

**Vyhodnotenie predpovedí smeru vetra z numerického modelu
ALADIN v priestore vzletovej a pristávacej dráhy letiska
Poprad**

Abstrakt:

Cieľom práce je analyzovať a vyhodnotiť odchýlky predpovede vetra z numerického predpovedného modelu ALADIN v topograficky zložitom teréne v okolí letiska Poprad-Tatry.

Abstract:

The aim of this work is to analyse and evaluate the ALADIN numerical weather prediction system deficiencies of the wind field forecast in the orographically complex terrain around the Poprad-Tatry airport.

Anotácia:

Predpovede poľa vetra z numerického modelu ALADIN pre oblasť letiska Poprad-Tatry sú v niektorých situáciách nepresné. Úlohou práce bude tieto odchýlky analyzovať a vyhodnotiť. Predpovedané hodnoty budú porovnávané s pozorovanými hodnotami smeru a rýchlosti vetra s cieľom stanoviť podmienky ich výskytu a prípadnú závislosť na synoptickej situácii. Vyhodnocovanie je prioritne orientované na 24-hodinový predpovedný interval, zodpovedajúci obdobiu, ku ktorému sa vzťahujú predpovede TAF pre letisko Poprad-Tatry.

Kľúčové slová:

numerická predpoveď počasia, smer vetra, letecká meteorológia

Zoznam použitých skratiek:

ALADIN - z *franc.* Aire Limitée Adaptation dynamique Développement International

ARPEGE - z *franc.* Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle

ICAO - z *angl.* International Civil Aviation Organization

LZTT - Letisko Poprad–Tatry (ICAO kód letiska)

Lat - z *angl.* Latitude, zemepisná šírka

Lon - z *angl.* Longitude, zemepisná dĺžka

METAR - z *angl.* Meteorological Aerodrome Report

SHMÚ - Slovenský hydrometeorologický ústav

TAF - z *angl.* Terminal Area Forecast

UTC - z *angl.* Coordinated Universal Time

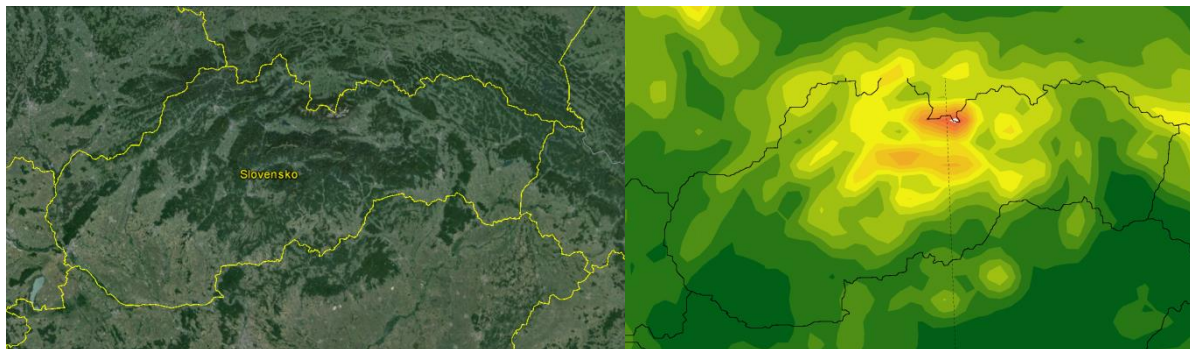
Úvod

Pracovníci leteckej meteorológie si všimli, že numerická predpoveď modelu ALADIN v oblasti letiska Poprad-Tatry býva často nepresná. Nepresnosť sa týka hlavne smeru vetra a príčinou jej vzniku môže byť topograficky zložitý terén v okolí letiska. Preto sme sa rozhodli zistiť, kedy dochádza k výrazným odchýlkam smeru skutočného vetra od smeru predpovedaného ALADIN-om.

Letisko Poprad-Tatry sa nachádza v meste Poprad, v Popradskej kotline, ktorá je súčasťou Podtatranskej kotliny. Je obklopené pohoriami Vysoké Tatry (zo severnej strany) a Nízke Tatry (z južnej strany). Dosahuje nadmorskú výšku 718 m n. m., takže je najvyššie položeným letiskom pre dopravné lietadlá na krátke a stredné vzdialenosti v strednej Európe. Vďaka svojej geografickej polohe má mimoriadne dobré poveternostné podmienky. Často leží nad hranicou hmly a využívajú ho ako náhradné letisko lietadlá, pôvodne smerujúce do Košíc, Sliacha, Žiliny či dokonca Bratislavy. Niektoré klimatologické charakteristiky letiska¹: priemerná ročná teplota vzduchu -5,7 °C, priemerná januárová teplota vzduchu -5 °C, priemerná júlová teplota vzduchu 15,5 °C, priemerný ročný úhrn zrážok 593 mm, s maximom v júni a minimom v januári, prevažne prúdenie západné.

ALADIN vznikol ako verzia globálneho modelu ARPEGE aplikovateľná s vyšším rozlíšením a na ohraničenej oblasti, v rámci medzinárodného projektu, ktorého sa momentálne zúčastňuje 16 meteorologických služieb strednej a východnej Európy, vrátane Slovenska. Tento projekt bol iniciovaný meteorologickou službou Météo - France v roku 1991.

ALADIN/SHMÚ pokrýva obdĺžnikovú oblasť Európy s rozmermi 2882 x 2594 km a horizontálnym rozlíšením 9 km. Táto oblasť predstavuje sieť 320 x 88 bodov (neskôr označované ako uzlové body). Vertikálne pracuje s 37 hladinami, pričom najnižšia je okolo 17 m nad povrchom a najvyššia vo výške asi 5 hPa. Výpočet modelu prebieha 4-krát denne (o 00, 06, 12 a 18 hodine UTC) na 72² hodín s časovým krokom 400 s. Okrajové podmienky získava interpoláciou ARPEGE. Počiatkové podmienky získava v asimilačnom cykle, kde prízemné polia sú analýzou prízemných pozorovaní metódou optimálnej interpolácie. Počiatkový stav výškových polí získavame metódou blendingu digitálnym filtrom. Počiatkové a okrajové podmienky sú pripravované každé 3 hodiny. Niektoré predpovede modelu ALADIN-a/SHMÚ sú nepresné v dôsledku zjednodušenej topografie, ktorá je daná jeho rozlíšením. Porovnanie topografie skutočnej, s tou v modeli, môžeme vidieť na obrázkoch 1 – 4. Výpočet ALADIN-a beží na 24 procesoroch a predpoveď na 72 hodín trvá približne 35 minút.



Obrázok 1: Skutočná topografia Slovenska

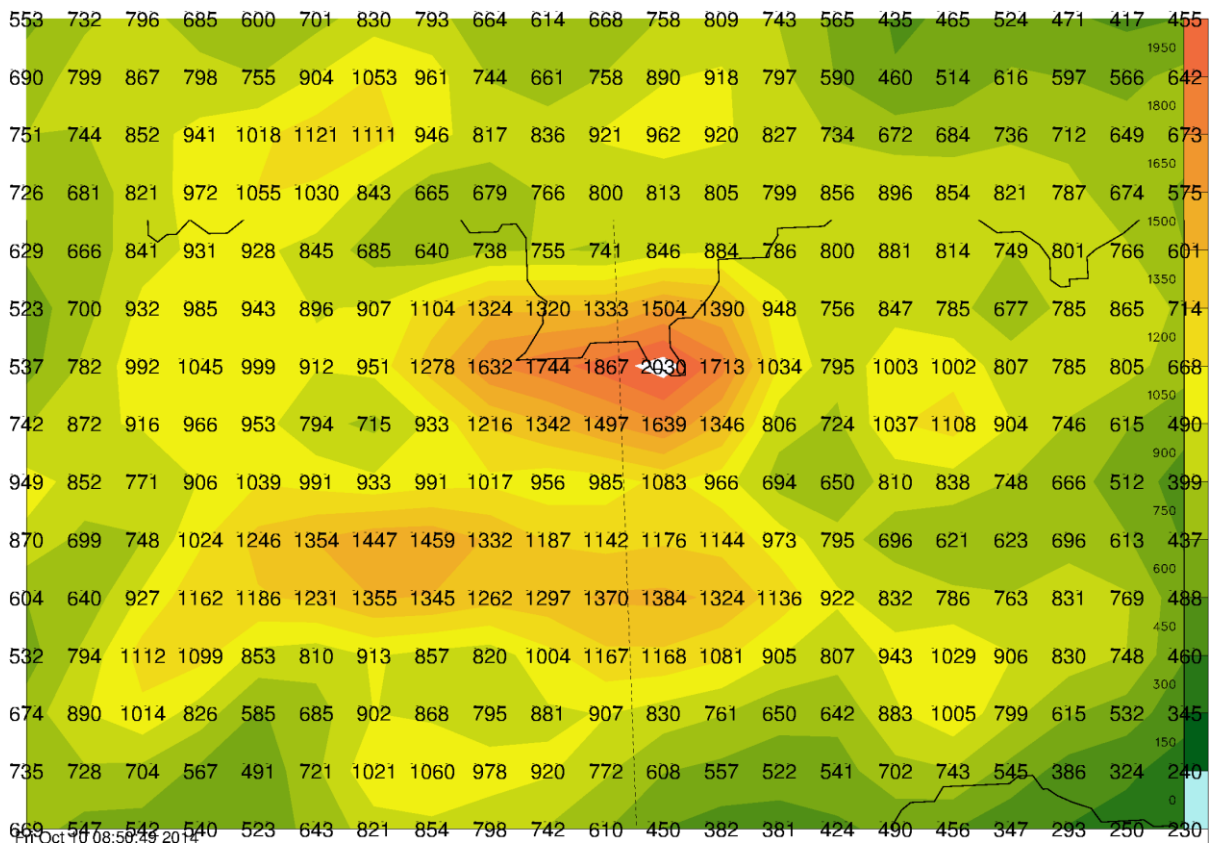
Obrázok 2: Topografia Slovenska v ALADIN-e

¹ uvádzané charakteristiky sú určené z normálového obdobia 1951 – 1980

² predpoveď na 72 hodín sa robí od 27. 3. 2006



Obrázok 3: Skutočná topografia v okolí letiska LZTT



Obrázok 4: Topografia v okolí letiska LZTT v ALADIN-e

Informácie o použitých dátach

Vyhodnocovali sme údaje pre letisko Poprad-Tatry za obdobie 5 rokov: 2009 – 2013. Údaje o pozorovanej situácii sme použili zo správ METAR v hodinových intervaloch, ktoré sme porovnávali s údajmi vypočítanými ALADIN-om na 24 hodín.

METAR je pravidelná meteorologická správa vo forme kódu³, využívaná v leteckej meteorológii. Slúži na informovanie pilotov o aktuálnom stave počasia na danom území. Vydáva sa každú polhodinu. Správa obsahuje: ICAO kód letiska, dátum a čas vydania (v UTC), priemerný smer a rýchlosť vetra v uzloch (prípadne aj nárazy vetra), prevládajúca dohľadnosť, dráhová dohľadnosť, stav počasia, výška základne oblakov, teplota vzduchu, teplota rosného bodu, tlak vzduchu, prípadne nejaké dodatkové informácie a prístávaciu predpoveď TREND.

Údaje z **ALADIN-a** sme získali zo super-počítača, na ktorom model beží, pomocou príkazu `ala2ascii`. Dáta sme sťahovali pre bod s Lat - Lon súradnicami: 49.070-20.250⁴. Použili sme štvorbodovú interpoláciu, pričom 4 najbližšie uzlové body majú Lat - Lon súradnice: `uzol_1` 49.0354 - 20.2087; `uzol_2` 49.0321 - 20.3320; `uzol_3` 49.1162 - 20.2137; `uzol_4` 49.1129 - 20.3372. Použili sme dva behy modelu, a to 00 a 12 s predpoveďou na 24 hodín a krokom predpovede 1 hodina. Dáta pre roky 2009 – 2011 sme museli najskôr vytiahnuť z archívu.



Obrázok 5: Zobrazenie najbližších uzlových bodov ALADIN-a k LZTT

Okrem vyššie spomenutých údajov, sme ešte použili typizáciu synoptických situácií, ktorá je dostupná na internetovej stránke SHMÚ.⁵

³ tvar kódu je možné si pozrieť na stránke: <http://www.shmu.sk/File/letecka/metar/metar.pdf>

⁴ bod, pre ktorý sa leteckým meteorológom zobrazuje predpoveď pre LZTT

⁵ poveternostné situácie aj s vysvetlivkami nájdete na stránke: <http://www.shmu.sk/sk/?page=8>

Spracovanie a vyhodnotenie údajov

Dokopy za skúmané obdobie sme mali 43 817⁶ údajov o smere vetra a rovnaký počet o rýchlosti vetra. Tieto dáta sme si vyselektovali podľa nameranej rýchlosti, t. j. v METAR-e. V prvom prípade sme vylúčili všetky rýchlosti menšie ako 5 m/s, teda nám zostalo 10 618 údajov, t. j. 24 % z 43 817. To znamená, že v 24 % prípadoch počas rokov 2009 – 2013 na LZTT fúkal vietor aspoň 5 m/s. V druhom prípade nás zaujímali len rýchlosti 10 m/s a viac. Takýchto prípadov bolo už len 760, t. j. 2 % z 43 817.

V oboch vyselektovaných kategóriách sme skúmali rozdiely v smere vetra medzi ALADIN-om a METAR-mi, osobitne pre beh modelu o 00 UTC a o 12 UTC. Zaujímala nás odchýlka minimálne 30 °, pretože pri takejto odchýlke sme považovali predpoveď modelu za chybnú. Pre rýchlosti od 5 m/s bolo takýchto chybných predpovedí 3449 pri behu modelu o 00 UTC a 3389 pri behu modelu o 12 UTC, čo predstavuje asi 8 % z 43 817 a 32 % z 10 618. Pre rýchlosti 10 m/s a viac bolo situácií s rozdielom smerov aspoň 30 ° podstatne menej, len 153 pri behu modelu o 00 UTC a 143 pri behu o 12 UTC. To predstavuje niečo vyše 0,3 % z 43 817 a 20 % zo 760. Z približne rovnakého počtu chybných predpovedí pre behy modelu o 00 a 12 UTC, môžeme považovať oba behy za rovnocenné.

Dané situácie, kedy sa smery líšili aspoň o 30 °, v oboch prípadoch selekcie rýchlosti, sme porovnávali s typom synoptickej situácie. Najskôr sme však vyhodnotili relatívnu početnosť výskytu jednotlivých typov synoptických situácií počas skúmaných 5 rokov, rovnako pre jednotlivé kategórie rýchlosti vetra (graf 1 a graf 2 v prílohe). Na grafe 1 a 2, je žltou farbou zobrazená relatívna početnosť výskytu danej situácie, bez ohľadu na rýchlosť vetra. Môžeme vidieť, že za skúmané obdobie sa na Slovensku najčastejšie vyskytovala juhozápadná anticyklonálna situácia (SWa), ale 8 % dosahujú aj brázda (B), putujúca brázda (Bp), juhozápadná cyklonálna situácia (SWc) a putujúca anticyklóna (Ap). Z grafu 1 môžeme zistiť, že pri rýchlostiach vetra 5 m/s a viac sa najčastejšie vyskytovala severozápadná cyklonálna situácia (NWc), a to v 12 % prípadov z 10 618. Z grafu 2 vidno že aj pri rýchlostiach 10 m/s sa najčastejšie vyskytla situácie NWc, a to vo vyše 25 % prípadov z 760.

Pre situácie, kedy sa smery líšili aspoň o 30 °, v oboch prípadoch selekcie rýchlosti, sme chceli zistiť, či sa vyskytujú chybné predpovede častejšie pri niektorej konkrétnej situácii. Vyhodnotenie zobrazujú grafy 3 až 5 v prílohe. Na grafoch 3 a 4 je relatívna početnosť jednotlivých situácií s chybnou predpoveďou a rýchlosťou minimálne 5 m/s (10 m/s na grafe 4). V oboch prípadoch vyšlo, že zo všetkých chybných predpovedí sa najviac zlých vyskytuje pri severovýchodnej a severozápadnej cyklonálnej situácii (NWc a NEc). Pri rýchlostiach 5 m/s a viac, to je okolo 18 % z 3389, a pri rýchlostiach 10 m/s a viac ako 28 % z 153 chybných predpovedí.

Nakoniec sme ešte určili relatívnu početnosť chybných predpovedí pri rýchlostiach vetra 5 m/s pre jednotlivé situácie z počtu výskytu danej situácie bez ohľadu na rýchlosť vetra (graf 5). Na grafe 5 môžeme vidieť, že opäť nám vyskočili situácie NWc a NEc. Zaujímavá je však severozápadná anticyklonálna situácia (NWA), pretože počas nášho obdobia sa

⁶ Udané číslo zodpovedá buď len počtu údajov z METAR-ov alebo len z ALADIN-a. Nie je to súčet všetkých dát o smere, prípadne rýchlosti vetra.

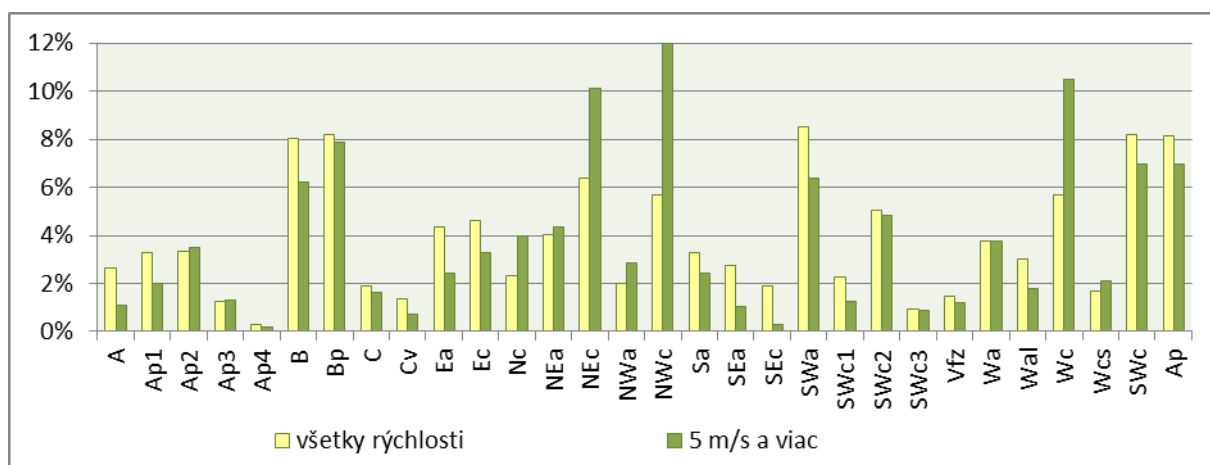
vyskytovala relatívne menej často. Napriek tomu až v 17 % z počtu výskytu situácie NWa bola predpoveď modelu chybná.

Záver

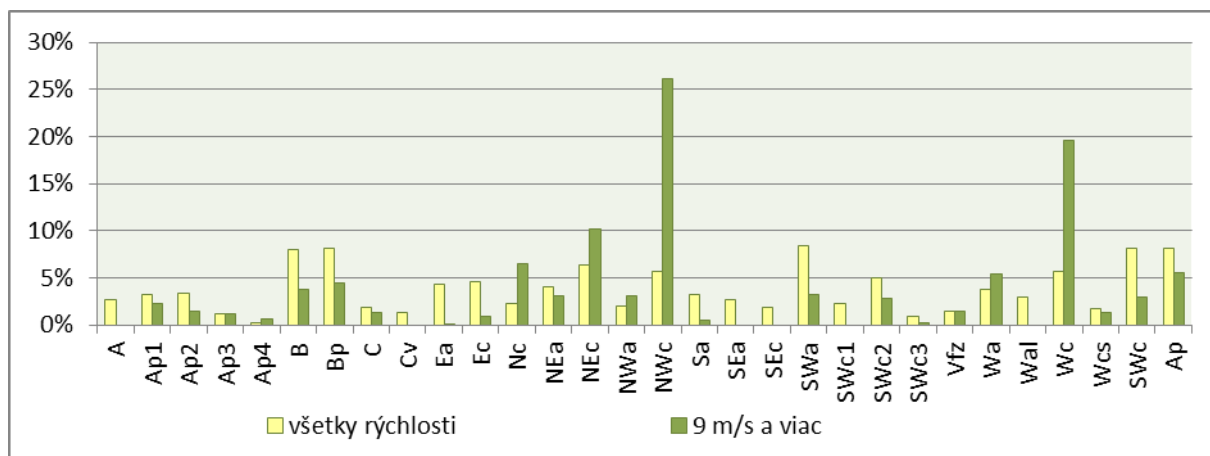
Zisťovali sme kedy model ALADIN/SHMÚ dáva chybnú predpoveď smeru vetra pre letisko Poprad-Tatry. Použili sme 24-hodinový predpovedný interval, zodpovedajúci letiskovým predpovediam TAF. Za chybnú predpoveď sme považovali takú, kedy rozdiel medzi skutočným smerom vetra a smerom predpovedaným ALADIN-om je minimálne 30 °. Údaje o skutočnom vetre sme použili zo správ METAR a vyhodnocovali sme obdobie 2009 – 2013. Skúmali sme či sa chybné predpovede vyskytujú častejšie pri niektorej zo synoptických situácií. Zistili sme, že najviac chybných predpovedí sa vyskytovalo pri severozápadnej a severovýchodnej cyklónálnej situácií (NWc a NEc).

Spracovanie údajov v tejto práci je len prvotné štatistické spracovanie. V blízkej budúcnosti budeme prácu rozširovať za účelom vytvorenia diplomovej práce. Najskôr by sme chceli zistiť, aké smery predpovedal ALADIN v prípade chybných predpovedí a či je vtedy rozdiel smerov väčšinou ten istý. Neskôr ešte plánujeme zistiť, či existuje závislosť chybných predpovedí od iných meteorologických prvkov, prípadne charakteristík, či teplotnej inverzie. Ďalej by sme chceli, pre vybrané situácie spustiť model ALADIN s modifikovanými parametrami a výstupy porovnať s meraniami, s cieľom zlepšiť predpoveď.

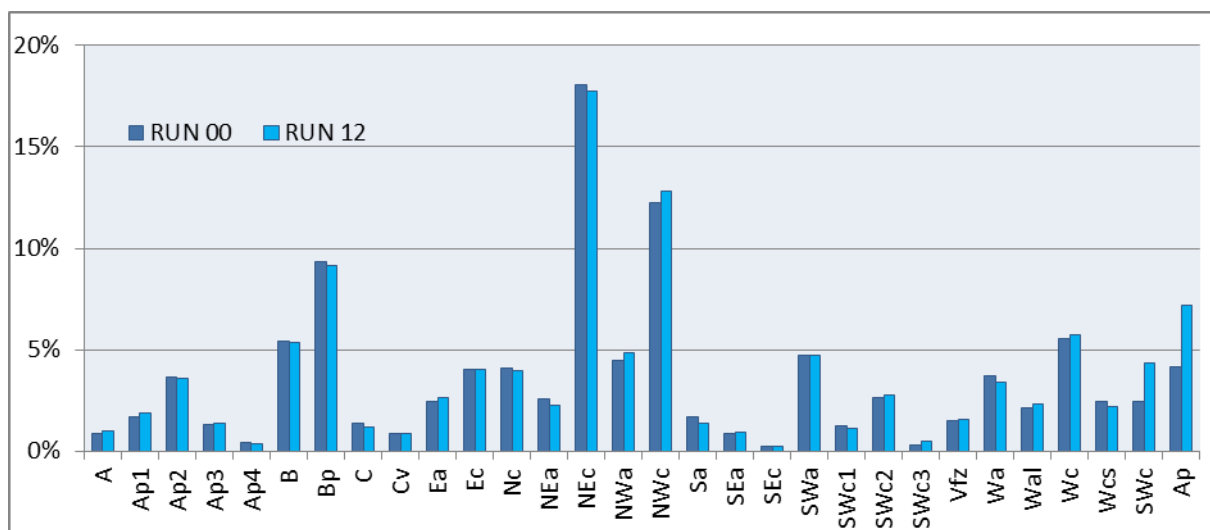
Príloha



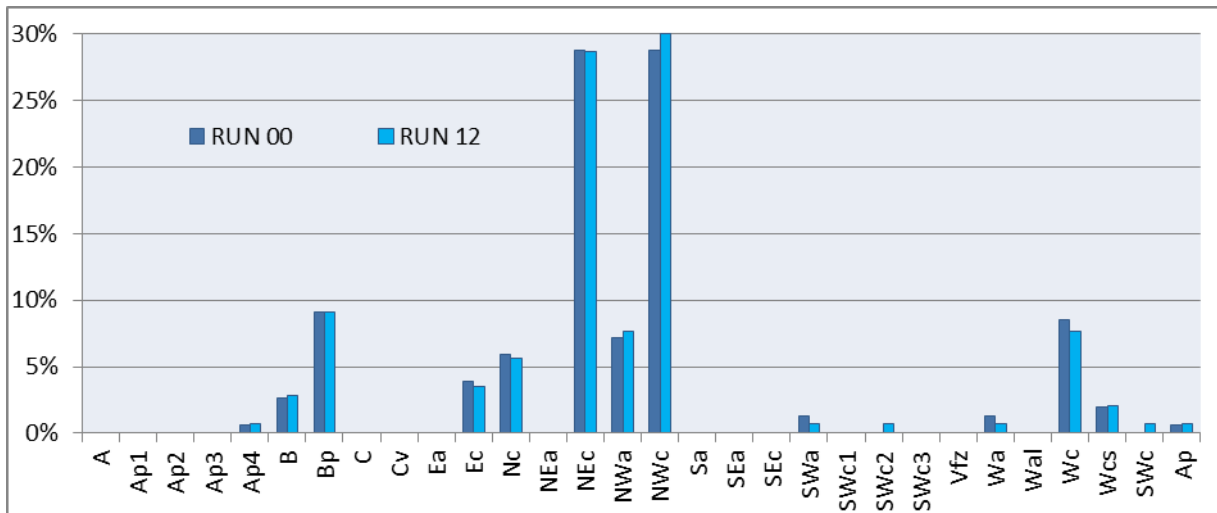
Graf 1: Relatívna početnosť jednotlivých synoptických situácií počas obdobia 2009 – 2013 pre všetky rýchlosti v porovnaní s relatívnou početnosťou pre rýchlosti vetra minimálne 5 m/s



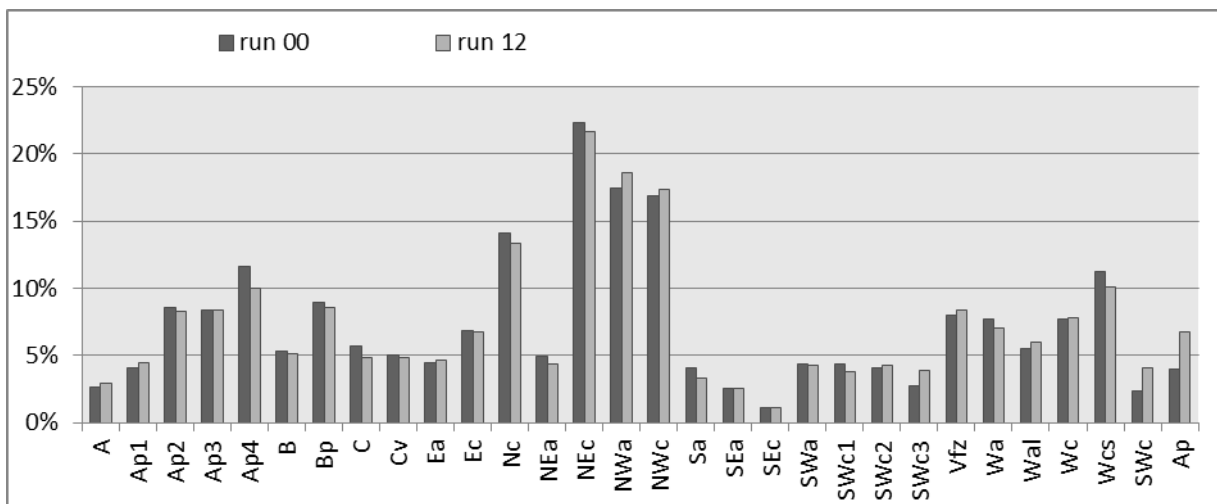
Graf 2: Relatívna početnosť jednotlivých synoptických situácií počas obdobia 2009 – 2013 pre všetky rýchlosti v porovnaní s relatívnou početnosťou pre rýchlosti vetra minimálne 10 m/s



Graf 3: Relatívna početnosť jednotlivých situácií pri chybej predpovedi s rýchlosťou vetra minimálne 5 m/s pre behy modelu o 00 a 12 hodine UTC počas skúmaného obdobia



Graf 4: Relatívna početnosť jednotlivých situácií pri chybných predpovediach s rýchlosťou vetra minimálne 10 m/s pre behy modelu o 00 a 12 hodine UTC počas skúmaného obdobia



Graf 5: Relatívna početnosť chybných predpovedí pri rýchlostiach vetra 5 m/s pre jednotlivé situácie z počtu výskytu danej situácie bez ohľadu na rýchlosť vetra, pre behy modelu o 00 a 12 UTC.