

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut geoinformatiky

**VYHODNOCENÍ SRÁŽKOVÝCH PŘEDPOVĚDÍ  
ALADIN A GFS PRO POVODÍ BĚLÉ**

Referát

Autor:  
Vedoucí diplomové práce:

Vlasta Klajblová  
Doc. Dr. Ing. Jiří Horák

Ostrava 2007

# Úvod

V posledních několika desetiletích jsme svědky zvýšeného počtu povodňových situací, ke kterým na našem území dochází. Pro simulaci takovýchto katastrofálních jevů, jsou používány srážko-odtokové modely, jejichž vstupem je mimo jiné odhad srážkové činnosti pro určité území. Z toho důvodu, je velmi dobré dokázat kvalitně předpovědět vyšší úhrny srážek, které by tyto katastrofální situace mohly zapříčinit.

Pro odhadování množství srážek, jsou především využívány předpovědní modely. V dnešní době existuje již celá řada těchto matematicko-fyzikálních modelů. Na našem území je nejvíce používán model Aladin, a to Českým hydrometeorologickým ústavem pro předpověď počasí. Dalším předpovědním modelem je model GFS

Vlivem zvýšeného počtu povodňových situací, je důležité určit, která z metod pro určování srážkových úhrnů je nejužitečnější. A to z toho důvodu, aby vstupem do srážko-odtokových modelů byly ty nejpřesnější data a výsledkem tak mohl být kvalitní výstup, který by dokázal s co největší jistotou stanovit, ve kterých oblastech může dojít k povodňové situaci a zabránit tak katastrofálním následkům.

Cílem této diplomové práce bylo tedy posoudit a srovnat předpovědi obou modelů Aladin a GFS a také odhady srážek meteorologického radaru pro potřeby srážko-odtokových modelů. Vyhodnocení bylo provedeno pro srážková data meteorologických stanic Mikulovice, Rejvíz, Šerák a Ovčárna, které se nacházejí v povodí řeky Bělá.

Vyhodnocení dostupných dat proběhlo v několika bodech, a to srovnáním předpovědí modelů Aladin a GFS, hodnocením úspěšnosti radarových měření, vyhodnocením předpovědí ve vztahu k délce předpovědi, posouzením vlivu typu srážkové činnosti a hodnocením srážkových předpovědí z hlediska polohy jednotlivých srážkoměrných stanic v dané oblasti.

K dispozici byla data pro povodí řeky Bělá za období od 29.4.2006 do 20.11.2006 . Data byla porovnáována za šestihodinové období.

## Použité metody

Pro posouzení úhrnů srážek byly použity základní statistické metody a ukazatele. Byla použita střední chyba RMSE, průměrná chyba MBE, koeficient determinace R<sup>2</sup>, tři typy korelačních koeficientů (Pearson, Kendall, Spearman), Kolmogorov-Smirnovův test a ukazatel Cookovy vzdálenosti. Pro statistické vyhodnocení byl používán produkt SPSS.

## Vyhodnocení předpovědí

### POROVNÁNÍ PŘEDPOVĚDNÍHO MODELU ALADIN A GFS

Po porovnání výsledných hodnot obou předpovědních modelů s úhrny srážek, naměřenými na jednotlivých srážkoměrných stanicích, bylo zjištěno, že u modelu GFS docházelo během sledovaného období k o něco většímu podhodnocování srážek než u modelu Aladin.

Po použití neparametrických korelačních koeficientů bylo z výsledných hodnot patrné, že existuje statistický vztah mezi skutečně naměřenými srážkami a jejich oběma modely předpovídanými hodnotami. Podle významu výsledných hodnot, byla podle obou korelačních koeficientů u obou modelů celkově prokázána slabá pozitivní závislost ke skutečně naměřeným srážkám. U modelu Aladin vyšly hodnoty o něco vyšší než u modelu GFS. Z použitých neparametrických korelačních koeficientů prokázal větší vztah mezi jednotlivými daty pro oba předpovědní modely Spearmanův koeficient.

Dále byly hodnoty úhrnů srážek, předpovídané jednotlivými předpovědními modely, porovnány s naměřenými hodnotami pomocí statistického ukazatele RMSE a ukazatele MBE.

Pro lepší znázornění vztahů mezi naměřenými a vypočtenými údaji byly vypočítány statistické ukazatele a koeficienty determinace jak pro celé sledované období pro všechny stanice, tak zvláště pro jednotlivé meteorologické stanice (Mikulovice, Rejvíz, Šerák a Ovčárna).

Průměrný koeficient determinace měl až na Ovčárnu vždy vyšší hodnotu u předpovědního modelu Aladin. V průběhu celého sledovaného období dosáhl model Aladin nejvyšší hodnotu koeficientu determinace u meteorologické stanice Rejvíz. Model GFS měl také nejvyšší hodnotu koeficientu determinace shodně u stanice Rejvíz.

U hodnoty MBE celkově vyšších odchylek dosahoval model GFS. U modelu Aladin se objevila vyšší odchylka jen u meteorologické stanice Šerák, v ostatních případech byly odchylky modelu Aladin vždy nižší, než u modelu GFS. Nejvyšší odchylka, která byla v celém měření dosažena, byla zaznamenána pro model GFS u stanice Rejvíz. Všeobecně lze říci, že spolehlivost předpovědního modelu GFS byla v průběhu sledovaného období nižší, než u modelu Aladin.

Při porovnání střední chyby RMSE a průměrné chyby MBE u jednotlivých meteorologických stanic, nebyly vykázány kromě hodnot u stanice Šerák významnější rozdíly. Opět bylo z výsledků vidět, že model Aladin dosahoval lepších výsledků než model GFS. Jedinou výjimkou byly výsledky pro stanici Šerák. U této stanice překvapivě kvalitnějších předpovědí dosáhl předpovědní model GFS. Hodnoty střední chyby i průměrné, dosahovaly nižších hodnot než u hodnot pro model Aladin. Průměrná chyba byla jediné u této

stanice zaznamenána oběmi modely v záporných hodnotách, což znamená, že oba modely hodnoty srážek pro tuto stanici ve sledovaném období nadhodnocovaly.

## **HODNOCENÍ RADAROVÝCH MĚŘENÍ**

Z grafů porovnávající rozdíly skutečných a odhadovaných srážek bylo patrné, že čím vyšší je předpokládaná hodnota srážek, tím roste i velikost odchylky dat radaru od skutečných hodnot. Náznak lineárního vztahu je možné rozpoznat jen u nižších předpovídaných hodnot. Nejvyšší hodnoty jsou spíše podhodnocovány.

Z výsledků korelačních koeficientů vyplývá, že vypočítané hodnoty radaru a skutečné srážky mají mezi sebou určitou závislost. Podle významu hodnot, kterých korelační koeficienty dosahují, se jedná o slabou pozitivní korelaci. Pokud ale porovnáme velikosti korelací, kterých dosáhly oba předpovědní modely, tak pro meteorologický radar vyšla tato hodnota nejvyšší, což znamená, že meteorologický radar je při určování srážek úspěšnější než oba předpovědní modely.

V průběhu celého sledovaného období dosáhl meteorologický radar nejvyšší hodnotu R2 u meteorologické stanice Mikulovice. Nejnižší hodnotu dosáhl u meteorologických stanic Šerák a Rejvíz, a to ve stejné výši. Tato hodnota je zajímavá zejména u stanice Šerák, u které vyšla jako jedna z nejhorších, ale naopak výsledky střední a průměrné chyby byly nejlepší ze všech čtyř zkoumaných stanic.

Hodnoty MBE kolísají v rozmezí od  $-0,3$  do  $3,74$  (mm/6hodin). Nejnižší odchylka  $-0,3$  byla zaznamenána u stanice Šerák a nejvyšší u stanice Rejvíz.

I z těchto statistik je vidět, že stejně jako u obou předpovědních modelů, dokázal i radar nejlépe předpovědět srážky pro meteorologickou stanici Šerák. Pro srovnání u této stanice dosáhl model Aladin hodnoty MBE  $-0,72$  a RMSE  $6,55$  a předpovědní model GFS MBE  $-0,28$  a RMSE  $2,50$ . Takže u této stanice byl překvapivě úspěšnější model GFS, zatímco model Aladin byl nejhorší. Co se dále týká radaru, tak tento měl oproti Šeráku nejvýznamnější rozdíly u stanice Rejvíz.

## **POSOUZENÍ ÚSPĚŠNOSTI DÉLKY PŘEDPOVĚDI – MODEL ALADIN**

Pro porovnání předpovědí předpovědního modelu Aladin byly použity data tohoto modelu, která byla k dispozici s předstihem 6 až 54 hodin dopředu a data ze Srážkoměrky, která představovala skutečně naměřené hodnoty na jednotlivých srážkoměrných stanicích.

Podle výsledků korelace podle Kendalla, byla nejvyšší závislost zaznamenána u předpovědí vypracovaných 6 a 30 hodin dopředu. Jejich hodnota korelačního koeficientu byla ze všech nejvyšší, byla velikosti 0,195 a 0,217, což značí slabší pozitivní závislost. U ostatních předpovědí byla zaznamenána ještě slabší závislost předpovězených dat na skutečně naměřených srážkách. Nejnižší byla potom zaznamenána u 48 a 54 hodin starých předpovědí, což znamená, že úspěšnost těchto předpovězených hodnot byla nejslabší.

Podle výsledků korelačního koeficientů podle Spearmana je závislost předpovězených dat na skutečných srážkách hodnocena vyššími hodnotami než tomu bylo u výsledků podle Kendall. Největší závislost byla zaznamenána u 30-ti hodinové předpovědi a nejslabší u 48 hodinové, kde hodnota dosáhla výše 0,02, což je velice blízké nulové závislosti.

Po navýšení hodnot korelačních koeficientů podle Spearmana jednotlivých předpovědí na druhou je možné zjistit, že závislost dat u 6-ti hodinové předpovědi je 7,18%, u 12-ti 5,38%, u 18-ti hodinové 4,67%, u 24 hodinové 4,58%, u 30-ti hodinové 8,12%, u 36 hodinové 11,42%, u 42 hodinové 4,04%, u 48 hodinové 0,04% a u 54 hodinové 1,54%.

Podle hodnot, které byly pro tuto práci k dispozici a podle výsledků, které vyšly po použití neparametrických korelačních koeficientů, se dá říci, že čím je předpověď starší, tím je i její přesnost slabší. Jedinou výjimkou jsou výkyvy u předpovědí, které jsou vytvářeny 30 a 36 hodin dopředu. Bylo by vhodné porovnat i data z modelu Aladin za delší časové období, aby se zjistilo, zda závěry vyplývající z porovnání dat, které byly k dispozici pro tuto práci, jsou pravdivá pro kompletní měření modelu.

Existuje možnost, že výsledky tohoto vyhodnocení byly ovlivněny množstvím dat za krátký časový úsek. Z těchto výsledků se dá říci, že jedna z nejlepších předpovědí je 6-ti hodinová, tedy nejmladší. Od 30-ti hodinové (podle Spearmana 36 hodinové) přesnost předpovědí prudce klesá, téměř až k nulové korelaci.

Podle výsledků statistických ukazatelů, dosáhl za celé sledované období předpovědní model Aladin nejvyšší hodnotu  $R^2$  a to 0,39 u předpovědi, která byla vypracována 24 hodin dopředu. Jedná se o nejlepší stanovení srážek. Nejnižší hodnotu dosáhl u 48 hodin staré předpovědi, a to 0,009.

Hodnoty MBE kolísají v rozmezí od  $-0,53$  do  $0,52$  (mm/6hodin). Nejnižší odchylka byla zaznamenána u 30-ti hodinové předpovědi, a to  $-0,53$ . Jednalo se o termín 30.června 2006, kdy došlo touto předpovědí ke stanovení extrémně nadhodnocených úhrnů srážek.

Z těchto statistik je vidět, že model Aladin nejvíce nadhodnocoval data pro stanici Šerák, u které hodnota MBE vychází ve všech případech v záporných hodnotách. Nejlépe tedy

předpovědní model Aladin dokázal stanovit hodnoty srážek pro meteorologickou stanici Mikulovice.

## **POSOUZENÍ ÚSPĚŠNOSTI DÉLKY PŘEDPOVĚDI – MODEL GFS**

Pro porovnání předpovědí předpovědního modelu GFS byly použity data tohoto modelu, která byla k dispozici s předstihem 6 až 180 hodin dopředu a data ze Srážkoměrky, která představovala skutečně naměřené hodnoty.

V datech s dvanácti a třiceti hodinovým předstihem chyběly zcela údaje o meteorologické stanici Rejvíz, v datech se stotřicetidvou hodinovým předstihu chyběly kompletní záznamy pro stanici Ovčárna a v datech, která byla stanovena osmnáct hodin dopředu, chyběly úplně záznamy k meteorologické stanici Šerák. Z toho důvodu nebyly tyto čtyři typy záznamů dále vyhodnocovány.

Pro vyhodnocení dat byly z dostupných údajů vyřazeny údaje s malými úhrny srážek. Tzn. že byly použity jen termíny, kdy alespoň jedna z předpovědí modelu GFS nebo skutečná srážka přesahovala hodnotu vyšší pro šestihodinový interval jak 0,5 mm.

V předpovědích modelu GFS dva dny dopředu se vyskytují hodnoty srážek, které extrémně nadhodnocují skutečné úhrny srážek. Jedná se vždy o stejný termín, a to 23. srpna 2006. V jednodenních předpovědích se tak vysoce odhadované hodnoty nenacházejí.

Pokud srovnáme starší předpovědi, tak kromě 180 hodin dopředu stanovené, všechny ostatní odhady extrémně nadhodnotily srážky v termínu 27 a 28. srpna 2006. Ve skutečnosti napršely průměrně v povodí Bělé necelé 3 mm srážek, ale předpovědní model na tento termín stanovil 50 mm, což je extrémně nadhodnocená hodnota. Nízká srážková činnost je opět mírně nadhodnocena. Stoosmdesátihodinový odhad takového extrémní nadhodnocení u výše zmiňovaných termínů nestanovil, spíše všechny vyšší hodnoty podhodnotil. Nižší hodnoty byly opět tímto odhadem mírně nadhodnoceny.

Z hodnot výsledků korelačního koeficientu podle Kendalla se dá obecně říci, že velikost závislosti klesá s delší dobou, kdy byla předpověď vytvářena. V kladných hodnotách vyšly výsledky pro předpovědi zpracovávané 6 až 72 hodin dopředu, u těchto dat se tedy jedná o pozitivní korelaci, kdy jsou skutečná a předpovězená data na sebe v určité míře závislá. U předpovědí starších jak 72 hodin míra závislosti podle Kendallova korelačního koeficientu klesá pod hodnotu 0, což znamená, že mezi daty existuje negativní korelace. Nejnižší korelace byla zaznamenána u předpovědi vytvářené 90 hodin dopředu.

Po použití Spearmanova korelačního koeficientu na jednotlivé předpovědi modelu GFS, byla výsledná situace obdobná jako u výsledku korelace podle Kendalla. Pro předpovědi v rozsahu 6 až 72 hodin dopředu vytvářené, vyšel výsledek v kladných hodnotách, což znamená pozitivní závislost skutečných a předpovězených srážek. Od předpovědi 78 hodin staré výsledná závislost spíše klesala a výsledky byly ve většině případů v záporných hodnotách, což podle významu znamená, že mezi daty existuje negativní korelace, což bylo zřejmě důsledkem krátké časové řady. Nejvyšší závislost byla zaznamenána stejně jako u výsledků korelace podle Kendalla u předpovědi vytvářené 6 hodin dopředu. Nejnižší hodnota výsledku byla potom zaznamenána také stejně jako u předešlé korelace u 90 hodin staré předpovědi.

Pokud srovnáme výsledku obou korelaci, tak vyšší výsledky korelace vycházejí pro jednotlivé předpovědi modelu GFS po použití Spearmanova korelačního koeficientu.

Podle výsledků korelačních koeficientů se dá říci, že s narůstající dobou, kdy byly odhady vytvářeny, klesá i úspěšnost jednotlivých předpovědí. Jako nejlepší se podle obou korelačních koeficientů jeví nejčerstvější 6 hodin stará předpověď a jako nejhorší 90 hodin dopředu vypočítávaná předpověď. Dá se říci, že předpovědi, které jsou vytvářeny nejvýše 66 hodin dopředu, se dají pokládat za úspěšné. U starších předpovědí, výsledky korelačních koeficientů prudce klesají, až do záporných hodnot, což představuje negativní korelaci, která může být způsobena nízkým počtem porovnávaných dat. Od předpovědi, vytvářené s předstihem 96 hodin, dochází již k náhodnému rozmístění výsledků korelačních koeficientů kolem hodnoty 0.

Všechny předpovědi, které jsou zde k dispozici byly dále porovnány pomocí statistických ukazatelů střední chyby RMSE a průměrné chyby MBE.

V průběhu celého sledovaného období dosáhl předpovědní model GFS nejvyšší hodnotu  $R^2$  a to 0,051 u předpovědi, která byla vypracována 48 hodin dopředu. Jedná se tedy o nejlepší stanovení srážek. Nejnižší hodnotu dosáhl u 126 hodin staré předpovědi, a to 0,000003. Také z těchto hodnot vyplývá, že model GFS nedokáže zcela přesně odhadnout skutečné budoucí srážky.

Hodnoty MBE kolísají v rozmezí od 0,07 do 6,20 (mm/6hodin). Nejnižší odchylka byla zaznamenána u 156-ti hodinové předpovědi, a to 0,07.

Podle výsledků statistického porovnávání, byly zjištěny nejvyšší odchylky u nejmladší předpovědi, a to vytvářené 6 hodin dopředu. Obecně se dá říci, že čím byla předpověď starší, tím menší byly zjištěné jak průměrné, tak střední odchylky, což je velmi zajímavé. Spíše by se

dalo očekávat, že novější předpovědi dokáží lépe podle stavu atmosféry vystihnout množství srážek, které by měly pro danou oblast spadnout. Bylo by vhodné porovnat výsledky předpovědí modelu GFS za delší období. Dalo by se tím tak zjistit, zda se takovéto rozložení velikosti odchylek projevovalo jen v tomto případě vlivem použití dat za krátké časové období, nebo jestli model GFS skutečně dokáže vypočítat budoucí srážky při stejném rozložení odchylek jako v tomto případě.

Pro všechny předpovědi modelu GFS vyšly odchylky MBE v kladných hodnotách, což znamená, že model GFS ve všech svých předpovědích skutečné srážky spíše podhodnocuje. Pokud ovšem toto podhodnocování srovnáme vzhledem k času, kdy k vytváření jednotlivých předpovědí docházelo, tak se dá říci, že u starších předpovědí se projevilo nižší nadhodnocení než u mladších.

Podle statistických výsledků pro jednotlivé meteorologické stanice je vidět, že nejvyšší odchylky MBE byly opět zjištěny u nejmladších předpovědí. Od předpovědi, která byla vytvářena 54 hodin dopředu si u všech stanic udržují odchylky přibližně stejnou velikost a nedochází k nijak velkým rozptylům, což je neočekávané. Statisticky správně by měly odchylky RMSE vycházet v závislosti na délce předpovědi ve vyšších hodnotách. Jedinou stanicí, pro kterou vycházejí výsledky statistiky odlišně, a to správně, než pro statistiku za celé sledované období, je stanice Šerák. U této stanice velikosti odchylky RMSE vykazují do předpovědi vytvářené 36 hodin dopředu stoupající tendenci. Od této předpovědi, ale hodnota této odchylky prudce klesá a dále potom kolísá, v blízkosti nulové hodnoty. Tyto výsledky byly zřejmě ovlivněny nedostatečným množstvím dat, které by mohly být porovnány. MBE vycházejí téměř všechny u této stanice v záporných hodnotách, tedy v nejnižších hodnotách MBE ze všech sledovaných stanic. Znamená to, že pro tuto stanici jsou předpovědi srážek modelem GFS nejvíce nadhodnocovány. Vývoj velikosti odchylek u této stanice, vzhledem k jednotlivým předpovědím, je stejný jako u ostatních stanic, ale v záporných hodnotách. To znamená, že u nejmladších předpovědí, byly zjištěny nejvyšší odchylky a od předpovědi, která byla vypracována 54 hodin dopředu, se velikost odchylek nijak výrazně nemění a zůstává přibližně na stejné velikosti.

Vysvětlení, proč u modelu GFS vycházejí rozdílné statistické výsledky pro meteorologickou stanici Šerák, může spočívat v tom, že tato stanice jako jediná ze všech čtyř posuzovaných, patří mezi profesionální meteorologické stanice. To znamená, že i zařízení, sloužící k určování množství spadlých srážek, je umístěno podle přísných, přesně daných



pravidel. U ostatních stanic tomu takto není. Jeden z dalších důvodů může být i poloha této stanice, protože je ze zkoumaných stanic umístěná v nejvyšší nadmořské výšce.

## **POSOUZENÍ VLIVU TYPU SRÁŽKOVÉ ČINNOSTI**

Pro srovnání přesnosti předpovědí, vytvářených předpovědními modely a radarem, pro různé typy srážkové činnosti, byla použita data modelů GFS a Aladin, meteorologického radaru a data skutečně naměřených srážek na meteorologických stanicích. K porovnávání byla použita data modelů, která byla předpovězena 6 hodin dopředu.

Vzhledem k tomu, že v tomto bodu práce bylo úkolem srovnat vyšší srážkové hodnoty, tak pro další vyhodnocení byly použity jen termíny, ve kterých úhrny skutečných srážek přesahovaly hodnotu vyšší pro šestihodinový interval jak 5,0 mm.

Data, která byla v této práci použita, podle velikostních úhrnů podle klasifikace podle Wussova, náležela jen do tří kategorií, a to do typu déšť, silný déšť a lijavec. Vzhledem k tomu, že dostupná srážková data byla k dispozici jen za velmi krátký časový úsek, nenacházelo se v tomto období větší množství vyšších srážek, které by bylo možné věrohodně porovnat. Do kategorie lijavec, spadalo z vybraných dat podle velikosti úhrnů jen 7 termínů, ve kterých k tak vysoké srážkové činnosti došlo, z toho důvodu ani tato kategorie nebyla dále vyhodnocována.

Nejsilnější korelace byla zaznamenána pro data předpovědního modelu Aladin, kde velikost korelace, pro srážky klasifikované jako déšť, podle Spearmana dosáhla hodnoty 0,492, což se dá považovat za silnější korelaci. Naopak nejslabší korelace byla u této srážkové kategorie zjištěna u dat předpovědního modelu GFS, kde korelace vyšla v záporných hodnotách. U kategorie silný déšť, měl opět nejvyšší hodnotu korelace předpovědní model GFS. Hodnota dosáhla velikosti 0,168 u výsledku Spearmanova koeficientu, což se dá i v tomto případě považovat za silnější korelaci. Nejslabší ovšem výsledek korelačního koeficientu, byl zaznamenán u předpovědního modelu Aladin, kde výsledná hodnota vyšla v záporných hodnotách.

Z těchto výsledků korelace se dá usoudit, že pro slabší srážky typu déšť má přesnější výsledky model Aladin a nejhorší model GFS, zatímco pro srážky typu silný déšť, má naopak nejpresnější výsledky model GFS a naopak nejslabší model Aladin.

Tyto hodnoty byly ale zřejmě velice ovlivněny jak nízkým počtem záznamů, které zde byly porovnávány, tak krátkou časovou řadou, která byla k dispozici pro tuto práci.

## **VYHODNOCENÍ VZHLEDEM K JEDNOTLIVÝM SRÁŽKOMĚRNÝM STANICÍM**

Pro srovnání přesnosti předpovědí pro jednotlivé meteorologické stanice, vytvářené předpovědními modely a radarem, byly použity data modelu GFS a Aladina, meteorologického radaru a data skutečně naměřených srážek. Vzhledem k tomu, že radar předpovídá úhrn srážek šest hodin dopředu, tak pro tento bod diplomové práce byly také použity data z obou předpovědních modelů, které byly odhadovány také jen na 6 hodin dopředu.

Oběmi předpovědními modely i meteorologickým radarem byly srážky nejvíce podhodnocovány pro meteorologickou stanici Rejvíz. Naopak největší nadhodnocení se projevilo u meteorologické stanice Šerák.

Pro statistické vyhodnocení úspěšnosti předpovědí pro jednotlivé meteorologické stanice, byly použity korelační koeficienty.

Podle výsledků parametrických korelačních koeficientů použitých pro data jednotlivých meteorologických stanic povodí řeky Bělé, vychází ve vyšších hodnotách korelace podle Spearmana. Ve všech případech byla zjištěna kladná pozitivní korelace. Nejvyšší hodnoty korelace vycházely pro všechny stanice u dat meteorologického radaru, nejnižší naopak data předpovědního modelu GFS.

Nejlépe pro všechny stanice dokáže podle výsledků korelace určit srážkové úhrny meteorologický radar a nejhůře předpovědní model GFS. Stejná situace je u všech meteorologických stanic, až na stanici Šerák, pro kterou nejlepší předpovědi vytvořil meteorologický model Aladin.

Co se týká zhodnocení jednotlivých stanic, pro které se daří odhadnout výši srážkové činnosti nejpřesnějším způsobem, tak u všech typů měření vychází jako jedna z nejlepších stanice Mikulovice.

Nejzajímavější je situace u meteorologické stanice Šerák, protože pro odhadování úhrnů srážek u modelu GFS a Radaru vychází jako nejhorší ze všech stanic. Ale naopak předpovědi z modelu Aladin, vycházejí pro tuto stanici nejlépe ze všech, korelace pro ni vyšla o několikanásobně vyšší hodnotu, než například pro stanici Mikulovice. Je to velmi zajímavé, dalo by se totiž předpokládat, že pro tuto stanici bude odhadování srážek nejpřesnější, a to z důvodu jejího geografického umístění. Je to stanice, která se nachází v nejvyšší nadmořské výšce a kde pro zařízení, které slouží k detekci srážkové činnosti, jsou k dispozici nejlepší podmínky.

Z výsledků korelačních koeficientů se nedá ani říci, že by se přesnost měření zvyšovala v závislosti na vyšší nadmořské výšce, ve které jsou stanice umístěny. Spíše je tomu naopak,

nižší nadmořská výška u meteorologické stanice představovala také vyšší výslednou hodnotu korelačního koeficientu.

Pro další vyhodnocení úspěšnosti odhadování srážek pro jednotlivé meteorologické stanice, bylo použito statistických ukazatelů střední a průměrné chyby.

Z výsledků střední a průměrné chyby pro jednotlivé meteorologické stanice je vidět, že nejnižší chyby byly v odhadování srážek pro meteorologickou stanici Šerák. U této stanice tedy podle těchto ukazatelů, došlo k nejlepšímu odhadnutí výše srážkových úhrnů. Nejvyšší odchylky potom byly vypočítány pro všechny tři typy měření pro meteorologickou stanici Rejvíz. Z těchto výsledků je tedy možno rozpoznat, že u stanice Šerák vycházely všechny výsledky chyby MBE v záporných hodnotách, což znamená, že u tu dochází všemi třemi typy měření k nadhodnocování meteorologických srážek. Naopak u stanice Rejvíz, kde byly chyby ze všech stanic nejvyšší, zřejmě dochází všemi třemi typy měření k největšímu podhodnocování skutečných srážek.

## **Závěr**

Cílem této práce bylo porovnání výsledků předpovědních modelů Aladin a GFS a předpovědí z Radaru se skutečně naměřenými srážkami. Toto vyhodnocení mělo sloužit zejména jako podklad pro vytváření srážkoodtokových modelů.

Vyhodnocování výsledků předpovědních modelů a Radaru bylo otestováno na datech z povodí řeky Bělé pro období 29.4.2006 do 20.11.2006. Více dat bohužel nebylo k dispozici a výsledky tím byly ovlivněny. V průběhu práce bylo posouzeno několik dílčích úkolů – porovnání předpovědních modelů Aladin a GFS, vyhodnocení radarových měření, posouzení předpovědí ve vztahu k délce předpovědi, posouzení typu srážkové činnosti a hodnocení předpovědí z hlediska jednotlivých srážkoměrných stanic.

Při posuzování byly využity korelační koeficienty, převážně podle Kendalla a Spearmana, střední chyba RMSE, průměrná chyba MBE a koeficient determinace.

Z výsledků vyhodnocení je patrné, že pro odhad srážkových úhrnů je v oblasti povodí řeky Bělé nejvhodnější meteorologický radar. Z obou předpovědních modelů vychází jako přesnější model Aladin, který téměř ve všech statistických porovnáních dosahoval přesnějších výsledků. Tento výsledek je zřejmě způsoben rozdílným rozlišením, se kterým oba předpovědní modely pracují. Model GFS je předpovědní model, který vytváří srážkové odhady pro celý svět, zatímco model Aladin jen pro vybranou oblast.

Posouzením předpovědí ve vztahu k délce předpovědi, bylo v této práci dospěno k závěru, že u obou předpovědních modelů je situace podobná. Čím jsou předpovědi vypracovávány

více dopředu, tím úspěšnost jednotlivých předpovědí klesá. Za nejpřesnější předpovědi je tedy možno označit ty, které jsou počítány v nejbližší době před určitou srážkovou činností. U předpovědního modelu Aladin, se podle výsledků statistického porovnání, zdají být nejúspěšnější ty, které jsou vytvářeny 6 a 30 hodin dopředu. Jako nejméně úspěšné byly potom téměř všemi ukazateli označeny předpovědi počítané 48 a 54 hodin dopředu. U předpovědního modelu GFS byla na základě statistického vyhodnocení označena jako nejvíce úspěšná předpověď, která byla vytvářena 6 hodin dopředu, tedy předpověď nejčerstvější. Jako nejméně přesná to byla potom předpověď vytvářená s devadesáti hodinovým předstihem.

Při porovnání jednotlivých meteorologických stanic, které byly v této práci posuzovány, vyšla jako nejlepší pro odhadování velikosti srážek všemi třemi typy měření stanice Šerák. Nejméně úspěšnou stanicí, a to jak pro předpovědní modely Aladin a GFS, tak i pro Meteorologický radar, se zdá být ze statistického vyhodnocení stanice Rejvíz. Tyto dvě stanice mají ze všech posuzovaných stanic nejvíce specifické klimatologické podmínky, které jsou naprosto odlišné. Z toho zřejmě vyplývá i výsledek tohoto vyhodnocení.

Je nutno upozornit na to, že v této práci bylo pracováno jen se srážkoměrnými daty za velmi krátký časový úsek. Jednalo se o období v délce necelých sedmi měsíců, kdy v této době nedošlo k většímu množství srážek o vyšších hodnotách. Z toho důvodu nemohlo být ani věrohodně provedeno vyhodnocení jednotlivých typů srážkových činností. Také posouzení úspěšnosti předpovědí jednotlivých předpovědních modelů a i radaru, by bylo vhodnější provést za delší časový úsek, například několika let, aby se dalo s určitostí stanovit, který z modelů je pro předpovídání úhrnů srážek pro danou oblast vhodnější.