



CHANGES IN VISIBILITY CAUSED BY ATMOSPHERIC FRONTS

Sebastián Valo
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

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

Abstract

This scientific thesis deals with the research and analysis of atmospheric fronts and their effect on visibility focused on aviation in Žilina airport, Poprad – Tatry airport and Košice airport. For the purposes of research and analysis of changes in visibility due to the atmospheric fronts passing through, METAR reports from the above-mentioned airports and bulletins of meteorology and climatology published every month were used. We analyzed reports from 2017 to 2021, a 5-year period. In this thesis, there is also an atmosphere with its layers, fronts and visibility. This scientific thesis was developed under the supervision of the thesis supervisor. For the analysis, we used METAR reports provided by the Slovak Hydrometeorological Institute.

Keywords

atmospheric fronts, visibility, METAR, aviation

1. ÚVOD

Cieľom tejto práce je priblížiť čitateľovi problematiku spájanú s atmosférickými frontami a ich vplyv na dohľadnosť v letectve. Nízka dohľadnosť môže byť veľmi nepríjemná, v niektorých prípadoch až nebezpečná, hlavne v kritických fázach letu, akými sú vzlet a pristátie.

Nízka dohľadnosť môže byť zapríčinená rôznymi faktormi. Na náš výskum sú používané letiská Žilina, Poprad- Tatry a Košice. Chceme zistiť, či má geografická poloha letísk nejaký vplyv na postupujúci atmosférický front, ktorý sa časom rozpadá a slabne aj jeho intenzita.

2. TEORETICKÉ POZNATKY

Atmosférický front je niekoľko stoviek až tisícok kilometrov dlhá vrstva vzduchu oddeľujúca dve vzduchové hmoty s rozdielnymi vlastnosťami. Pozdĺž frontu môže mať táto vrstva tisíce kilometrov a vertikálne stovky metrov, niekedy 1 až 2 kilometre. Frontálna plocha je voči vodorovnej rovine naklonená najviac 1 stupeň. Pri prechode z jednej vzduchovej hmoty do druhej cez atmosférický front sa menia hodnoty meteorologických prvkov skokovito. Rozpad frontu nastáva pri vyrovnaní vlastností vzduchových hmôt, ktoré front oddeľoval.

Studený front vzniká, keď sa studená a ťažšia masa vzduchu podsúva pod teplú, ľahšiu a núti teplý vzduch stúpať. Studený vzduch nahradí teplý pri zemskom povrchu. Pri stúpajúcom teplom a vlhkom vzduchu, ktorý chladne a kondenzuje, sa vyskytuje dážď, občasne aj búrky. Rozlišujeme 2 druhy studených frontov.

Studený front 1. druhu sa prejavuje vertikálnymi výstupmi teplého vzduchu, ktorý sa vo výške rozteká a postupuje šikmo po celej frontálnej ploche. Pred frontom vznikajú pri vertikálnom výstupe vzduchu oblaky typu kumulonimbus, za frontom pri šikmom výstupe vzduchu oblaky typu nimbostratus, altostratus, cirrostratus, cirus. Tento typ studeného frontu

prechádza našim územím zväčša v zimnom období, spôsobuje trvalé zrážky alebo prehánky a na šírku môže merať aj cez 1000 kilometrov.

Pri studenom fronte 2. druhu pozorujeme väčšinou len vertikálny výstup teplého vzduchu s oblakmi typu kumulonimbus. Tento typ je pre strednú Európu typickejší a vyskytuje sa najmä na jar a jeseň. Jeho postup je razantnejší a samotný studený front 2. druhu prichádza v podobe hradby búrkových oblakov, ktoré v lete môžu dosahovať výšku ďaleko nad 10km.

Počasiu studeného frontu sa prejavuje najmä na jeho čele a za ním, na rozdiel od teplého frontu, kedy sa jeho charakteristické počasie prejavuje hlavne pred čiarou frontálneho rozhrania. Počasie, ktoré nastane počas prechodu frontu veľmi závisí od rozdielu teplôt vzduchovej hmoty pred a za frontálnym rozhraním, ale takisto tu hrá dôležitú rolu ako ročná, tak aj denná doba.

Teplý front vzniká, ak sa teplá a vlhká masa vzduchu nasunie nad studenú a pomaly ju odtláča. Ako teplá vzduchová masa rastie, väčšinou kondenzuje a vytvára vrstevnatý systém oblačnosti typu cirus, cirrostratus, altostratus a nimbostratus. Rozsiahla vrstevnatá oblačnosť je pre teplý front charakteristická a z toho vyplýva aj typ zrážok, ktoré z takejto oblačnosti vypadávajú. Jedná sa o trvalé zrážky vo forme sneženia, dažďa, mrholenia alebo ich kombináciu.

Približne 500 kilometrov pred prechodom frontálnej čiar je možné pozorovať prvé zrážky trvalého charakteru padajúce nad rozsiahlym územím. V letectve predstavuje teplý front počas celého roka problém. V prízemných hladinách prináša vždy zhoršenie počasia, najmä nízku oblačnosť a zhoršenú dohľadnosť, čo znemožňuje lietanie za podmienok VMC (Visual Meteorological Conditions – podmienky lietania za vonkajšej viditeľnosti) a sťažuje lietanie za podmienok IMC (Instrument Meteorological Conditions – podmienky lietania podľa prístrojov).

Oklúzny front súvisí s vývojom tlakovej níže a jej frontálneho systému. Prednú časť teplého sektoru tvorí teplý front, postupujúci pomalšie (približne 50 km/h) a zadnú časť zase studený, rýchlejší (približne 80 - 100 km/h). Studený front sa tým pádom počas vývoja cyklóny približuje k teplému frontu a začína s ním splyvať. Deje sa tak najskôr od stredu tlakovej níže a ďalej pokračuje smerom k jej okrajovým častiam.

Teplý vzduch, vymedzený frontálnymi plochami teplého a studeného frontu, je týmto postupným uzatváraním teplého sektora vytesňovaný smerom nahor. V momente, keď sa obe frontálne plochy stretnú, pri zemi je už iba studený vzduch a do výšky bol vytlačený vzduch teplý. Oklúzny front sa niekedy prejavuje viacej ako teplý front, inokedy sa viac podobá na front studený.

2.1. DOHĽADNOSŤ

Pre letecké účely je za dohľadnosť považovaná najväčšia vzdialenosť, na ktorú je možné spoľahlivo vidieť a rozoznať na svetlom pozadí čierny predmet vhodných rozmerov umiestnený na zemi. V noci je to najväčšia vzdialenosť, na ktorú vie pozorovateľ spoľahlivo rozoznať na neosvetlenom pozadí svetlá so svetivosťou približne 1000 cd. Pri vizuálnom určovaní dohľadnosti sa využívajú reálne objekty.

Najväčší vplyv na dohľadnosť má obsah vlhkosti a rôznych tuhých častí v atmosfére, vďaka ktorým je svetlo rozptyľované. Dohľadnosť takisto ovplyvňujú padajúce zrážky vo forme dažďa, hmly, mrholenia, sneženia alebo prehánok.

Hmla je meteorologický jav, pri ktorom je dohľadnosť nižšia ako 1000 metrov a tvorí sa pri relatívnej vlhkosti vzduchu blízkej sa k 100%. Podľa spôsobu tvorby a príčin ich vzniku, môžeme hmly rozdeliť na:

- Radiačné hmly - typ hmiel, ktoré sa nad pevninou miernych zemepisných šírok vyskytujú najčastejšie. Postup vzniku hmly je nasledovný: za pokojnej jasnej noci sa vyžarovaním ochladzuje zemský povrch a od neho postupne aj prízemné vrstvy vzduchu. Ak je vzduch dostatočne vlhký, klesne jeho teplota na teplotu rosného bodu. Ďalším ochladzovaním nadbytočné množstvo vodnej pary kondenzuje a tvorí sa hmla.
- Advekčné hmly sa tvoria pri prúdení teplej a vlhkej vzduchovej hmoty nad studenším povrchom. Teplota zemského povrchu musí byť nižšia, ako je teplota rosného bodu vzduchu, v ktorom vodná para kondenzuje. Hmly takéhoto typu sa vyskytujú zväčša v prímorských oblastiach pri prúdení vlhkého vzduchu nad chladnejším morom.
- Frontálne hmly obvykle vznikajú pred teplým frontom. Zrážky vypadávajú z teplej vzduchovej hmoty do chladnejšej a hmla sa tvorí tak, že tekuté zrážky padajú cez vrstvu vzduchu so zápornou teplotou. Pokles tlaku pred frontom spôsobuje adiabatickú expanziu, teda aj pokles teploty. Napriek tomu silnejšie zrážky a vietor pred frontom hmly rozpúšťajú tým, že vietor premiešava vzduch a zrážky vyplávajú z ovzdušia kvapôčky hmly. Hmla tohto typu väčšinou trvá iba niekoľko hodín.

- Zafrontálne hmly môžu vzniknúť za teplým frontom tak, že teplá vzduchová hmota prúdi nad studeným povrchom a tvorí sa advekčná hmla. Ak napadne pred frontom sneh a za frontom sa vyjasní, môže byť takáto advekčná hmla zosilnená radiačným ochladzovaním a vznikne advekčne – radiačná hmla.

Zákal je jav, ktorý spôsobujú veľmi malé, okom neviditeľné častice rozptýlené vo vzduchu. Často sa vyskytuje v priemyselných oblastiach a dohľadnosť sa pri ňom pohybuje okolo 5 až 2 kilometre a od dymna ho vieme rozlíšiť podľa toho, že relatívna vlhkosť vzduchu nie je zvýšená nad 70 až 80%.

Dymno spôsobuje prítomnosť mikroskopických kvapôčok vody vo vzduchu, čo sa prejaví zvýšením vlhkosti vzduchu. Ak sa pri západe alebo východe Slnka pozeráme cez takúto vrstvu, má sýtočervenú farbu. Dohľadnosť pri dymne býva väčšinou 1 až 2 kilometre. Ak dohľadnosť klesá pod 1000 metrov, hovoríme už o hmle.

Zrážky ovplyvňujú dohľadnosť v závislosti od ich intenzity a kvality. Snehové prehánky, hlavne na jar pri vyšších teplotách a silnej konvekčii, pri ktorých padajú veľké snehové vločky, sú pre letectvo najneprijemnejšie. V takýchto prehánkach môže dohľadnosť poklesnúť aj na niekoľko desiatok metrov a viditeľnosť z kabíny lietadla je skoro nulová. Pri tekutých zrážkach býva výhľad z kokpitu zhoršený pri hustom mrholení alebo pri daždi.

2.2. METAR

METAR z anglického „Meteorological Terminal Air Report“ je pravidelná meteorologická správa používaná pre letiská, letové prevádzky a pilotov, štandardizovaná podľa ICAO, vďaka čomu sú porozumiteľné po celom svete. Tieto správy sú na Slovensku vykonávané každú pol hodinu na letiskách Bratislava, Piešťany, Žilina, Tatry a Košice a poskytujú informácie o aktuálnych meteorologických podmienkach a javoch na danom letisku. V správe METAR je zakódovaných množstvo informácií, vrátane teploty, vetra, oblačnosti, dohľadnosti a tlaku. Všetky informácie v tejto správe sú kódované v skratkách a v určitom poradí.

3. METODIKA SKÚMANIA

Na základe informácií poskytnutých Slovenským hydrometeorologickým ústavom, sa budeme v tomto článku zaoberať dohľadnosťou pri prechode jednotlivých frontálnych rozhraní na letiskách Žilina (LZZI), Poprad - Tatry (LZTT) a Košice (LZKZ) v 5 ročnom období, medzi rokmi 2017 až 2021. Analýza sa bude zameriavať na správy METAR, konkrétne na dni, kedy sme zaznamenali postup frontálneho rozhrania cez naše územie. Túto informáciu sme vyčítali z mapiek prízemných tlakových polí, ktoré sú archivované v „Bulletin Meteorológia a Klimatológia“ uverejňované mesačne Slovenským hydrometeorologickým ústavom. Za každý deň v mesiaci sa tu nachádza fotka prízemného tlakového poľa z daného dňa, kde môžeme postupujúce fronty vidieť a určiť typ frontu o aký sa jedná. Správ METAR za 5 ročné obdobie bolo celkovo 262 000, ale my budeme analyzovať len časové úseky, kedy front postupoval cez územie Slovenska alebo zasahoval do jeho okrajových častí.

Pre účely výskumu sme sa zamerali na tri slovenské letiská: Žilina, Poprad - Tatry a Košice. Žilinské letisko bolo vybrané ako hlavné, z dôvodu pilotného výcviku. Ďalej letisko Poprad - Tatry a Košice preto, že sú od seba dostatočne vzdialené na to, aby bolo možné pozorovať rozpad frontu, prípadne zmenu v dohľadnosti pri jeho postupe.

4. ANALÝZA LETISKA ŽILINA

4.1. Studený front

V mesiacoch november, december, január a február studený front znižoval dohľadnosť hmlou, dymnom a snežením. Pri snežení bol pokles v dohľadnosti kratší (približne na 3-5 hodín), dymno znižovalo dohľadnosť na 5-8 hodín a najdlhšie pretrvávali hmly okolo 10 hodín.

V mesiacoch február, marec a apríl znižovali dohľadnosť dážď so snehom, alebo samotný dážď, miestami dymno. Avšak aj pri prechode frontu spojeného s dažďom sme pomocou správ METAR zanalyzovali, že až v polovici prípadov dážď neznížil dohľadnosť pod 10 kilometrov. Ak dážď spôsobil pokles v dohľadnosti, bolo to väčšinou na 5 hodín, ojedinele na 8 – 12 hodín.

S príchodom letných mesiacov sa studený front skoro neprejavoval a aj s jeho frontom sme len málokedy spozorovali zmeny v dohľadnosti. Mesiace jún, júl, august a september sa vyznačujú pekným letným počasím a z hľadiska dohľadnosti tomu nebolo inak. Za 5 rokov pozorovaní sa za leto znížila dohľadnosť vplyvom studeného frontu ročne v priemere 4 krát, s výnimkou roka 2020, kedy sme pozorovali v mesiacoch jún a júl zhoršené dohľadnosti v skorých ranných hodinách. Asi na tretine frontov, ktoré prešiel územím Slovenska sme pozorovali pokles dohľadnosti pod 1000 metrov na pár hodín. Avšak väčšina studených frontov aj v tomto období prešla cez naše územie bez toho aby zhoršila dohľadnosť pod 9999, teda pod 10 kilometrov. V letných mesiacoch bola dohľadnosť zhoršená prostredníctvom búrok a silného dažďa.

Koniec septembra a mesiace október a november začali so sebou opäť prinášať zhoršovanie v dohľadnosti, ale zmena v zhoršení dohľadnosti nebola pozorovaná tak dlho, ako v zimných mesiacoch. Môžeme teda povedať, že prechodové obdobia sú prechodové aj z hľadiska zhoršovania dohľadnosti. V jesenných mesiacoch zhoršenie dohľadnosti postupom studeného frontu pretrvávalo v priemere 4 – 6 hodín, ale zopár frontov so sebou prinieslo aj dohľadnosť menšiu ako 1000 metrov, pretrvávajúcu pol dňa. S istotou sa však nedá určiť, či nočné hmly boli spôsobené postupujúcim frontálnym rozhraním alebo Vodnou nádržou Žilina, teda zvýšenou vlhkosťou v ovzduší a vhodnými podmienkami pre vznik hmly.

4.2. Teplý front

V zimných mesiacoch december, január a február teplý front znižoval dohľadnosť na dlhšiu dobu ako front studený. Väčšinou to bolo na pol dňa, niekedy až celý deň. Vo väčšine prípadov zníženú dohľadnosť spôsobovalo mrholenie, dymno, dážď alebo dážď so snehom, ojedinele snehové prehánky. Po dôkladnom zanalyzovaní správ METAR sme zistili, že v mesiacoch január a február bolo znižovanie dohľadnosti postupné, no oproti studenému frontu pretrvávalo o niečo dlhšie.

V letných mesiacoch sme pozorovali najmenší počet teplých frontov, ktoré prešli cez územie Slovenska a vo väčšine prípadov sa pri ich postupovaní neznížila dohľadnosť pod 10 kilometrov, avšak v ojedinelých prípadoch, hlavne v noci spôsoboval teplý front zhoršenie dohľadnosti aj pod 1 kilometer. Správy METAR ukázali, že pri postupe teplého frontu cez naše územie boli na letisku Žilina pozorované prehánky a mierny dážď, ktoré ale nespôsobili zníženie dohľadnosti.

4.3. Oklúzny front

Oklúzny front sa vzhľadom na dohľadnosť prejavoval najviac v zimnom polroku, teda v mesiacoch od decembra do marca, kedy dohľadnosť znížil vo všetkých prípadoch na viac ako 14 hodín, najviac však 2 dni. Vo väčšine prípadov bolo zhoršenie dohľadnosti pozorovateľné od 20 do 24 hodín, sprevádzané snežením, dymnom alebo dažďom. Dohľadnosť bola v porovnaní so studeným frontom väčšia, pohybovala sa okolo 2-5000 metrov, no pretrvávalo oveľa dlhšie.

V mesiacoch od apríla do septembra – októbra cez naše územie za 5 rokov prešiel oklúzny front iba 11 krát. Nespôsobil pri tom žiadne signifikantné zmeny v dohľadnosti.

5. ANALÝZA LETISKA POPRAD-TATRY

5.1. Studený front

Na letisku v Tatrách ovplyvňoval studený front dohľadnosť v zimných mesiacoch december, január, február a marec hlavne mrznúcou hmlou, pri ktorej sa dohľadnosť zhoršovala pod 1000 metrov a pretrvávala 10-12 hodín. Ďalej to bolo dymno, ktoré znižovalo dohľadnosť na 4-6 hodín, miestami aj celú noc. Často bolo spojené so snežením, mrholením alebo mrznúcim dažďom, kedy sme pozorovali zhoršenie v dohľadnosti o niečo viac, avšak dohľadnosť bola vždy väčšia ako pri hmle.

Snehové prehánky a sneženie znižovali dohľadnosť menej ako hmly a dymno. Zníženie viditeľnosti sme na základe analýzy správ METAR spozorovali vo väčšine prípadov na 4-8000 metrov. Sneženie pretrvávalo veľa krát celý deň, no znížená dohľadnosť bola zaznamenaná iba v krátkom časovom úseku, zvyčajne 2-3 hodiny, kedy sneženie bolo intenzívne a husté.

V apríli sa najčastejšie vyskytoval mrznúci dážď pri prechode studeného frontu, ktorý ale dohľadnosť pod 10 kilometrov veľmi neznížoval.

V letných mesiacoch sme pri postupe studeného frontu zníženie dohľadnosti pozorovali najmenej. Frontálne rozhranie bolo zvyčajne sprevádzané dažďom alebo búrkou, kedy znížil dohľadnosť na veľmi krátky čas na vzdialenosť približne 5-7 kilometrov, ojedinele okolo 2-3 pri zvýšenej intenzite dažďových prehánok.

V porovnaní s letiskom v Žiline sme prišli na to, že v zimných mesiacoch ovplyvňoval studený front viac počasie a dohľadnosť v Žiline, zatiaľ čo v letnom polroku bol pokles v dohľadnosti vplyvom prechádzajúceho frontu o niečo vyšší na letisku v Poprade.

5.2. Teplý front

Takisto ako studený, aj teplý front ovplyvňoval dohľadnosť na letisku Poprad-Tatry v zimných mesiacoch formou dažďa, dažďa so snehom alebo snežením. Analýzou správ METAR sme zistili, že snehové zrážky ovplyvňovali dohľadnosť najviac. Zhoršená dohľadnosť formou sneženia pretrvávala zo všetkých typov zrážok najdlhšie a väčšinou poklesla na hodnoty okolo 2-5000 metrov.

V letných mesiacoch sa aj na tomto letisku prejavil postupujúci teplý front, ktorý ale nespôsobil žiadne zhoršenie dohľadnosti, ktoré by bolo pre leteckú prevádzku limitujúce, alebo nebezpečné.

Porovnaním analýzy letiska Žilina s letiskom Poprad-Tatry za 5 ročné obdobie sme aj pri teplom fronte spozorovali oveľa menší pokles v dohľadnosti na letisku v Poprade ako na letisku v Žiline. Zatiaľ čo prechodom teplého frontu cez letisko Žilina sa dohľadnosť znížila častokrát pod 10 kilometrov, v Poprade dohľadnosť pri prechode tohto frontu podľa správ METAR pretrvávala nad 10 kilometrov.

5.3. Oklúzny front

Na základe analýzy správ METAR sme zistili, že takisto ako na letisku v Žiline, aj na letisku Poprad-Tatry zníženie dohľadnosti pretrvávalo najdlhšie práve prechodom oklúzneho frontu, väčšinou snežením, ojedinele dažďom so snehom v zimných mesiacoch. Znížená dohľadnosť pretrvávala okolo 24 hodín, nie však dlhšie ako dva dni. V letných mesiacoch sa oklúzny front na letisku Poprad-Tatry prejavoval búrkovou činnosťou, alebo prehánkami, kedy zhoršenie dohľadnosti bolo pozorované len na veľmi krátku dobu alebo vôbec.

Na jar, v mesiacoch apríl a máj a na jeseň v mesiacoch október, november sa intenzita javov spôsobených oklúznym frontom postupne zvyšovala a zhoršenie v dohľadnosti sme opäť pozorovali čoraz viac ako v lete.

6. ANALÝZA LETISKA KOŠICE

6.1. Studený front

Fronty, ktoré postupovali od severu alebo východu, znižovali v zimných mesiacoch dohľadnosť na tomto letisku na pomerne dlhú dobu dymnom, hmlou, snežením alebo prehánkami. Môžeme ale s istotou povedať, že frontálnych rozhraní postupujúcich od západu bolo podstatne viac ako tých postupujúcich zo severu alebo z východu Európy, takže dohľadnosť na tomto letisku bola väčšinou času nad 10 kilometrov.

V letných mesiacoch sa studený front na tomto letisku prejavoval veľmi málo, vo forme prehánok a krátkych búrok. V jarných a jesenných mesiacoch sa pri prechode studeného frontu znižovala dohľadnosť postupne, no jej zhoršenie pod 10 kilometrov netrvalo až tak dlho ako v zime.

6.2. Teplý front

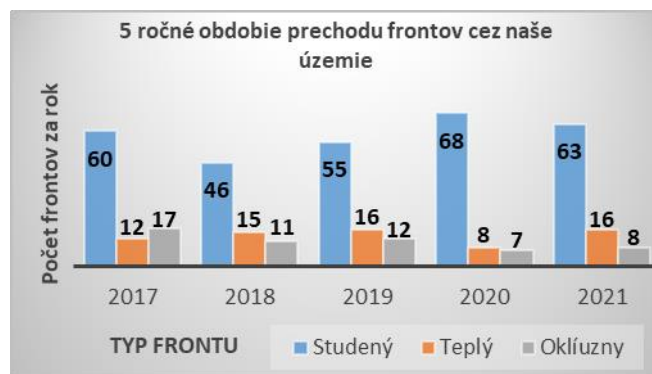
Teplý front sa v zimných mesiacoch prejavoval vo forme dažďa, mrholenia a dažďa so snehom. Tak, ako pri studenom fronte, aj pri prechode teplého frontu sme v niektorých prípadoch spozorovali na letisku Košice v zimných mesiacoch veľmi dlhé zníženie dohľadnosti hmlou a dymnom, ktoré pretrvávali dva

dni. Nie je isté, či bola znížená dohľadnosť zapríčinená práve postupujúcim frontálnym rozhraním, no podľa klesajúceho tlaku s príchodom frontu a jeho zotrvaní po prechode sa domnievame, že aj takéto dlhodobé zhoršenie dohľadnosti bolo ovplyvnené teplým frontom.

Takisto sme tu pozorovali s teplým frontom sneženie vo forme SG (snehové krúpy), ako na jedinom z troch analyzovaných letísk. Výskyt tejto formy sneženia sme pozorovali ako pri teplom, tak aj studenom fronte a nevenovali sme tomu veľkú pozornosť, keďže dohľadnosť samostatne znižovala na maximálne 6-7000 metrov a skoro vo všetkých správach METAR bola sprevádzaná s dymnom alebo hmlou, ktoré znižovali dohľadnosť na letisku omnoho viac.

6.3. Oklúzny front

Ako pri studenom a teplom fronte, aj oklúzia sa prejavovala na Košickom letisku podobne. V zimných mesiacoch boli prejavy frontu sprevádzané snežením, dažďom, ich kombináciou, prípadne hmlou alebo dymnom. V lete to boli búrky a prehánky, ktoré neznižovali dohľadnosť skoro vôbec.



Obrázok 1 – 5 ročné obdobie frontov cez územie SR.

7. ZÁVER

Pomocou Bulletinov publikovaných Slovenským hydrometeorologickým ústavom sme zistili, ako často prechádzajú jednotlivé frontálne rozhrania cez územie Slovenska. Porovnaním výsledkov so správami METAR sme zistili, ako jednotlivé fronty ovplyvňujú dohľadnosť na letiskách v Žiline, Poprade a Košiciach.

V tejto práci sme sa bližšie pozreli na atmosféru, priblížili sme si jednotlivé fronty a dohľadnosť.

Najviac fronty ovplyvňovali dohľadnosť na letisku v Žiline formou hmly a dymna. S istotou vieme povedať, že frontálne rozhrania mali najväčší vplyv na dohľadnosť v zimných mesiacoch od novembra do marca. Snažili sme sa týmto výskumom dokázať, že jednotlivé frontálne rozhrania naozaj znižujú dohľadnosť, ktorá je pre letectvo veľmi dôležitým meteorologickým faktorom.

Referencie

- [1] KRÁČMAR, Jan. Meteorologie (050 00). Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN isbn8072044478.

- [2] NEDELKA, Milan. Prehľad leteckej meteorológie. Bratislava: Alfa, 1984.
- [3] ZVEREV, Aleksej Semenovič. Synoptická meteorologia: celoštátna vysokoškolská učebnica pre matem.-fyz. a prírodoved. fakulty vysokých škôl. Bratislava: Alfa, 1986. Edícia matematicko-fyzikálnej literatúry.
- [4] Učebnice pilota 2019: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost. Cheb: Svět křídel, 2019. ISBN 978-80-7573-049-7.
- [5] DVOŘÁK, Petr. Letecká meteorologie 2017. Cheb: Svět křídel, 2017. ISBN 978-80-7573-014-5.
- [6] LEXMANN, Eugen. Meteorológia pre športového pilota. 2. dopl. vyd. Bratislava: Alfa, 1989. Edícia dopravnej literatúry.