyv teploty, tlaku vzduchu a vetra na bezpečnosť letu

Meteorologické podmienky majú vplyv predovšetkým aj na meškanie lietadiel a bezpečnosť letectva. Výskyt búrok na tratiach alebo mikroburstov v blízkosti letiska ovplyvňujú celú prevádzku a tok riadenia letovej prevádzky. Na obrázku 7,8 a 9 je poukázané že meteorologické podmienky v akej miere môžu spôsobovať meškania lietadiel nad Európou počas dňa v taktickej fáze. V najväčšej miere meškania letov spôsobujú meteorologické podmienky a kapacita riadiacich a následne z toho vychádzajúce ďalšie príčiny.



Obr. 7: Taktická situácia - meškanie nad Európou (27. september 2018) [4]

Obr. 7 poukazuje na skutočnosť, že 27. septembra nad Európou s plus 4 hodinovou predpoveďou sa vyskutuje viac než 45 minútové meškanie v EBBU, LFFF a LFEE FIR, konkrétne v sektoroch LFEKHNRT, EDYYB3EH, EDGG7 a EDWWDBAS a nad letiskami LGKO a LGSR. V ostatných sektoroch sa očakáva meškanie už pod 45 minút.

Flights		Reason		
Total	32,880	ATC Capacity	20854	42%
Landed	13,888 (42%)	ATC Staffing	12346	25%
Airborne	5,406 (16%)	Weather	5272	10%
Expected	13,586 (41%)	Aerodrome Capacity	5237	10%
Delays (in minutes)		Airspace Management	3152	6%
Cumulated	50,211.0	Special Event	1746	3%
Average/Flight	1.5	ATC Equipment	1064	2%
En-route	36,050 (72%)	Environmental Issues	348	1%
Airport	14,161 (28%)	Others	114	0%
>= 30 min	266	Ind Action non-ATC	78	0%

Obr. 8: Taktická situácia meškaní [4]

Z celkového počtu letu 32 880 bolo 50, 211 meškaní v minúte, z toho 72 % na trati a 28 % na letiskách. Tie meškani spôsobili vyššie uvedené príčiny: 67 % kapacita a personálne obsadenie riadiacich, 10 % počasie, ďalších 10 % kapacita letiska, 6 % manažment vzdušného priestoru a dokopy tých zvyšných 6 % vybavenie ATC, enviromentálne problémy a ďalšie menšie príčiny (Obr. 8).

Ďalšie taktické aktualizácie predpovedajú vysoké meškani v EGKK kvôli zníženej viditeľnosti a budú regulované pristátia a odlety, v LPPT kvôli nedostatočnej kapacite letiska, v LLBG zapríčinené kapacitou ATC, v Madride na letisku LECM výrazné meškani v časoch 1100-1400 kvôli MILEX: EAGLE EYE 2018 a v LFMM a LCCC kvôli personálneho obsadenia ATC. Všetky uvedené meškani súvisia jeden od druhého a výrazne vplývajú na prevádzku, ekonomiku, ekológiu a bezpečnosť celého letectva.

Skutočná výška A/C sa mení podľa tlakových útvarov, hustoty a teploty vzduchu. Významnú úlohu majú pri štarte A/C na výkon a ťah motorov, dostup lietadla a vertikálnu rýchlosť a následne na bezpečnosť celého letu.

Hustota vzduchu s rastom teploty klesá, čím sa znižuje vztlak. Pri vysokých teplotách spôsobuje pokles výkonu lietadla počas stúpania a zvýšenie minimálnej dĺžky dráhy pre vzlet, čo je dôležité z hľadiska zabezpečenia rozstupov medzi lietadlami riadiacimi letovej prevádzky. [5]

1. výpočtový model – Skutočná výška lietadla nad letiskom LZIB pri OAT ISA+10 a ISA -10

Indikovaná výška lietadla na výškomery je 5 000 ft podľa QNH (nastavenie výškomera je na QNH = 1022hPa). Výška letiska LZIB je 433ft – RWY 31. Letisko hlási tlak QFE = 1006 hPa.

Aktuálna vonkajšia teplota (OAT) v 5 000 ft je ISA+10 pri prvej situácii a ISA-10 pri druhej situácii.

Vzhľadom na to, že výškomer lietadla je nastavený na QNH, tak indikovaná a skutočná výška A/C sa rovnajú. Pre zistenie skutočnej výšky lietadla nad letiskom v aktuálnych teplotných podmienkach je potrebné indikovanú výšku upraviť len o teplotu.

Podľa štandardných podmienok ISA teplota v 5 000 ft je 5 °C, ktoré sa matematicky dá vypočítať (1).

$$T_{ISA} = 15^{\circ}C - \left(\frac{2^{\circ}C \times H[ft]}{1000 ft} \right) \quad 1$$

$$T_{ISA} = 15 - \left(\frac{2 \times 5000}{1000} \right) = 5^{\circ}C \quad 1$$

Následne je zrejмый fakt, že D_{ISA1} (teplotný rozdiel) je + 10 °C (ako je vyššie uvedené ISA +10 °C) a $T_{OAT1} = 15$ °C. Pri druhej situácii D_{ISA2} je - 10 °C (ISA-10) a T_{OAT2} sa rovná -5 °C.

Vzhľadom na to, že pri prvej situácii ($T_{OAT1} = 15$ °C) teplota je vyššia ako teplota ISA v 5000 ft, tak výška A/C je o 200 ft vyššie (2) a pri druhej situácii ($T_{OAT2} = -5$ °C) o 200 ft nižšie (3).

$$4ft \times \frac{H[ft]}{1000 ft} \times D_{ISA1} = 4 \times \frac{5000}{1000} \times 10 = 200 ft \quad 2$$

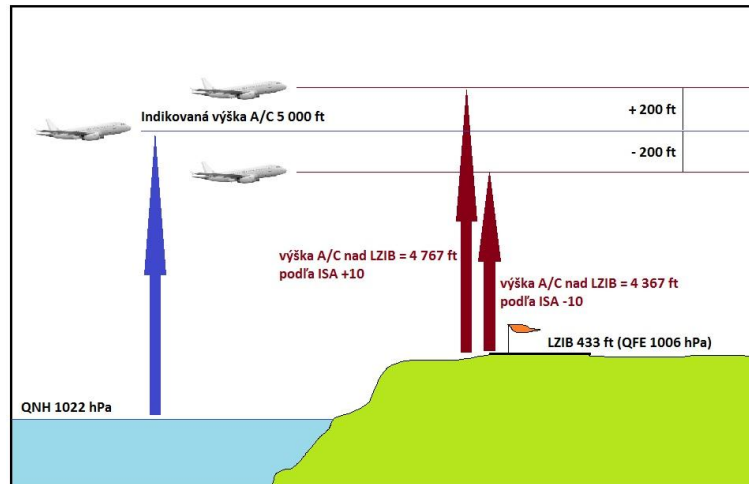
$$4 \times \frac{5000}{1000} \times (-10) = -200ft \quad 3$$

Výška lietadla podľa QNH je pri T_{OAT1} 5 200 ft a pri T_{OAT2} 4 800 ft a skutočná výška A/C nad letiskom pri prvej situácii je **4 767 ft** (4) a pri druhej **4 367 ft** (5).

$$H_{QNH} - H_{AD} = 5200 ft - 433 ft = 4767 ft \quad 4$$

$$H_{QNH} - H_{AD} = 4800 ft - 433 ft = 4367 ft \quad 5$$

Lietadlo pri teplote ISA+10 je o 400 stôp vyššie nad letiskom ako pri teplote ISA -10 v takých istých prevádzkových a tlakových podmienkach (Obr. 9).



Obr. 9: Výškový rozdiel A/C nad letiskom [Zdroj: vlastný]

2. výpočtový model – Výškový rozdiel podľa tlaku QNH a vplyv na bezpečnosť letu

Ak lietadlo letí v hladine FL 140 podľa tlaku QNH 990 hPa a nenastaví štandardný tlak 1013,25 hPa, jeho skutočná výška sa líši a to vo veľkej miere ovplyvňuje hlavne bezpečnosť a tiež ekonomiku letu.

$$H_{\text{rozdiel}} = (QNE - QNH) \times 27 \text{ ft} \quad 6$$

$$H_{\text{rozdiel}} = (1013,25 - 990) \times 27 = 621 \text{ ft} \quad 6$$

$$H_{\text{skutočná}} = 14\,000 \text{ ft} + 621 \text{ ft} = 14\,621 \text{ ft} \quad 7$$

Pri štandardnom tlaku 1013,25 hPa v tej istej letovej hladine skutočná výška lietadla je 14 621 ft, výškový rozdiel je 621 stôp, čo z hľadiska bezpečnosti a ekonomiky je veľmi dôležité.

3. výpočtový model – Bočný a pozdĺžny komponent vetra pri pristátí A/C na AD FACT

Smer a rýchlosť vetra je kľúčovým faktorom pri zvolení dráhy v používaní na odlet a na pristátie. Na medzinárodnom letisku Cape Town dráha v používaní je RWY 01 a má kurz 009°.

Letisková predpoveď TAF udáva hodnotu prízemného vetra 110°/15 kt.

Bočný a pozdĺžny komponent vetra sa dá vypočítať nasledovne (8):

$$110^\circ - 009^\circ = 101^\circ \quad 8$$

- aby sa dalo vypočítať bočný a pozdĺžny komponent vetra, v prvom rade je potrebné zistiť smer vetra vzhľadom k RWY (α):

$$\alpha = 101^\circ + 180^\circ = 281^\circ \quad 9$$

Pre výpočet bočného (a) a pozdĺžneho (b) komponentu vetru sa použijú vzorce:

$$a = U \times \sin \alpha \quad 10$$

$$a = 15 \times \sin 281^\circ \quad 10$$

$$a = -14,72 \text{ kt} \quad 10$$

$$b = U \times \cos \alpha \quad 11$$

$$b = 15 \times \cos 281^\circ \quad 11$$

$$b = 2,86 \text{ kt} \quad 11$$

Z vyššie uvedených je jasné, že na RWY fúka vietor sprava rýchlosťou 14,72 kt a zadný vietor rýchlosťou 2,86 kt, čo znamená, že v tomto prípade je nutné zvoliť na odlet opačný smer – RWY 19.

3 Záver

Meteorologické pozorovania poukazujú na fakt, že priemerná teplota vzduchu sa mení, otepľuje sa, čo vyvoláva zvyšovanie sa početnosti hurikánov, tropických búrok, cyklónov a spôsobujú častejšie a výraznejší výskyt frontálnych a insolačných búrok, cyklónov, turbulencie, zrážky, v blízkosti letísk microbursty a mnoho ďalšie. Tieto zmeny spôsobujú meškania a vo veľmi veľkej miere ovplyvňujú bezpečnosť a prevádzku leteckej dopravy. S teplotou sa mení aj hustota vzduchu a tlak ovzdušia, prevládajúci smer a rýchlosť vetra v blízkosti letísk, čo má vplyv na prevádzkové, ekonomické a výkonové parametre lietadla.

Vedcom potvrdený fakt je, že Golský prúd je najpomalší za posledných tisíc rokov, čo môže rozpútať zmeny teplôt európsky vôd a tak oslabený Golský prúd môže poznačiť severnú a západnú Európu enormnými zmenami.

„Prof. Stefan Rahmstorf uviedol, že prúd sladkovodných tokov oproti Golskému silnie a to vedie k tomu, že jedna oblasť v severnom Atlantickom oceáne sa ochladzuje, kým zvyšok sveta sa zahrieva. To znamená, že spolu s klimatickými zmenami sa zvyšuje teplota, ale v oblasti vyhrievanými Golským prúdom teplota rapídne klesá.“ [5]

V 2. kapitole uvedené, analyzované a skúmané fakty a praktické príklady, výpočty poukazujú a potvrdzujú vyššie opísanú problematiku, že zmena klímy je zložitý proces v letectve ale výsledne negatívne vplyva na letectvo.

Komplexný rozbor a výskum problematiky je skúmaný v práci Vplyv globálnej zmeny klímy na európsku leteckú dopravu.

„V posledných rokoch rozvinuli technológie, ktoré umožňujú prevádzku na letiskách za obmedzujúcich meteorologických podmienok, stále je však nutné počítať s faktom, že meteorologické podmienky a hlavne zmena klímy výrazne ovplyvňujú lietadlá, letiská, prevádzku, znamenajú veľké problémy a obmedzenia súčasnej leteckej dopravy.“ [5]

4 Referencie

- [1] Citation XLS+ Operating Manual. Cessna Aircraft Company, 2008. United States of America.
- [2] National Aeronautics and Space Administration (NASA).: Global Climate Change. Dostupné na internete: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/globaltemperature/>
- [3] National Oceanic and Atmospheric Administration.: Science & information for a climate-smart nation, Maps & Data. Dostupné na internete: <https://www.climate.gov/maps-data>
- [4] Network Manager Application (Eurocontrol) - Network Operational Portal (NOP).: Tactical. Dostupné na internete: https://www.nm.eurocontrol.int/auth/html/Pages?TAM_OP=token_login&USERNAME=unauthenticated&ERROR_CODE=0x00000000&URL=%2FPORTAL%2Fgateway%2Fspec%2Findex.html
- [5] Némethová H.: Vplyv globálnej zmeny klímy na európsku leteckú dopravu. Diplomová práca. Košice. TUKE, Letecká fakulta, 2018. 111s