



## WINDSHEAR A JEHO VPLYV NA LETECKÚ DOPRAVU

**Martin Voštinár**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

**Miriám Jarošová**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina

### Abstract

*Táto bakalárska práca sa zaoberá problematikou strihu vetra v civilnom letectve s cieľom poskytnúť komplexný pohľad na jeho vplyv na bezpečnosť a efektívnosť leteckej dopravy. V práci sa analyzujú faktory ovplyvňujúce strih vetra, jeho vznik a dynamiku v rôznych letových podmienkach. Ďalej sa skúmajú metódy a nástroje používané na analýzu a predpoveď strihu vetra, ako aj ich presnosť a účinnosť. Práca sa tiež zameriava na praktické dôsledky strihu vetra pre letové operácie, vrátane jeho vplyvu na bezpečnosť letu. Na základe zhromaždených poznatkov sa diskutuje možné opatrenia a stratégie na zlepšenie riadenia strihu vetra v civilnom letectve. Výsledky tejto práce majú potenciál prispieť k lepšiemu porozumeniu a riadeniu tohto dôležitého meteorologického javu pre zabezpečenie bezpečnej a efektívnej leteckej dopravy.*

### Keywords

*strih vetra, bezpečnosť, meranie, let*

### 1. Úvod

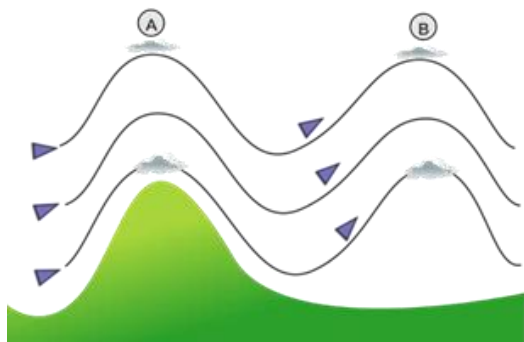
Obsahom tejto bakalárskej práce je podrobne sa zaoberať problematikou vplyvu strihu vetra na civilné letectvo rozobratím témy najprv na teoretickej úrovni, kde je popísaná charakteristika samotného javu a jeho druhy, po ktorých nasleduje popis meteorologických podmienok na vznik strihu vetra. V ďalšej kapitole je pozornosť venovaná popisu merania a zapisovania do leteckej meteorologickej informácie METAR a taktiež predpoveď a hlásenie o strihu vetra. Pri týchto informáciách je nevyhnutné spomenúť samotné vplyvy strihu vetra na let a výkonnosť letúna najmä v kritických fázach ako vzlet, odlet, priblíženie a pristátie. Na záver budú spomenuté nehody a incidenty, ktoré boli obeťou strihu vetra vo forme microburstu. Takto pomenovaný jav bol podľa štatistík a výskumov NCAR považovaný za bezprostredné nebezpečenstvo, ktoré od roku 1943 spôsobilo celosvetovo bezmála 1400 úmrtí. Tento prieskum prišiel na to, že lokálny jav, ktorý spôsobil majoritnú časť všetkých nehôd a incidentov nazývaný ako microburst je najnebezpečnejším typom strihu vetra.

### 2. Charakteristika a meteorologické podmienky na vznik strihu vetra

Windshear je definovaný ako prudká zmena rýchlosti a/alebo smeru vetra či už po horizontálnej alebo vertikálnej rovine. Avšak, strih vetra je v praktickej rovine braný všeobecne za jav, ktorý v konečnom výsledku spôsobí zmenu energie lietadla, kde naruší jeho trajektóriu a spôsobuje turbulenciu. Popisovaný fenomén je doposiaľ stále považovaný za veľmi komplexný jav a nie je plne vyskúmaný. Aj napriek tomu, že strih vetra môže vzniknúť z meteorologického hľadiska v prakticky akýchkoľvek výškach, v ktorých sú prevádzkované dopravné lietadlá, budeme sa najviac z pohľadu bezpečnosti zaujímať o strih vetra v malých výškach. V tejto kapitole je uvedená definícia strihu vetra, ktorá predstavuje zmenu rýchlosti a/alebo smeru prúdenia vzduchu. Tieto zmeny rozdeľujeme na horizontálny a vertikálny strih vetru podľa roviny, okolo ktorej je daná zmena orientovaná. Strih vetra sa dokáže vyskytnúť a vytvoriť v odlišných podmienkach. Tieto podmienky môžu byť napríklad v búrčkovej oblačnosti, vo

frontálnych systémoch, morkých prúdeniach, teplotných inverziách alebo strih vetra spôsobený z fyzických prekážok na zemi alebo terénu. Strih vetra v búrčkovej oblačnosti vzniká a spočíva na základe vzostupného prúdenia vzduchu z nasávajúceho vzduchu pred búrčkou, kde vzduchová hmota v oblačnosti s nižšou teplotou má naopak zostupný pohyb. Tento pohyb vytvára jav, ktorý nazývame z Angl. downburst a pre letectvo je z pohľadu bezpečnosti najkritickejší. Tento downburst ďalej vieme odlíšiť na microburst a microburst, kde kritickejší a nebezpečnejší je práve microburst, kvôli jeho malej horizontálnej rozlohe, ktorá zväčša nebýva väčšia ako 4 kilometre. Avšak, na jeho malú rozlohu má pomerne krátke trvanie a to od 2 do 5 minút. Na výskyt downburstu musí byť búrčková oblačnosť dostatočne dobre vyvinutá. Na dobre vyvinutú búrku musia byť splnené podmienky ako napríklad dostatočne nestabilne zvrstvená vzduchová hmota, dostatočná vlhkosť a vonkajšie sily podporujúce výstupný pohyb vzduchu. V prípade tvorby strihu vetra vo frontálnych systémoch sa objavujú oba vertikálne a horizontálne strihy vetru. Vertikálny strih vetra sa zvyčajne objavuje na studenom fronte a za ním, pričom na úrovni zeme môže byť krátkodobý horizontálny strih. Na ich vznik musia taktiež platiť priaznivé podmienky s rozdielnymi teplotami medzi vzduchovými hmotami vo fronte s ich rozdielom aspoň 5 stupňov Celzia a s rýchlosťou prechodu frontu aspoň 30 uzlov, čo predstavuje približne 55 kilometrov za hodinu. Spomínaný krátkodobý horizontálny strih na úrovni zeme ja taktiež spájaný aj so strihom vetra spôsobený orograficky teda na základe prekážok na zemi. Vysoké budovy, nízke kopce alebo huytý porast stromov môžu na závaterných stranách spôsobiť horizontálny strih vetra spolu s turbulenciou v čistom ovzduší. Účinok a sila tohto strihu vetra bude závisieť na smere prúdenia voči prekážkam a rýchlosti prúdenia. Ďalším druhom strihu vetra môže byť z teplotnej inverzie. Tá vzniká v momente, keď teplota ovzdušia s výškou stúpa a môže teda nastať razantná zmena smeru a/alebo rýchlosti prúdenia. V prípade, že inverzná vrstva prúdi blízko zeme, trenie o zemský povrch môže tento strih práve zosilniť. Taktiež, inverzná vrstva môže kompletne zastaviť horizontálne prúdenie vzduchu, čo môže mať práve výsledok v podobe turbulencie, zmeny indikovanej rýchlosti a aerodynamických vlastností. Posledným

spomenutým druhom strihu vetra je vytvorený vo vlnovom prúdení. Vlnové prúdenie môžeme tiež klasifikovať ako orografické, nakoľko je spôsobené nerovnosťami terénu, kde vzduch je mechanicky smerovaný nahor. Vlnové prúdenie vytvorené na záveternej strane s tvarom sínusoidy tak vytvára strih vetra.



Obrázok 1.

Takisto sila a účinok strihu vetra je ovplyvnená na niekoľkých podmienkach ako rýchlosť prúdenia a úrovni hrebeňa pohoria musí mať najmenej 15 uzlov, teda približne 28 kilometrov za hodinu, smer prúdenia nezviera väčší uhol ako 30 stupňov voči kolmici pohoria bez výraznej zmeny smeru prúdenia s výškou. Po teoretickom rozbere strihu vetra bude ďalej popísané meranie, zapisovanie, predpoveď a hlásenie.

### 3. Meranie, zapisovanie, predpoveď a hlásenie strihu vetra

Strih vetra predstavuje bezprostrednú hrozbu a hazard to najmä v najkritickejších fázach letu, ktorými sú vzlet a odlet v počiatočnom stúpaní a vo finálnych fázach ako priblíženie a pristátie. Tým pádom nás najviac zaujíma meranie strihu vetra v letiskovej oblasti. Od objavu vplyvu strihu vetra na charakteristiku letu začiatkom osemdesiatych rokov minulého storočia boli vyvinuté rôzne systémy, ktoré pilotom pomáhajú rozpoznať tieto udalosti a podniknúť príslušné kroky, rozhodnutia a manévry. Nakoľko informovanosť a ostražitosť letových posádok sú kľúčovými faktormi k bezpečnej prevádzke v letectve. Existuje niekoľko spôsobov detekcie strihu vetra, kde sa budeme zaoberať viacerými, avšak, začneme letiskovými vybavením a následne lietadlovým vybavením.

#### 3.1. Letiskové systémy

V dnešnej dobe väčšina letísk, ktoré sú náchylné na výskyt strihu vetra a microburstu disponujú systémom LLWAS – Low Level Windshear Aletrring System (Z Ang. – Systém upozorňovania strihu vetra v malých výškach) a TDWR – Terminal Doppler Weather Radar (Z Ang. – Dopplerov radar na počasia v koncových oblastiach). Sú to systémy, ktoré sú schopné detegovať microburst v kritickej oblasti letu ako napríklad okolie osy vzletovo-pristávacej dráhy, pričom TDWR je schopný aj identifikovať taktiež príchod strihu vetra, teda poskytuje predpoveď. Táto funkcia môže byť kriticky dôležitou vo včasnom upozorňovaní letových posádok a riaciach letovej prevádzky v predstihu. LLWAS je pozemný systém, ktorý prišiel do prevádzky behom sedemdesiatych rokov a vyvíja sa do dnešnej doby. Jeho momentálna podoba dosahuje až 90% účinnosť a skladá sa z

jedného centrálného anemometra (snímača smeru a rýchlosti prúdenia vetra) a piatich alebo viacerých anemometrov, ktoré sú periférne a sú umiestnené v okruhu približne dvoch námorných míľ od centrálného snímača. Údaje nasnímané sa priemerujú počas dvojminútového cyklu a každých 10 sekúnd sa porovnávajú s údajmi z tých periférnych anemometrov. LLWAS disponuje dvoma režimami, kde prvý je výstraha strihu vetra, druhý zas výstraha microburstu. Upozornenie na strih vetra sa vygeneruje vždy, keď rýchlosť prúdenia vetra klesne o 15 až 29 uzlov alebo náhle narastie o viac ako 15 uzlov. Varovný stav microburstu nastane po poklese rýchlosti vetra o viac ako 30 uzlov. Na vzdory rozmiestnenia anemometrov systému LLWAS, systém nemusí byť schopný snímať microburst s rozlohou menšou ako 2 námorné míle. Na druhej strane systém TDWR má schopnosť včasného upozorňovania o možnom strihu vetra, tendencie zmeny smeru prúdenia a takisto schopné zaznamenať zmeny intenzity zrážok. Primárne upozorňuje stredisko riadenia letovej prevádzky a následne je upozornená letová posádka. Radar je špeciálne navrhnutý na prevádzku v prostredí s vysokým rušením, ktoré sa bežne vyskytuje v blízkosti letísk ako napríklad okolité budovy, autá alebo iná interferencia signálom mimo leteckej techniky. Údaje namerané systémom TDWR dokážu byť integrované s údajmi z LLWAS, čo je výsledkom zvýšenej presnosti a účinnosti.

#### 3.2. Lietadlové systémy

Jedným z ďalších druhov detekcie strihu vetrasú samotné radary na počasie umiestnené Jedným z ďalších druhov detekcie strihu vetra sú samotné radary na počasie umiestnené na palube lietadla. Poskytujú viacero informácií vrátane lokácie a intenzity zrážok a turbulencií, zvrstvenia oblačnosti a taktiež aj detekciu strihu vetra. Toto zariadenie je typicky umiestnené v prednej časti lietadla a informácie sú systematicky a farebne zobrazené na navigačných obrazovkách v pilotnej kabíne. Radar na počasie funguje na princípe vysielaia elektromagnetických vln o frekvenciách od 5,44 GHz až do 9,375 GHz, teda pásmo super krátkych vln. Palubný radar vysiela tieto signály každú mikrosekundu a meria tak intenzitu odrazu, pričom zrážky s väčšou intenzitou budú odrážať signál viac, ako tie slabšie zrážky. Následne sú odrazy systematicky a farebne znázornené na navigačnej obrazovke v pilotnej kabíne. Červená farba predstavuje najintenzívnejšie zrážky po oranžovú so stredne intenzívnymi až po zelenú s najmenej intenzívnymi.



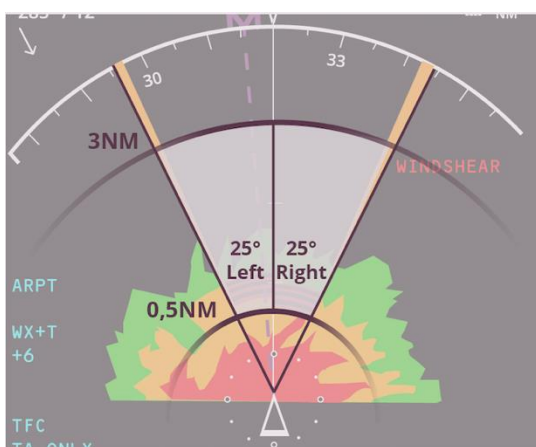
Obrázok 2.

Avšak, pre prípad využitia tohto radaru na detekciu strihu vetra, musí byť radar na počasie vybavený funkciou tzv. systému prediktívneho strihu vetra, teda PWS (Z Ang. – Predictive Windshear System). PWS vyhodnocuje potenciálny strih vetra v blízkosti lietadla na základe pohybu zrážok a vetra. Systém prediktívneho upozorňovania však iba porovnáva aerodynamickými údajmi a inerčnými údajmi. Poskytuje teda len upozornenie o možnom strete so strihom vetra a to primárne v kritických výškach a fázach letu. Systém, ktorý priamo poskytuje manéver na únik zo strihu vetra nazývame reaktívny systém strihu vetra, teda RWS (Z Ang. – Reactive Windshear System). Primárny rozdiel medzi PWS a RWS je ich funkcia, kde PWS navrhuje spôsob ako sa strihu vetra vyhnúť a upozorňuje na potenciálny stret, zatiaľ čo RWS slúži na vedenie únikového manévru.

	RWS	PWS
<b>PURPOSE</b>	- Detect <b>in</b> the wind shear - Guidance to <b>escape</b>	- Detect <b>ahead</b> of the aircraft - Guidance to <b>avoid</b> the event
<b>WARNING</b>	- Aural - Visual	- Aural - Visual
<b>PRINCIPLE</b>	- Comparison between inertial and aerodynamic data	- Doppler weather radar

Obrázok 3.

V rámci varovaní systému PWS a RWS existujú dve úrovne varovania. Výstraha a varovanie (CAUTION a WARNING). Výstraha so zvukovou signalizáciou počas vzletu alebo priblíženia znejúca "MONITOR RADAR DISPLAY!" teda monitoruj obrazovku s radarom je aktivovaná v momente, kedy systém PWS zaznamená možný výskyt strihu vetra vo vzdialenosti od pólu námornej mile až do troch námorných míľ so smerovým rozptylom 25 stupňov do obidvoch strán od pozdĺžnej osi lietadla. V prípade výskytu strihu vetra ešte na zemi pred vzletom je aktivované varovanie znejúce "WINDSHEAR AHEAD!" teda strih vetra je pred vami. Zvuková signalizáciu "WINDSHEAR,WINDSHEAR, WINDSHEAR!" zaznie počas priameho styku so strihom vetra za letu. Letové posádky sú školené na únikové manévry zo strihu vetra, kde je dôležité nemeniť konfiguráciu klapiek a podvozok.



Obrázok 4.

### 3.3. PIERP -Pilot Report (Hlásenie od pilotov)

Hlásenia od letovej posádky v reálnom čase o výskyt strihu vetra taktiež hrá kľúčovú rolu v celkovej bezpečnosti prevádzky okolo letiska. Tieto hlásenia by mali byť promptné, skrz fakt, že čas hrá kritický úlohu o downburste. Tieto hlásenia by mali vždy obsahovať frázu „pilot report,“ a následne približnú polohu hláseného strihu vetra a jeho intenzitu. Táto intenzita je podľa ICAO stanovená nasledovne:

- Ľahká intenzita : 0 až 4 uzle na 100 stôp (0-2 metre za sekundu na 30 výškových metrov)
- Stredná intenzita : 5-8 uzlov na 100 stôp (2.5 – 4 metre za sekundu na 30 výškových metrov)
- Silná intenzita : 9-12 uzlov na 100 stôp (4.6 – 6 metrov za sekundu na 30 výškových metrov)
- Prudká intenzita : viac ako 12 uzlov na 100 stôp (viac ako 6 metrov za sekundu na 30 výškových metrov)

### 3.4. Zapisovanie strihu vetra

Meteorologická správa z letiska (METAR), známa aj ako rutinná meteorologická správa z meteorologického terminálu má štandardný formát na hlásenie informácií o aktuálnom počasí. Metar ako taký obsahuje niekoľko skupín informácií, ktoré sú v konkrétnom poradí a to:

- ICAO kód letiska, o ktorom je správa vydaná
- Dátum a čas merania
- Smer a rýchlosť prízemného vetra
- Viditeľnosť
- Dopredná dohľadnosť RVR (ak je nameraná)
- Kód aktuálneho počasia
- Výška základne oblačnosti a pokrytie oblačnosti v osminách
- Teplota a rosný bod
- A prípadný strih vetra

Tento strih vetra je zapisovaný skratkou WS – WindShear. Strih vetra na zapisovanie do správy METAR sa musí nachádzať vo výške aspoň 1600 stôp na eleváciu letiska (t.j. približne 500 metrov na zemou). Zápis tohto javu je uvedený ako na tomto príklade: WS TKOF RWY26 – to po dekódovaní znamená strih vetra nameraný na vzlet v okolí dráhy 26. V prípade, že strih vetra je indikovaný na všetky dráhy, uvádza sa kód WS TKOF ALL WRY.

## 4. Metodika a metodológia

V časti tejto bakalárskej práce bola použitá metóda analýzy, ktorá predstavuje systematické skúmanie a interpretáciu dát z dostupných študijných materiálov, prevádzkových manuálov, článkov a iných dokumentov.

Na základe týchto zdrojov bolo možné na teoretickej úrovni vyvodiť záver o základoch strihu vetra od jeho samotnej definície, rozsahu poznatkov, možných výskytov, merania až po jeho vplyv na bezpečnosť, výkonnosť a procedurálneho prevedenia manévrov v kritických fázach letu.

Integráciou týchto teoretických údajov bolo neskôr pomocou metodológie syntézy možné prísť na komplexnejšie pochopenie teoretických dát v konkrétnej udalosti stretu reálneho strihu vetra z prístrojového priblíženia na letisku Las Palmas na Gran Canarií.

## 5. Výsledky práce a zhodnotenie s dopadom na prax pri lietaní

V dnešnej dobe je strih vetra považovaný za veľmi nebezpečný, a preto výcvikové organizácie, ktoré sa zaoberajú výcvikom na získanie licencie na dopravné lietadlá, zahrnujú do učebného plánu aj tréning unikových manévrov. Strih vetra sa môže vyskytnúť takmer v akúkoľvek výšku, avšak táto práca sa sústreďuje na jeho vplyv počas najkritickejších fáz letu: vzletu, počiatočného stúpania, priblíženia a pristátia. Tieto posledné dve fázy predstavujú najväčší podiel na incidentoch a nehodách spôsobených strihom vetra. Na záver bude diskutovaný konkrétny prípad strihu vetra počas priblíženia na Kanárskych ostrovoch, ktorý zažil autor tejto práce, spolu s ďalšími incidentmi, ktoré slúžia ako príklad tohto nebezpečného fenoménu.

### 5.1. Strih vetra počas vzletu

Horizontálny a/alebo vertikálny strih vetra pri vzlete má za následok náhlu stratu rýchlosti a/alebo zníženie rýchlosti stúpania s potenciálne katastrofálnymi následkami. Je dôležité, aby sa takéto podmienky rýchlo rozpoznali. Ak sa vyskytnú, je nevyhnutné, aby pilotná reakcia bola okamžitá a správna. Pred samotným manévrom vzletu v podmienkach, kde sa dá podľa všetkých dôveryhodných zdrojov očakávať strih vetra, je veľmi dôležité venovať tomuto potenciálnemu nebezpečenstvu patričnú pozornosť vo forme odletového brífingu. Ten by mal obsahovať zhodnotenie a analyzovanie dostupných informácií, ktorými dokáže letová posádka disponovať ako napríklad informácie z METARu, hlásenia ostatných posádok, alebo z mapy signifikantného počasia. Taktiež by malo byť zahrnuté umné vyberanie dráhy na vzlet s čo najpriaznivejším smerom prúdenia.

Na objasnenie je dôležité udať definície základných rýchlostí na vzlet, ktoré budú uvádzané nižšie.

V1 = je tzv. rýchlosť rozhodnutia, po ktorej v prípade závady alebo núdze vzlet nesmie byť prerušený, z dôvodu nedostatočnej zvyšnej dĺžky dráhy na bezpečné dobrzdenie.

VR = je rýchlosť rotácie, teda pri dosiahnutí tejto rýchlosti je možné lietadlo bezpečne rotovať k odpútaniu od zeme

V2 = táto rýchlosť je bezpečná manévrovací rýchlosť, ktorá by mala byť z pohľadu stability letu udržiavaná až do výšky akcelerácie. Tieto údaje sú v bakalárskej práci vzťahované na fázy vzletu a to strih vetra pred rýchlosťou VR, pred rýchlosťou V1, a po rýchlosti V1.

### 5.2. Strih vetra počas priblíženia

V leteckej komerčnej doprave sa bežne používa let podľa prístrojov, ktorý začína od vzletu až po priblíženie a pristátie. Počas priblíženia je lietadlo vedené pomocou prístrojov tak, aby sa udržalo na bezpečnej vzdialenosti od terénu a prekážok. Strih vetra, najmä počas týchto posledných fáz letu, prispieva k mnohým incidentom a nehodám.

V rámci prístrojových priblížení existujú stabilizačné kritériá, ktoré stanovuje prevádzkovateľ lietadla. Tieto kritériá určujú limity pre rôzne letové parametre, ako je rýchlosť, uhol lietadla a odchýlka od optimálnej trate, aby sa zabránilo nebezpečným situáciám v blízkosti zeme. Ak nie je priblíženie stabilizované, piloti sú povinní vykonať manéver Go Around, čo je štandardný postup nezdareného priblíženia.

Strih vetra počas priblíženia a pristátia môže mať rôzne formy. Pozitívny strih vetra zvyšuje vztlak, čo môže spôsobiť nestabilizované pristátie. Negatívny strih vetra môže zvýšiť rýchlosť lietadla voči zemi a spôsobiť rýchle zvýšenie vertikálnej rýchlosti klesania, čo je rizikové pre pristátie. Náprava tejto situácie je možná, ale prílišná korekcia môže viesť k dlhému pristátiu a nebezpečnému vyrolovaniu z dráhy.

### 5.3. Pozitívny strih vetra v praxi počas priblíženia na letisku Las Palmas, Gran Canaria

Obsahom a pridanou hodnotou tejto bakalárskej práce je vlastná skúsenosť autora z reálneho incidentu z dňa 28. marca 2024 počas priblíženia na letisku Las Palmas na Gran Canarií. V práci sú použité všetky dostupné materiály na možnú identifikáciu a analýzu potenciálneho strihu vetra na finale dráhy v používaní, teda dráhy 03 Ľavá. V predošlej kapitole analyzovaný, v tom čase aktuálny METAR, GCLP 281730Z 35015KT 9999 FEW045 22/14 Q1011 WS ALL RWY NOSIG, bol použitý ako kľúčový nástroj na analýzu. Následne v práci boli priložené obrázky s orografiou daného ostrova a mapou významného počasia. K týmto mapám je podané vysvetlenie a k mape významného počasia je priložená legenda použitých znakov na lepšiu komprehenciu. Počas klesania k destinácii Las Palmas sme nezaznamenali žiadne komplikácie, ako je neočakávaná turbulencia alebo oblačnosť s námrazou, ako naznačuje mapovanie počasia. Avšak, po dosiahnutí bodu začiatku priblíženia sme zachytili vysielanie od niekoľkých lietadiel, ktoré hlásili problémy s priblížením. Bolo nám oznámené o silnom pozitívnom strihu vetra na finále dráhy 03 Ľavá. Keď sme začali približovanie sa pomocou prístrojového prístávacieho systému ILS, začali sme pripravovať lietadlo na pristátie tým, že sme vysunuli vztlakové klapky a podvozok.

Po získaní povolenia na pristátie sme výrazne pocítili pozitívny strih vetra, čo spôsobilo rapidný nárast rýchlosti a nadmerný vztlak, čo spôsobilo tendenciu lietadla stúpať nad optimálnu trajektóriu priblíženia a zostupovú rovinu. Palubný systém vydal varovanie o strihu vetra. Rozhodli sme sa pre opätovné priblíženie a riadiaci nás navádzal na novú trajektóriu. Druhé priblíženie malo podobný priebeh, ale po ňom sme vykonali brífing o zmene postupu, ktorý zahŕňal lepšiu konfiguráciu lietadla. Po úspešnom pristátí sme podali správu o incidente podľa firemných postupov. Takéto hlásenia sú dôležité pre bezpečnosť letu a informovanosť.

#### 5.4. Incidenty a nehody spôsobené strihom vetra

V tejto časti bude pozornosť venovaná incidentom a nehodám, ktoré boli spôsobené strihom vetra.

##### 5.4.1. Delta Airlines let DL191

Let DL191 spoločnosti Delta Airlines havaroval 2. augusta 1985 o 18 hodine a 5 minúte lokálneho času na letisku Dallas Fort Worth v Texase počas priblíženia na dráhu 17 ľavá počas preletu cez microburst, ktorý nebol úspešne prekonaný. Lietadlo sa zrútilo približne 1 námornú míľu severne od prahu dráhy 17 na diaľnicu, kde došlo ku stretu lietadla s osobným autom, v ktorom zahynul vodič po tom, ako sa takmer celé lietadlo rozpadlo, okrem zadnej časti lietadla s chvostovou časťou. Z celkového počtu 163 pasažierov na mieste podľahlo zraneniam 134 pasažierov spolu s posádkou. 26 pasažierov a 3 stewardky nehodu prežili. Národná Rada pre Bezpečnosť Dopravy vyhodnotila za najpravdepodobnejšie príčiny tejto havárie nasledovne:

Rozhodnutie letovej posádky prelet a priblíženie cez búrkový oblak Cumulonimbus

Nedostatok informácií o nebezpečenstve, ktoré strih vetra v reálnom čase predstavoval

Nedostatok výcviku pre posádky na únikový manéver zo strihu vetra

Tieto vyvodené možné príčiny viedli ku havárii po strete silného microburstu počas priblíženia a stretu so zemou v malej nadmorskej výške.

##### 5.4.2. ANA All Nippon Airways NH391

Let ANA All Nippon Airways NH391, Airbus A321-131 registrácie JA104A, bol prevádzkovaný ako pravidelný let z Nagoje do Hakodate.

Incident sa odohrával počas priblíženia na dráhu 12 v vtedy aktuálnou správou METAR, ktorá indikovala vietor 130/28kt, teda vietor zo 130 stupňov o rýchlosti 28 uzlov (14 metrov za sekundu), čo značilo mierny vietor z pravej strany, vzhľadom na smer dráhy. Aj napriek tomu, že všetky letové parametre boli v norme, systém PWS Airbusu A321 vyhodnotil aktuálne podmienky ako strih vetra zvukovým a vizuálnym varovaním a tým pádom letová posádka započala únikový manéver zo strihu vetra a manéver nezdareného priblíženia z výšky 53 stôp nad zemou (16 metrov nad zemou). Vzhľadom na malú výšku, z ktorej bol manéver začatý, došlo ku kontaktu chvostovej časti lietadla so zemou, v anglickom jazyku nazývaným ako „tailstrike.“ Po opakovanom priblížení nasledovalo bezpečné pristátie, po ktorom bolo nahlásené zranenie palubného personálu tvrdým pristátím o intenzite 1,9 násobku preťaženia. Lietadlo tak zasiahlo intenzitou silný strih vetra, ktorý viedol k tomuto kontaktu so zemou počas únikového manévru. Neskôr bolo vyšetrovacím úradom zistené, že tento strih vetra spôsobila práve topografická situácia v okolí mesta Hakodate. Táto topografická situácia v praxi znamenala, že letisko sa s vetrom, ktorý fúkal zo 130 stupňov nachádzalo tak v závetří a spolu so silnými nárazmi vetra tvorila turbulentnú vrstvu vzduchu, čo takýmto spôsobom ovplyvnilo let NH391.

#### 6. Záver

Táto bakalárska práca sa zameriava na význam strihu vetra pre bezpečnosť leteckej dopravy. Identifikuje potenciálne problémy a poskytuje účinné nástroje na ich riešenie. Analyzuje situácie, kde sa strih vetra prejavil v praxi, a zdôrazňuje jeho vplyv na bezpečnosť letu. Autor diskutuje o prípade letu All Nippon NH391, ktorý čelil strihu vetra počas priblíženia, a o tom, ako meteorologické podmienky a orografia miesta môžu ovplyvniť tento jav. Vlastná skúsenosť autora ukazuje dôležitosť poznania miestnych podmienok a dodržiavanie bezpečnostných postupov na letisku s podobnými rizikami.

#### Referencie

- [1] Meteorology, Australian Government Bureau. Hazardous weather phenomena. s.l. : Bureau Meteorology, 2014.J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [2] Administration, Federal Aviation. Wind Shear. s.l. : FAA, 2008.K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [3] Meteorology, Australian Government Bureau of. Hazardous weather phenomena. s.l. : Bureau of Meteorology, 2024.
- [4] Jean Daney, Xavier Lesceu. [ww.safetyfirst.airbus.com](https://www.safetyfirst.airbus.com/). [Online] [Dátum: 19.. Marec 2024.] <https://safetyfirst.airbus.com/wind-shear-an-invisible-enemy-to-pilots/>.
- [5] elearn.aero. [ww.elearn.aero.com](https://www.elearn.aero.com/). [Online] NETVOR & EasyCore. [Dátum: 24.. Marec 2024.] <https://elearn.aero>.
- [6] FAA. Wind Shear. s.l. : FAA.
- [7] Accidents. Aviation Accidents. [Online] <https://www.aviation-accidents.net/delta-airlines-lockeed-l1011-n-726da-flight-dl191/#>.
- [8] Accidents. Aviation Accidents. [Online] <https://www.aviation-accidents.net/delta-airlines-lockeed-l1011-n-726da-flight-dl191/#>.
- [9] Aviation Accidents. [Online] [Dátum: 7.. Apríl 2024.] <https://www.aviation-accidents.net/ana-all-nippon-airways-airbus-a321-131-ja-104a-flight-nh391/>.