

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

**Vliv meteorologických jevů na dopravní nehodovost**

Jiřina Sochacká

Diplomová práce

2012

---

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiřina Sochacká**  
Osobní číslo: **D10819**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:  
Ochrana životního prostředí v dopravě**  
Název tématu: **Vliv meteorologických jevů na dopravní nehodovost**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Osnova:

1. Úvod
2. Charakteristika nebezpečných jevů
4. Sběr a sumarizace dat nebezpečných jevů a nehodovosti
5. Vyhodnocení získaných dat statistickými metodami a interpretace výsledků
6. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. MELOUN, M., MILITKÝ, J., HILL, M.: Počítačová analýza vícerozměrných dat v příkladech, str. 60. Academia, Praha 2005.
2. BADŽGOŇ, P.: Modelové hodnocení emisí ze silniční dopravy a jejich škodlivé účinky na lidské zdraví. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, 2010.
3. ADAMEC, V. a kol.: Prašnost dopravy a její vlivy na imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi (Výroční zpráva projektu VaV 1F54H/098/520 za rok 2007). Brno: CDV, 2008, 110 s.
4. KOUSOULIDOU, M., NTZIACHRISTOS, L., MELLIOS, G., SAMARAS, Z.: Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 32, 2008. S. 7465-7475.

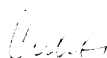
Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Marie Sejkorová**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: **24. února 2012**

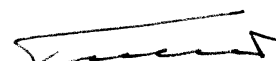
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2012**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 24. února 2012

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne:

Jiřina Sochacká

## **Poděkování**

Zejména bych chtěla poděkovat manželovi a rodičům, bez jejichž podpory bych nemohla studovat.

Také bych chtěla poděkovat Ing. Marii Sejkorové za pomoc při tvorbě této práce a Ing. Miroslavu Pochobradskému za vstřícný postoj při zajišťování dat.

## **ANOTACE**

Práce je zaměřena na hodnocení vlivu meteorologických jevů na nehodovost v okrese Pardubice. Pro hodnocení byly použity metody regresní a korelační analýzy a časové řady. Součástí teoretické části práce jsou základní poznatky z meteorologie mající vztah k silniční dopravě a nehodám, a také obecné zhodnocení nehodovosti v Pardubickém kraji a okrese Pardubice.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vliv meteorologie, silniční nehodovost, regresní a korelační analýza, časové řady

## **TITLE**

Influence of meteorological phenomena on the transport accident rate

## **ANNOTATION**

This thesis deals with assessment of the influence of meteorological phenomena on the traffic accident rate in the Pardubice county. For the assessment, regression and correlation analysis methods, as well as time series, were used. Included in the theoretical part of the thesis are basic meteorological insights affecting road transport and accidents, as well as a general evaluation of the accident rate in the Pardubice region and the Pardubice county.

## **KEYWORDS**

Impact of meteorology, road transport accident rate, regression and correlation analysis, time series

## **OBSAH:**

1 ÚVOD.....	9
2 ZÁKLADNÍ METEOROLOGICKÉ PRVKY A JEVY.....	10
2.1 Atmosférický tlak vzduchu.....	10
2.2 Teplota vzduchu.....	11
2.3 Poměrná vlhkost vzduchu.....	13
2.4 Charakteristiky větru.....	14
2.5 Srážky.....	16
2.6 Dohlednost.....	18
3 VYBRANÉ NEBEZPEČNÉ METEOROLOGICKÉ JEVY.....	19
3.1 Bouřky.....	19
3.1.1 Klasifikace bouřek.....	20
3.1.2 Projevy bouřkové činnosti.....	22
3.2 Námrazkové jevy.....	30
3.3 Jevy zhoršující dohlednost.....	32
3.4 Srážky.....	34
3.5 Vítr.....	35
3.6 Teplota.....	35
4 DOPRAVNÍ NEHODY.....	37
4.1 Základní pojmy v oblasti silničních dopravních nehod.....	38
4.2 Klasifikace silničních dopravních nehod.....	39
4.3 Příčiny a vznik dopravních nehod.....	40
4.3.1 Hlavní příčiny dopravní nehody.....	42
4.4 Meteorologické příčiny dopravních nehod.....	43
5 METODY STATISTICKÉ ANALÝZY.....	44
5.1 Regresní a korelační analýza.....	44
5.1.1 Regresní analýza.....	44
5.1.2 Korelační analýza.....	46
5.2 Analýza časových řad.....	48
6 DOPRAVNÍ NEHODOVOST NA PARDUBICKU.....	50
6.1 Statistika nehodovosti v ČR.....	50
6.1.1 Statistika nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR 2010.....	50
6.1.2 Statistika nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR 2011.....	52

6.2 Statistika nehodovosti v Pardubickém kraji.....	53
7 SBĚR, PRŮBĚH A METODIKA ZPRACOVÁNÍ DAT .....	59
7.1 Sběr dat – lokality měření .....	59
7.2 Databáze dopravních nehod.....	62
7.3 Databáze meteorologických jevů.....	63
7.4 Úprava a zpracování databází .....	64
7.5 Využití databází - výstupy .....	66
7.5.1 Microsoft Excel.....	67
7.5.2 Korelační koeficienty.....	68
7.5.3 Nehodovost v chladných měsících .....	69
7.5.4 Nehodovost v teplých měsících .....	75
7.5.5 Souhrnné analýzy.....	78
7.5.6 Analýza vybraných dnů .....	84
8 NÁVRHY PRO DALŠÍ ZPRACOVÁNÍ.....	87
9 ZÁVĚR .....	89
10 POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE.....	90
11 SEZNAMY .....	93
11.1 Seznam obrázků.....	93
11.2 Seznam grafů .....	93
11.3 Seznam tabulek .....	94
11.4 Seznam zkratk .....	94
12 PŘÍLOHY .....	95
Příloha č. 1 – databáze chladných měsíců .....	95
Příloha č. 2 – databáze teplých měsíců .....	98



# 1 ÚVOD

Počasí je ve společnosti jedno z nejdiskutovanějších témat a není to určitě náhoda. Ovlivňuje naši každodenní činnost jak v souvislosti se zaměstnáním (cesta do zaměstnání a zpět, nebo u některých zaměstnání existuje přímý vliv – např. zednické práce, letectví, apod.), tak během trávení volného času. V dnešní době se během každého dne každý setkává s nutností někam se přemístit, ať už pěšky nebo s využitím nějakého dopravního prostředku. Každý z nás se tak velmi často dostává do přímého kontaktu s dopravou i počasím a pokud se staneme jakýmkoliv účastníky silničního provozu, neodmyslitelně tím vzniká také určitá možnost stát se účastníkem dopravní nehody. Řidič jakéhokoliv vozidla si zřejmě mnohem více uvědomuje nebezpečnost náhlé změny počasí během jízdy a jistě i některé nenáhlé změny (vysoké teploty, stálá sněhová pokrývka apod.) mohou způsob jízdy ovlivňovat.

Tato diplomová práce se zabývá hledáním souvislostí mezi vzniklými dopravními nehodami a napozorovaným počasím ve stejných dnech jako vznikly nehody. Cílem této práce je nejenom najít vztah mezi těmito dvěma jevy, ale také rozšířit pohled na dané téma a případně tak přispět ke snížení nehodovosti vzniklé vlivem počasí. V neposlední řadě by práce mohla být začátkem hlubšího zkoumání, aby tak následně spolupráce mezi službami obce, které se starají o stav komunikací, a meteorology, byla užší a účinnější.

## 2 ZÁKLADNÍ METEOROLOGICKÉ PRVKY A JEVY

Pojem meteorologické (nebo také atmosférické) jevy se v meteorologické službě využívá k označení všech jevů, které se vyskytují v atmosféře nebo na zemském povrchu, a které jsou pozorovány na meteorologických stanicích a v jejich okolí, přičemž jediné, co do meteorologických jevů nezahrnujeme, jsou oblaky (ale jejich výskyt ano). O atmosférických jevech je během jejich pozorování nutné zaznamenávat několik důležitých údajů, aby byla tato data následně použita pro další národní i mezinárodní výměnu a využita k předpovědím, ke statistickým zpracováním a k případným dalším jiným účelům. Zaznamenávají se časové údaje (začátek jevu, konec jevu, průběh jevu, celková doba trvání), vzdálenost od místa pozorování a intenzita těchto jevů. Někteří autoři zahrnují atmosférické jevy mezi meteorologické prvky v širším slova smyslu. Jiní autoři naopak meteorologické jevy mezi meteorologické prvky neřadí a za prvky považují pouze kvantitativní charakteristiky stavu atmosféry. Všichni autoři zabývající se meteorologií se však shodují, že meteorologické prvky vyjadřují fyzikální stav atmosféry, přičemž soubor těchto prvků charakterizuje počasí.

### 2.1 Atmosférický tlak vzduchu

Atmosférický, nebo také barometrický, tlak vzduchu vyjadřuje tíhu vertikálního sloupce vzduchu v daném místě až k horní hranici atmosféry. Je jednou z nejdůležitějších fyzikálních veličin atmosféry, protože s tlakem vzduchu jsou úzce spojeny téměř všechny atmosférické procesy. Základní jednotkou pro měření tlaku je dle soustavy SI pascal (Pa). V meteorologii se však častěji používá násobek této jednotky – hektopascal (hPa). Ještě před nedávnem se však v meteorologické praxi využívala jednotka torr, která označovala milimetr rtuťového sloupce (v některých oblastech meteorologického zabezpečení se tato jednotka stále používá jako doplňkový údaj – např. při meteorologickém zabezpečení vrtulníků sovětské výroby).

V meteorologii se k měření využívaly barometry a aneroidy a k zaznamenávání průběhu tlaku v čase barografy či mikrobarografy. V současné době se však spíše využívají elektronická čidla pro měření tlaku, umožňující rovněž měřené hodnoty zaznamenávat, ale v digitální podobě.

Protože se v každém místě zemského povrchu hodnota tlaku liší v závislosti na nadmořské výšce, zeměpisné šířce, teplotě, vlhkosti a dalších veličinách, tak se měřená

hodnota staničního tlaku redukuje ke vztažné hladině za předem definovaných podmínek. Jako tato hladina se zpravidla využívá střední hladina moře za podmínek standardní atmosféry (teplota vzduchu  $T = 15\text{ °C}$ , hustota vzduchu  $\rho = 1,225\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Tento tlak se poté nazývá jako tlak QNH.

Horizontální rozložení takto měřených a redukovaných staničních tlaků se v meteorologii nazývá pole tlaku. V takto definovaném tlakovém poli potom lze rozpoznávat tlakové útvary, které ovlivňují pohyb vzduchových hmot, resp. frontálních systémů, které jsou dohromady hlavním určujícím prvkem charakteru počasí v daném místě.

## 2.2 Teplota vzduchu

Teplota je jedna za základních fyzikálních veličin. Je mírou střední kinetické energie termodynamického pohybu molekul a její jednotkou v soustavě SI je Kelvin [K]. V meteorologické praxi se používá Celsiova stupnice [7].

Teplota vzduchu se měří pomocí teploměrů, které musí být v dobrém tepelném kontaktu se vzduchem a zároveň musí být dokonale chráněny před přímým slunečním zářením. Tyto podmínky zajišťuje v případě klasických teploměrů meteorologická žaluziová budka, v případě moderních elektronických teploměrů radiační kryt, ve kterém se umísťují elektronické teploměry společně s dalšími měřicími čidly (nejčastěji jsou to čidla určená na měření tlaku a vlhkosti vzduchu).

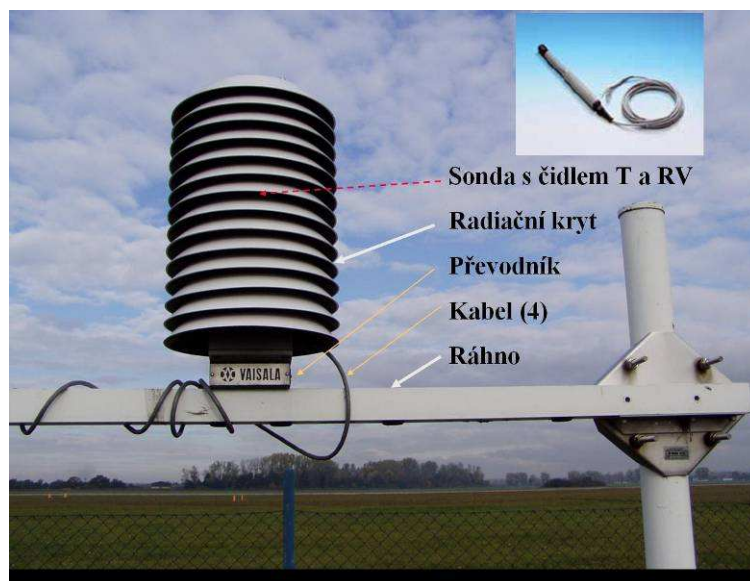
Základním přístrojem pro měření teploty vzduchu na meteorologických stanicích je přesný rtuťový nebo lihový teploměr. Je to skleněný, rtuť (lihem) naplněný teploměr se stupnicí z mléčného skla, dělenou na pětiny stupně. Rozsah teploměru je od  $-35\text{ °C}$  do  $+45\text{ °C}$ . Tento teploměr se umísťuje 2 m na zemský povrch do výše zmíněné meteorologické žaluziové budky. Meteorologická žaluziová budka (vyobrazena na obrázku 1) je dřevěná nebo laminátová skříň, leskle bíle natřená. Její stěny se skládají z dvojitých žaluzií, mezi kterými může proudit vzduch. Žaluzie současně i zabraňují průniku přímého slunečního záření dovnitř budky. Stříška je šikmá, dvojitá, se vzduchovou mezerou mezi deskami. Dno budky je volné. Na dřevěných příčkách je bíle natřená drátěná síť v kovovém rámu. Jednu stěnu budky tvoří otevíratelná dvířka, která jsou vždy orientovaná na sever. Dno budky je ve výšce 1,8 m nad terénem (přístroje jsou tedy v požadované výšce 2 m nad terénem).



Obr. 1 Meteorologické žaluziové budky [autorka]

V současné době se ovšem na téměř všech profesionálních meteorologických stanicích využívá elektronických teploměrů (obrázek 2 a 3) ukrytých v radiačních krytech a klasické teploměry slouží pouze jako kontrolní a záložní. Výhodou těchto elektronických teploměrů je poměrně vysoká přesnost a především možnost záznamu měřené teploty v čase, což na rozdíl od klasických teploměrů dává meteorologovi možnost neustále sledovat teplotu vzduchu, nikoliv pouze v termínech měření, jak tomu je u klasických teploměrů.

Kromě teploty vzduchu ve výšce 2 m nad zemským povrchem je neméně důležité měření tzv. přízemní teploty, která hraje velice významnou roli především v dopravě a také v zemědělství. Tato teplota se měří ve výšce 5 cm nad zemským povrchem.



Obr. 2 Sestava PA-21 [M. Pančenko]



Obr. 3 Vlastní zařízení PA-50 [M. Pančenko]

## 2.3 Poměrná vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu obecně, je dalším základním meteorologickým prvkem, který popisuje množství vodní páry ve vzduchu. V meteorologii se vlhkost vzduchu vyjadřuje pomocí vlhkostních charakteristik, kterými jsou absolutní vlhkost, deficit teploty rosného bodu, sytostní doplněk, měrná vlhkost, poměrná vlhkost, směšovací poměr, tlak vodní páry, popřípadě další. Nejčastěji využívanou vlhkostní charakteristikou je poměrná vlhkost vzduchu. Poměrná vlhkost vzduchu, dříve nazývána relativní vlhkost vzduchu, udává poměr skutečné absolutní vlhkosti vzduchu k absolutní vlhkosti, jaká by byla při dané teplotě v nasyceném vzduchu. Poměrná vlhkost vzduchu se obvykle vyjadřuje v procentech a vyjadřuje tedy stupeň nasycení vzduchu vodní párou [7].

Přístroje pro měření vlhkosti vzduchu, případně vlhkostních charakteristik, se nazývají vlhkoměry (hygrometry) či záznamové hygrografy. Tyto přístroje pracují buď na principu měření „suché“ a „vlhké“ teploty (psychrometry), nebo na principu deformace blány či vlasu, které v prostředí s různou vlhkostí vykazují různou pružnost. Nejmodernějším způsobem je ovšem opět měření vlhkosti elektronickými vlhkoměry, které jsou vybaveny kapacitním vlhkostním čidlem HUMICAP (obrázek 4). Tyto elektronické vlhkoměry, stejně jako ostatní elektronické meteorologické přístroje, umožňují elektronický záznam hodnot v libovolném čase.



Obr. 4 Čidlo HUMICAP [M. Pančenko]

## 2.4 Charakteristiky větru

Vítr je také jedním ze základních meteorologických prvků. Je to vektor popisující pohyb zvolené částice vzduchu v určitém místě atmosféry v daném časovém okamžiku. Horizontální složka větru vzniká především působením horizontální složky síly tlakového gradientu a Coriolisovy síly. Dále se uplatňuje i odstředivá síla a síla tření. Vertikální složka vektoru větru vzniká jako důsledek pohybu vzduchu v cirkulačních a frontálních systémech, konvekce, obtékání překážek apod. V běžné řeči se za vítr považuje jen horizontální složka větru [7].

Vítr je také prostředkem přenosu vody v atmosféře, přenosu energie, hybnosti a dalších fyzikálních vlastností ve vzduchových hmotách. Zvyšuje intenzitu výparu z vodní hladiny a z povrchu vlhkých předmětů, odnímá teplo tělesům, působí na překážky dynamickým tlakem, ovlivňuje ukládání sněhových závějí, vytváření námrazků apod. [7].

V meteorologické praxi se sleduje odděleně směr a velikost vektoru větru jako směr větru a rychlost větru. Rychlost větru je tedy velikost vektoru rychlosti pohybu vzduchu, udává se v  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , popř. v  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  nebo v uzlech (kt - knot). Směr, odkud vítr vane, v meteorologii je směrem opačným ke směru horizontální složky vektoru větru [7].

Přístroje pro měření větru se nazývají anemometry a lze je rozdělit na:

- mechanické
- elektronické

Nejznámější je anemometr založený na mechanickém principu, kde se směr větru měří větrnými směrovkami různých typů. Větrná směrovka má otočnou část, která se účinkem větru nastavuje po směru proudnic. Její poloha se určuje buď vizuálně podle pevné větrné růžice, jak tomu bylo u dříve používaných větrných korouhví, nebo při dálkovém přenosu polohového úhlu se odčítá na indikační, popř. registrační části přístroje. Měřicí vlastnosti větrné směrovky jsou závislé zejména na rotačním momentu a tvarování její otočné části [7].

Obecně můžeme říci, že čidlo anemometru a směrovka se při měření umísťují do výšky 10 metrů nad zemí a to na takovém místě, na němž není pokud možno větrné pole narušováno terénními překážkami (obrázek 5).

V některých případech se stále ještě využívají tzv. větrné rukávy. Hovorově jsou také nazývány „větrné pytle“. Jedná se o pomůcku, která se zpravidla umísťuje na regionálních letištích či heliportech a nebo podél dálnic a rychlostních silnic, kde může uživatelům signalizovat například přítomnost bočního větru. Pomocí těchto větrných rukávů je rovněž možné odhadnout rychlost i směr větru, ovšem takovéto „měření“ je skutečně pouze odhadem.



Obr. 5 Anemometr WA [autorka]

## 2.5 Srážky

Atmosférické srážky jsou částice vzniklé následkem kondenzace vodní páry v ovzduší a vyskytující se v atmosféře, na povrchu země, nebo předmětech v atmosféře a to buď v kapalně nebo pevně fázi. Atmosférické srážky rozdělujeme na srážky padající (nebo také vertikální) a usazené. Mezi usazené srážky řadíme rosu, jíní, námrazu a ledovku. Mezi padající atmosférické srážky – nejvíce sledované v souvislosti s dopravou a dopravní nehodovostí - řadíme déšť, mrznoucí déšť, mrholení, mrznoucí mrholení, sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, krupky, zmrzlý déšť, kroupy a ledové jehličky. Pokud srážky vypadávají z oblaků, ale nedosahují povrchu země, označují se jako virga [7].

U pozorování srážek se určuje druh a množství srážek. Množství srážek se určuje jako úhrn srážek, což je výška sloupce srážkové vody, který by se vytvořil na vodorovném nepropustném povrchu, pokud by nedocházelo k výparu a voda by neodtékala. Přístroje pro měření úhrnu srážek nazýváme srážkoměry, nebo také hyetometry.

Klasický srážkoměr je tvořen dvěma nádobami se záchytnou plochou  $500 \text{ cm}^2$ , nálevkou se stejnou záchytnou plochou, konvicí a odměrkou. Při měření se exponuje vždy jedna nádoba na podstavec tak, aby její záchytná plocha byla ve výšce 1 m nad terénem. V letním období se na nádoby ještě nasazuje nálevka omezující výpar zachycené srážkové vody. Kapalně srážky se měří po přelití ze záchytné nádoby do



odměrky rozdělené na díly odpovídající milimetrům srážek. Tuhé srážky se před měřením objemu nechají roztát v mírně teplém prostředí.

K měření srážek používáme mimo klasických srážkoměrů elektronické srážkoměry (obrázek 6, 7 a 8). Tento přístroj registruje kapalné srážky současně s časem a samozřejmě i srážky tuhé, které vytápění rozpouští – dochází tedy k měření vodní hodnoty tuhých srážek. K registraci srážek dochází díky člunkovému čidlu a registračnímu zařízení.

Samostatné zobrazovací zařízení k tomuto přístroji není, data se zobrazují připojením k PC přímo prostřednictvím příslušné aplikace.



Obr. 6 Automatický srážkoměr SR 49 (pohled shora) [M. Pančenko]



Obr. 7 Srážkoměr SR 49 (pohled ze strany) [M. Pančenko]



Obr. 8 Vnitřní část srážkoměru SR 49 (ve středu člunkové čidlo) [M. Pančenko]

## 2.6 Dohlednost

Dohledností se v meteorologii rozumí maximální vzdálenost, na kterou lze ještě rozeznat obrysy černého tělesa dostatečných úhlových rozměrů za obvyklého denního osvětlení. V případě nočního měření dohlednosti je černé těleso nahrazeno svítícím předmětem. V praxi se k určování dohlednosti využívá orientačních bodů, jejichž vzdálenost je nám známa, ale v posledních letech se stále více rozšiřují elektronická zařízení umožňující měření dohlednosti na principu průzračnosti vzorku atmosféry bezprostředně přiléhajícímu k zemskému povrchu.

Měření dohlednosti má asi největší význam při zabezpečení letového provozu, ale zároveň se jedná o meteorologický prvek, který má velice podstatný vliv na plynulost a především bezpečnost provozu na pozemních komunikacích.

Velká část meteorologických jevů má zhoršující vliv právě na dohlednost. Může se jednat například o kouřmo, mlhu, zákal, prach či kouř v přízemní vrstvě atmosféry, ale dohlednost může být také zhoršena výskytem srážek. Především sníh či silný déšť může výrazně zhoršovat dohlednosti a tím zvyšovat rizika dopravních nehod.

### 3 VYBRANÉ NEBEZPEČNÉ METEOROLOGICKÉ JEVY

Nebezpečné meteorologické jevy (NMJ) jsou počasové projevy, které mají nepříznivý vliv především na lidskou činnost (doprava, zemědělství), ale také přírodní prostředí. V civilní i vojenské meteorologické službě se tyto jevy pečlivě sledují a podle možností předpovídají. Před těmito jevy jsou jak obyvatelé, tak určité cílové skupiny (např. orgány řízení letového provozu), upozorňovány prostřednictvím výstražné hydrometeorologické služby. Nicméně stále se setkáváme se situacemi, kdy i přes včasné varování či upozornění, lidé při nepříznivém počasí často hazardují a to především při provozu na pozemních komunikacích. NMJ můžeme rozdělit podle období výskytu:

- NMJ s celoročním výskytem (např. intenzivní dešť, nárazy větru, atd.)
- NMJ typické pro zimní období (např. sněžení, námrazkové jevy, mlhy)
- NMJ typické pro letní období (např. bouřky)

NMJ se ovšem mohou výjimečně vyskytovat i mimo tato obvyklá období (např. zimní bouřky, letní mlhy, atd.)

#### 3.1 Bouřky

Bouřka je komplexní atmosférický jev, jednoznačně spojený s intenzivní tvorbou typických oblaků druhu Cumulonimbus (Cb). Při bouřkách rovněž dochází k mnohonásobným výbojům elektrické energie ve formě blesků, doprovázených hřměním. Tyto elektrické výboje (blesky) jsou zpravidla pozorovány mezi oblaky nebo mezi oblakem a zemí. Akustickým projevem blesku je hrom. Bouřka je tedy souborem elektrických, optických a akustických jevů.

Při bouřkách mimo jiné dochází k silným přívalovým srážkám, silným nárazům větru, krupobití a někdy i ke sněžení a vyloučeny nejsou ani další méně často pozorované doprovodné jevy, jako je například tromba nebo tornádo. Bouřky bez srážek se vyskytují jen zřídka. Pro vznik bouřkového oblaku, na který se bouřky vážou, je nutné splnění několika podmínek. Pro pochopení vzniku oblaků druhu Cumulonimbus a s ním spojených bouřek, je ovšem nutné provést klasifikaci bouřek.

### 3.1.1 Klasifikace bouřek

Existují obecně platné mezinárodní úmluvy o klasifikaci bouřek. Nejjednodušeji můžeme bouřky dělit na bouřky *frontální* a uvnitř vzduchové hmoty - *nefrontální*. Bouřky dále označujeme podle doby a místa vzniku, pohybu, vzdálenosti od místa pozorování, intenzity projevů.

**a) Bouřka frontální** – bouřka, která se vyskytuje v oblasti atmosférické fronty a postupuje s ní. Vzniká zpravidla na studené frontě nebo studené okluzi, mnohem řidčeji na teplé frontě. Může vzniknout v každé roční i denní době, ale její výskyt je na našem území častější v průběhu jarních a letních měsíců. Frontální bouřky rozdělujeme na *bouřky studené fronty a teplé fronty*.

*Bouřka studené fronty* – vzniká na čele studené fronty, na němž probíhá intenzivní vytlačování teplého vzduchu vzhůru před přitékajícím studeným vzduchem. Čím je teplý vzduch s instabilním teplotním zvrstvením vlhčí, tím se vyvíjejí mohutnější Cb. U bouřek studené fronty je častým průvodním jevem húlava. Bouřky studené fronty se mohou vyskytnout nad libovolným terénem a v kteroukoliv denní dobu. Nejintenzivnější bývají v odpoledních hodinách a v členitém terénu. Jsou uspořádány do pásu podél frontálního rozhraní v délce i několika stovek kilometrů. Bouřky studené okluzní fronty se v podstatě neliší od bouřek studené fronty.

*Bouřka teplé fronty* – vzniká vždy před frontální čarou. K jejímu vzniku je nutným předpokladem alespoň podmíněná instabilita atmosféry v teplém vzduchu, existence výstupných pohybů podél frontálního rozhraní a radiační ochlazování horních vrstev frontální oblačnosti, které má za následek růst instability. Výskyt bouřek teplých front je u nás poměrně řídkým jevem a vyskytuje se téměř výlučně v letním období obvykle v nočních hodinách. Základny Cb leží zpravidla mnohem výše než na studených frontách a pro pozorovatele ze země bývají zakryty jinou frontální oblačností, a to druhem oblaků Nimbostratus a Altostratus. Průvodním jevem bouřky teplé fronty bývá náhlé zesílení frontálních srážek.

**b) Bouřka nefrontální** – tj. bouřka uvnitř stejné vzduchové hmoty. Vyskytuje se v instabilní vzduchové hmotě a není spojena s atmosférickou frontou. Vzniká zejména následkem termické konvekce v místech příznivých pro rychlé oteplování velkých objemů vzduchu, jako např. v některých částech horských oblastí anebo kopcovitých terénů, v průmyslových oblastech a nad velkými zastavěnými plochami, nebo následkem uspořádané konvekce. Bouřky uvnitř vzduchové hmoty rozlišujeme na *kvazifrontální, advekční, konvekční a orografické*.

*Bouřka kvazifrontální* – druh bouřky ve studené instabilní vzduchové hmotě. Bouřky kvazifrontální souvisejí s uspořádanou konvekcí, vytvářejí zpravidla pásy a svými projevy se podobají bouřkám studené fronty. Podobně se i zde vytváří plocha rozhraní oddělující pásmo výstupných proudů v teplém vzduchu s aktivními kumuly od následujícího pásma silných přeháněk a sestupného proudění. Na styku výstupných a sestupných proudů vzniká v přízemní vrstvě obvykle húlava doprovázena silnou turbulencí (o obojím bude pojednáno v následující kapitole). Postup kvazifrontální bouřky je rychlý, řádově  $50 \text{ km.h}^{-1}$ . Nejvyšší rychlosti větru bychom naměřili v nejnižších hladinách ( $v > 10 \text{ m.s}^{-1}$ ), přičemž s narůstající výškou rychlost větru klesá. Mají krátké trvání, na daném místě se opakují často i několikrát za den. Mohou vznikat již v dopoledních hodinách, odpoledne zesilují, k večeru a během noci slábnou. Nejčastěji se vyskytují v jarním období.

*Bouřka advekční* – bouřka v oblasti studené advekce za studenou frontou. Vznik je podmíněn existencí absolutní instability atmosféry alespoň do výšky kondenzační hladiny a podmíněnou instabilitou atmosféry do výšky alespoň 4 až 6 km.

*Bouřka konvekční* – bouřka uvnitř instabilní vzduchové hmoty, jejíž rozhodující příčinou je termická konvekce vzniklá následkem nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu (proto se také tento druh bouřek někdy nazývá *inzolační*). Vyskytuje se v době denního teplotního maxima za pěkného počasí a má výlučně lokální charakter. Muže být velmi intenzivní s velkým počtem blesků, se silným deštěm, popř. krupobitím. Rychlost jejího postupu je malá (5 až  $15 \text{ km.h}^{-1}$ ). Na vzniku konvekční bouřky se mohou podílet i průmyslové zdroje tepla.

*Bouřka orografická* – bouřka spojená se zesílením konvekce vlivem orografie (orografie - soubor tvarů zemského povrchu, který ovlivňuje všeobecnou a místní cirkulaci atmosféry), zejména termické konvekce nad osluněnými svahy. Vznik orografické bouřky ovlivňují dále výstupné proudění na návětrří, konvergence horských a údolních větrů, zvýšená mechanická turbulence vedoucí za vhodných podmínek ke vzniku spontánní konvekce a zpravidla vyšší vlhkost vzduchu v horských oblastech.

Z hlediska příčin můžeme podmínky vzniku bouřkové oblačnosti, nehledě na to, jedná-li se o frontální či nefrontální bouřky, rozdělit na podmínky termodynamické, synoptické a místní. K termodynamickým podmínkám patří výše zmíněná instabilizace atmosféry, malá vertikální mohutnost zadržujících vrstev nebo jejich absence, dostatečná vlhkost vzduchu v celé instabilní vrstvě, relativně nízko položená izoterma -10°C a HHK (horní hladina konvekce) se nachází nad izotermou -10°C. K synoptickým podmínkám patří nevýrazné tlakové pole nebo brázda nízkého tlaku vzduchu, resp. týlová část cyklony, dále konvergence proudění při zemi a divergence proudění ve vyšších hladinách a další podmínkou je cyklonální charakter proudění. K místním podmínkám patří vhodný charakter podkladu umožňující rozvoj termické turbulence a geografické podmínky umožňující vznik mechanické turbulence.

### **3.1.2 Projevy bouřkové činnosti**

Projevy bouřkové činnosti jsou různorodé a obecně platí, že každý projev je důsledkem nějaké příčiny. Dále budou popsány pouze projevy, které přímo souvisejí s pochody v bouřkových oblacích i mimo něj, a které jsou důležité pro komplexní hodnocení bouřek z hlediska meteorologického. Z výše uvedeného důvodu budou projevy rozlišeny na *elektrické*, *akustické*, *námrazu* a projevy související s prouděním vzduchu při bouřkách, mezi něž lze zahrnout projevy *větrné a srážkové aktivity*.

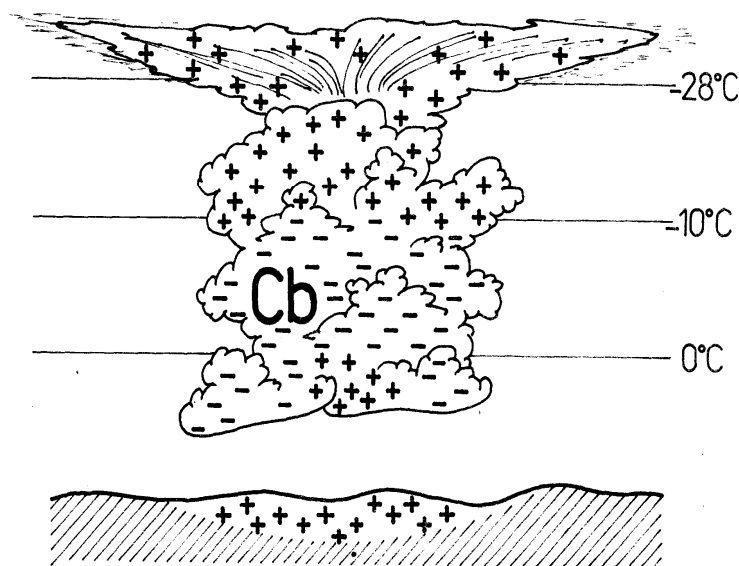
#### **Elektrické projevy**

Ze všech projevů bouřkové činnosti jsou elektrické výboje zřejmě tím neefektivnějším. Z hlediska svých projevů rozlišujeme dva typy elektrických výbojů. Prvým typem jsou hrotové výboje, druhým blesky. K popisu jednotlivých typů elektrických výbojů je třeba se zmínit o elektrické struktuře bouřkových oblaků, protože

nejsilnější elektrická pole a největší koncentrace elektrických nábojů vyskytujících se v atmosféře jsou spojeny právě s existencí bouřkových oblaků.

Výskyt elektrického náboje a jeho rozdělení v oblaku vysvětluje několik teorií. K nejznámějším patří teorie založená na tzv. Lenardovu jevu (balloelektrický efekt), která hovoří o tom, že velká dešťová kapka, navenek elektricky neutrální, má vlastně jakýsi obal záporných nábojů a jádro kladných nábojů. Při srážce a rozbití takovéto kapky, vznikne množství malých kapek se záporným nábojem a větší kapky s kladným nábojem. Tento efekt byl v praxi potvrzený pokusy. Další teorií je tzv. indukční teorie, která předpokládá, že kapky padající v elektrickém poli jsou polarizované. Při srážce větších kapek s menšími může dojít ke splnutí kapek a může nastat i výměna nábojů, takže kapky různých rozměrů mají různé náboje, nebo polarizovaná kapka může z okolního vzduchu zachytávat ionty převážně jednoho znaménka a tak získávat náboj. Pokud považujeme oblak za systém, kde můžeme očekávat, že oblačné elementy se budou elektrizovat na určitý potenciál, hovoříme o tzv. absorpční teorii (Frenkel). Tento potenciál je asi 0,25 V a takto drobná kapka vody, která je velmi příbuzná iontu, bude při pádu ionizovanou vrstvou zachytávat ionty a získávat tak náboj.

Na elektrizaci oblačných elementů mají vliv i fázové přeměny, pohyb oblačných elementů, fázové skupenství a mnoho dalších faktorů. Bouřkový oblak, ve kterém probíhají srážkotvorné procesy, představuje složitý, elektricky nabitý útvar. Vertikální proudy přemísťují oblačné složky a tak dochází k vytvoření oblastí v bouřkovém oblaku, kde se nachází shodný náboj. Na základě pozorování, která vykonal Simpson, je možné sestavit přibližné schéma rozdělení elektrických nábojů v oblaku, jak ukazuje obrázek 9. V horní části oblaku, asi po izotermu  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jsou kladné náboje, mezi izotermami  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  jsou záporné náboje prakticky až po základnu. Kromě těchto dvou hlavních elektrických center se v základně bouřkového oblaku pozoruje i podstatně menší podružné centrum kladného náboje, které je však prostorově i časově vázáno na vypadávání srážek a vytváří se pravděpodobně pouze tehdy, existují-li v základně oblaku teploty vyšší než  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Obr. 9 Simpsonův model a schématické rozložení elektrických nábojů v Cumulonimbu [9]

Teorie vzniku center elektrického náboje v Cumulonimbu není v současnosti zcela jasná, jedná se zřejmě o kombinaci několika jevů. Na základě současných znalostí získaných z pozorování i laboratorních měření se jako zřejmě nejvýznamnější jeví výměna náboje při kolizích malých ledových krystalků s většími ledovými krupkami v oblasti výstupného konvekčního proudu s vysokým vodním obsahem [17]. Při těchto kolizích se malé ledové krystalky nabíjejí kladně a větší krupky záporně. Následně vlivem výstupných pohybů a zemské tíže dochází k tomu, že malé krystalky jsou vyneseny do vyšších hladin, kde formují hlavní centrum kladného náboje, zatímco větší krupky zůstávají ve středních hladinách nebo vypadávají jako konvekční srážky, čímž vzniká centrum záporného náboje [16].

**Blesky** - Blesk je elektrickým výbojem doprovázeným vysokou ionizací vzduchu ve větším prostorovém rozsahu, jedná se o silný jiskrový výboj, který vznikne mezi centry elektrického náboje opačné polarity. Blesky vznikají v oblacích druhu Cumulonimbus (vzácně mohou vzniknout v oblacích druhu Cumulus congestus), v těchto oblacích totiž vznikají dostatečně silná jádra elektrického náboje, která jsou nutná k vývoji blesku. V zásadě lze rozlišovat dva typy bleskových výbojů. Prvním typem jsou tzv. vnitřní blesky, tj. blesky uvnitř bouřkového oblaku, kdy dochází k výbojům mezi kladným a záporným centrem elektrického náboje. Druhým typem jsou



blesky do země, blesky země-oblak, tj. blesky mezi dolním záporným (resp. kladným) centrem Cumulonimbu (centrem náboje uvnitř oblaku) a zemským povrchem. Mimo uvedené dva typy také nastávají situace, kdy dojde k výboji mezi centry náboje dvou blízkých oblaků, popř. mezi oblakem a volnou atmosférou. Tyto výboje nemají žádný další speciální název, ale z pohledu systémů detekce blesků, je považujeme za blesky uvnitř oblaku.

Blesky podle svého vzhledu dělíme na blesk čárový, plošný, rozvětvený, růžencový (perlový) blesk a kulový blesk.

Samozřejmostí je, že určité riziko zasažení dopravního prostředku bleskem bude vždy existovat, nicméně mnohem nebezpečnější je vznik dopravních nehod, které jsou úderem blesku způsobeny nepřímo. Například pád větví či celých stromů nebo stožárů na komunikaci.

**Hrotové výboje** - hrotové výboje za běžných podmínek v atmosféře představují přibližně vertikálně tekoucí elektrické proudy iontů vzniklých zpravidla působením kosmického záření. Silné hrotové výboje jsou provázeny i zvukovými efekty (praskáním) a někdy jsou i dobře viditelná jiskření a sršení různých kovových hrotů, špiček stožárů, věží apod. Je-li hrotový výboj patrný vizuálně, hovoříme o tzv. Eliášově ohni, jehož název pochází od středověkých námořníků. Intenzita hrotových výbojů a tedy i intenzita jejich vnějších projevů, které můžeme jako pozorovatelé registrovat, závisí na rozdílu elektrického potenciálu mezi uzemněným bodovým vodičem a okolním vzduchem, což je totéž jako potenciálový rozdíl mezi zemským povrchem a hladinou atmosféry v níž se vrchol uzemněného bodového vodiče nalézá. Intenzitu hrotových výbojů ovlivňuje i rychlost větru. Na základě experimentálních měření vyplývá, že s rostoucí rychlostí větru intenzita hrotových výbojů stoupá.

### **Akustické projevy**

Vzduch se v hlavním kanále prudce zahřívá na hodnotu  $1,5 - 2,0 \cdot 10^4$  °C a současně rychle rozpíná, vzápětí se rychle ochlazuje a smršťuje. To způsobí vznik rozruchu v okolním prostředí, který se šíří do okolí a vyvolává akustický efekt – hřmění. Ohlušující rána sice není sama o sobě nijak nebezpečná, ale může nepříjemně vylekat, což je nebezpečné zejména při řízení motorových vozidel.

## **Námraza**

Dalším projevem bouřkové činnosti je námraza, která je velice nebezpečným bouřkovým projevem zejména pro piloty letadel. Námraza bude podrobněji popsána níže.

## **Projevy srážkové aktivity**

Většina bouřek je doprovázena poměrně intenzivní srážkovou činností (obrázek 10), která může být v dopravě velice nebezpečná. Srážkové úhrny v bouřkách mohou dosahovat hodnot i několik desítek mm vodního sloupce, ale už i mnohem nižší hodnoty srážkových úhrnů mohou způsobovat ztrátu přilnavosti pneumatik k vozovce – tzv. aquaplaning. Dalším nepříznivým důsledkem přívalových srážek mohou být rozsáhlé a hluboké kaluže, či vzedmutá hladina vody z kanalizace, tyto se na vozovkách tvoří v místech, kde není půda nebo kanalizace schopná absorbovat či odvést takové velké množství srážek. V mnoha případech se tyto kaluže tvoří právě v zatáčkách a při projetí takovéto kaluže může řidič poměrně snadno ztratit kontrolu nad vozidlem. V neposlední řadě intenzivní srážky mohou způsobit strhávání nezpevněných okrajů komunikací, nebo naplavovat nežádoucí materiál (např. půda z polí, štěrky, atd.) na povrch vozovky.

Prvotním procesem nezbytným pro vytvoření nejen oblaků, ale následně i srážek, je kondenzace vodní páry. Vlastní kondenzace vodní páry je nesmírně složitým dějem, při kterém se uplatňuje mnoho faktorů. Nejjednodušší představou vzniku oblačné kapičky je představa vzájemného spontánního spojování jednotlivých molekul vody, což je ovšem děj energeticky nesmírně náročný a tudíž statisticky málo pravděpodobný. Nicméně empirická zkušenost ukazuje, že v reálné atmosféře dochází ke kondenzaci prakticky ve všech případech, kdy je dosaženo stoprocentního nasycení vzduchu vodní párou vzhledem k rovinnému vodnímu povrchu. V atmosféře se vždy vyskytují částičky prachu, krystalky solí apod., které souhrnně nazýváme kondenzačními jádry, neboť účinně napomáhají ke kondenzaci vodní páry. Jejich velikosti jsou nepatrné a dosahují hodnot řádově  $10^{-8}$  m až  $10^{-6}$  m. Důležitou vlastností kondenzačních jader musí být jejich schopnost smáčet se vodou. Na zvýšení kondenzace se účinně podílí též přítomnost elektrického náboje na těchto částicích. Pro složitější úvahy nárůstu mikroskopických vodních kapiček je nutné zohledňovat také tenzi nasycených par nad zakřiveným povrchem kapičky, molekulární difúzi, rozložení elektrického potenciálu elektrostatického pole nabitého izolovaného kulového kondenzátoru a mnohé další faktory, kterými se však v této práci zabývat nebudeme.

Důležité je však zmínit fakt, že při kondenzaci vodní páry a narůstání jednotlivých vodních kapiček dochází k uvolňování latentního tepla. Toto teplo je předáváno okolnímu vzduchu, a proto dochází k teplotnímu rozdílu mezi teplotou vodní kapky a okolím. Kondenzace je tedy spojena s uvolňováním tepla, vypařování s jeho spotřebou. Kapka narůstající kondenzací je proto vůči okolnímu vzduchu vždy o něco teplejší, vypařující se kapka naopak chladnější.

Mechanismus vzniku padajících atmosférických srážek spočívá v tom, že část původně maličkých oblačných elementů začne intenzivně narůstat na úkor ostatních. V současnosti lze na tento fenomén nahlížet v podstatě dvojitým pohledem. Podle klasické představy je ke vzniku srážek nezbytná přítomnost ledových částic v oblacích. K intenzivnímu narůstání ledových částic dochází, sráží-li se krystal s přechlazenou vodní kapkou. Tím se postupně zvětšuje hmotnost krystalu a síla aerodynamického odporu již dále neudrží krystal v rovnováze se silou tíhovou. Krystal postupně rovnoměrně zrychleným pohybem začne padat a v oblasti pod hladinou nulové izotermy začne tát a vznikne dešťová kapka. Podle této představy je dešťová kapka svým původem roztátý kousek ledu. Ovšem skutečnost, že srážky mohou vypadávat také z tzv. teplých oblaků, nalézajících se celým svým objemem pod hladinou nulové izotermy, je představa vzniku srážek pouze z ledových krystalků nesprávná. Vzniklou mezeru lze vyplnit teorií narůstání kapek - koalescencí. Také přítomnost obřích kondenzačních jader v oblacích značně přispívá ke vzniku dešťových kapek. Oproti narůstání kapek existuje i jejich samovolný rozpad. Dosáhne-li velikost kapek 2 až 5 mm, může podle konkrétních podmínek uvnitř oblaku, dojít k jejich rozpadu na několik málo větších zbytků a značný počet mikroskopických kapiček. Příčinou tohoto jevu je skutečnost, že povrchové napětí už není schopno udržet povrchovou blánu kapky a ta praská. Větší zbytky jsou pak vzestupnými proudy unášeny vzhůru a celý proces narůstání kapek může začít znovu, čímž se celý proces opakuje. Ovšem ne všechny kapky musejí prodělat spontánní rozpad. Pakliže k němu nedojde, může kapka opustit oblak a padat k zemi ve formě srážek. Její další narůstání není vyloučeno, splýváním s ostatními padajícími kapkami a to zvláště pokud v kapce jsou přítomny příměsi, které účinně napomáhají k udržení objemu kapky pohromadě.



Obr. 10 Ukázka intenzivních srážek a jejich vlivu na dohlednost [32]

### **Projevy větrné aktivity**

Kromě silného deště a krupobití právě silný a nárazový vítr koná při bouřkách největší škody. V čele oblaku dochází k mohutným výstupným proudům teplého vzduchu, který do oblaku nemusí vstupovat jen z míst právě pod základnou oblaku, ale jsou zde vtahovány také teplé konvekční proudy z poměrně vzdálenějších oblastí. Výstup jednotlivých přízemních vzduchových mas dosahuje rychlosti řádově metrů za sekundu, avšak v samotném oblaku, kde lze hovořit o určitém typu komínového efektu, dosahují tyto výstupné rychlosti řádově desítek metrů za sekundu – v extrémních případech až  $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . V přízemní vrstvě ve vzdálenostech stovek metrů před čelem oblaku se tyto vzduchové pohyby projeví slabým větrem dosahujícím rychlosti zmíněných několik metrů za sekundu. Posune-li se čelo bouřky dále a oblak již zahálí většinu oblohy, začnou výstupné proudy slábnout a převáží již sestupné pohyby. Hlavní masa sestupujícího vzduchu, jehož pohybová rychlost je řádu desítek metrů za sekundu, může dosáhnout v extrémních podmínkách až rychlosti  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nárazovitost přízemního větru, která je s tímto proudem spojena, vzniká tím, že v Cumulonimbech a pod nimi jsou silné výstupné a sestupné pohyby charakteru vírů s horizontální osou. Tomuto nárazovitému větru se říká húlava a její nárazy mohou dosáhnout, popřípadě i přesáhnout  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Pro vyjádření intenzity větru byla sestavena počátkem 19. století Beaufortova stupnice. Rychlosti větru tehdy ještě nebyly objektivně měřeny a tak byla zavedena škála relativních stupňů síly větru od 0 do 12, kde každému stupni byly přiřazeny rozpoznávací znaky. Teprve v pozdější době byla Beaufortova stupnice doplněna konkrétními rychlostmi pro každý stupeň škály.

Největším rizikem pro dopravu jsou opět spíše dopravní nehody způsobené větrem nepřímo. Silný nárazovitý vítr dokáže lámat větve i celé stromy, které poté padají na komunikace, kde působí nemalé škody. Na rozdíl od úderu bleskem působí nárazovitý vítr při bouřce poměrně plošně, takže postižená oblast může mít rozlohu i několika kilometrů. Další nebezpečí představuje silný nárazovitý vítr pro hojně rozšířenou kamionovou dopravu. Nejčastěji dochází k situacím, kdy nezátížený kamion sjede z komunikace nebo je přímo převrácen.

**Húlava** - Húlava je vzdušný vír s horizontální osou, pro který je charakteristické náhlé zvýšení rychlosti větru. Tento vítr je značně nárazovitý a často mění směr, což je většinou způsobeno přiblížováním bouřky nebo silné přeháňky, kdy intenzivní srážky snižují základny oblaků a obloha nabývá typického tmavošedého vzhledu.

V přední části húlavy existuje silné výstupné proudění, v zadní části začínají srážky a silné sestupné pohyby vzduchu. Podobné situace můžeme pozorovat před přechodem atmosférické fronty (obvykle studené fronty), většinou v teplé části roku. Potom hovoříme o frontálních húlavách, při níž nárazy přízemního větru mohou u nás dosahovat až  $45 \text{ m.s}^{-1}$ . Húlavy se vyskytují i v instabilních vzduchových hmotách, hlavně v odpoledních hodinách, kdy se vytvářejí místní bouřky. Nárazovitost přízemního větru vzniká tím, že v Cumulonimbech a pod nimi jsou silné výstupné a sestupné pohyby charakteru vírů s horizontální osou. Osa rotující hmoty vzduchu bývá v různých výškách nad zemským povrchem (500-100 m, ale někdy jen 50 m). Vytváří se zpravidla 1 – 2 km před pásmem přeháněk. Po přechodu húlavy daným místem nastává výrazné zesílení větru – squall. Squall je definován jako náhlé zesílení větru o síle alespoň  $8 \text{ m.s}^{-1}$  a větším, trvající alespoň 1 minutu. Při tomto jevu byly zaznamenány rychlosti proudění až  $30 - 40 \text{ m.s}^{-1}$ .

**Větrné smršť** - smršť je průvodním jevem velmi silných bouřek. V naší oblasti se smršť vyskytuje velmi zřídka, častější je v tropických a subtropických pásmech. Je to silný vítr s více – méně vertikální osou rotace, který vychází z bouřkového oblaku ve tvaru připomínající sloní chobot. Pro smršť se používá označení tromba. Vyskytuje se nad mořem i nad pevninou. Nad mořem mívá poloměr 25 - 100 m, nad pevninou 100 a více metrů. Nad pevninou se vyskytuje nejčastěji v červenci a v srpnu a způsobuje značné škody v páse širokém několik set metrů až 5 km. Účinky smršťe jsou vyvolané velmi velkými rychlostmi větru, které dosahují  $60 - 100 \text{ m.s}^{-1}$  (obvodová rychlost ve

víru). Rychlost postupu víru je do 100 – 150 km.h<sup>-1</sup>. Větší škody způsobí smršť na straně, kde se sčítá obvodová rychlost a rychlost postupu víru. Ve středu víru výrazně klesá tlak vzduchu až o 40 – 100 hPa.

**Turbulence** – Turbulence je dalším doprovodným bouřkovým projevem. V letectví se jedná o velice sledovaný jev, ale v ostatních oblastech lidské činnosti není turbulence nijak výrazně nebezpečná.

### **Dohlednost a oblačnost**

Dohlednost v okolí bouřky je určována vlastnostmi vzduchové hmoty. Přímé a výrazné zhoršení dohlednosti při bouřce je vyvolané vypadáváním intenzivních přeháněk. V přeháňkách klesá dohlednost podle jejich intenzity na 2 – 1 km a pod 1 km na několik stovek metrů. V samotném oblaku druhu Cb se ve spodní části pohybuje dohlednost v intervalu 10 – 20 m, ve střední části desítky až stovky metrů a v horní části (v kovádně Cb) až stovky metrů, což je důležité pro letectví.

Dohlednost ve srážkách značně ovlivňuje i rychlost větru případně rychlost letu a to tak, že čím je rychlost vyšší, tím je horší dohlednost. V silných sněhových bouřích klesá dohlednost často až na několik metrů. Ke zhoršování dohlednosti ve srážkách se přidává i zkreslení a ztížení pozorování terénu způsobené vrstvou vody nebo tajícího sněhu na skle dopravního prostředku. Tento efekt je nebezpečný zvláště na rychlostních komunikacích.

## **3.2 Námrazkové jevy**

Námrazkové jevy se nejčastěji vyskytují v chladné polovině roku a jedná se o NMJ, které mají asi největší podíl na nehodovosti způsobené stavem komunikace a počasí vůbec. Námrazkových jevů se rozeznává několik druhů, ovšem mezi laickou veřejností se hovoří téměř výhradně o výrazu ledovka, který je chybně přiřazován i jiným druhům námrazků. Druhy námrazků se rozlišují podle způsobu vzniku, tvaru a složení. Některé druhy námrazků pro dopravu nepředstavují téměř žádné nebezpečí, ale určité druhy těchto jevů mohou působit rozsáhlé škody jak v dopravě, tak například v energetice či zemědělství.

**Ledovka** – homogenní ledová vrstva vznikající při mrznoucím mrhnutí nebo mrznoucím dešti. Tvoří se na vodorovných, svislých i šikmých plochách, na větvích i

kmenech stromů, na elektrických drátech, stožárech a jinde. Často bývá zaměňována s náledím. Vzniká při dopadání přechlazených vodních kapek na zemský povrch nebo předměty, které takřka okamžitě namrzají. Tloušťka vrstvy ledovky může v některých případech dosahovat i více než 2 cm. Z hlediska bezpečnosti dopravního provozu se jedná o velice nebezpečný druh námrazkového jevu.

**Náledí** – jedná se rovněž o ledovou vrstvu pokrývající zem, ale od ledovky se liší způsobem vzniku. Jedná se o déšť či mrholení, které nezvládne zemský povrch absorbovat a při ochlazování (nejčastěji v průběhu noci nebo zrána) dochází ke zmrznutí této vodní vrstvy. Na rozdíl od ledovky nedosahuje náledí takové tloušťky a poměrně rychle roztává. Nebezpečí vzniku dopravních nehod na pozemních komunikacích můžeme hodnotit jako vysoké.

**Zmrazky** – opět se jedná o ledovou vrstvu pokrývající zem. Zmrazky zpravidla vznikají dvěma způsoby:

- 1) Voda z úplně nebo částečně roztátého sněhu na zemi opět zmrzne (nejčastěji v noci nebo zrána),
- 2) Vlivem provozu na pozemních komunikacích dochází k rozježdění sněhu, který zmrzne či zledovatí.

Z hlediska nebezpečnosti na dopravní provoz se jedná o velice nebezpečný jev.

**Jinovatka** – také se označuje jako krystalická námraza. Je složena z jemných jehliček, trsů a sloupků se zřetelnou krystalickou strukturou. Tvoří se sublimací z přechlazené mlhy nebo kouřma a to nejčastěji na bočních stranách předmětů při teplotách v intervalu zhruba -3 až -8°C. Vzhledem k tomu, kde se utváří, není příliš nebezpečná, navíc při oklepu opadává.

**Jíní** – lidově se označuje jako šedý mráz a velice často bývá chybně označován jako jinovatka. Vzniká poměrně často a tvoří se na rozdíl od jinovatky na zemském povrchu (na stéblech trávy, keřích atd.). Vzniká kondenzací vodní páry - analogicky jako rosa, ale při záporných teplotách na předmětech blízko země. Nepředstavuje příliš vysoké nebezpečí. Poměrně rychle roztává.

**Zmrzlá rosa** – Nevyskytuje se příliš často. Vzniká z rosy při náhlém ochlazení. Kapičky rosy zmrznou a utvoří bílou usazeninu.

**Námraza** – skládá se ze sněhobílých neprůhledných trsů vláknité struktury. Tvoří se rychlým zmrznutím přechlazených kapiček mlhy nebo oblaků nejčastěji při silném větru. Ideální pro její vznik je teplota v intervalu -2 až -10°C. Nejčastěji vzniká na návětrných stranách předmětů (dopravní značení, elektrické sloupy, stromy, atd.) a

velice rychle narůstá. Může být velice silná. V těchto případech způsobuje značné škody, zejména v energetice. Elektrické vedení není schopno unést tíhu vzniklé námrazy a trhá se.

### 3.3 Jevy zhoršující dohlednost

Dostatečná dohlednost značnou měrou přispívá k bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích. Při výrazně zhoršené dohlednosti není řidič schopný včas reagovat na vzniklou situaci, což zvyšuje riziko vzniku dopravní nehody. Obecně můžeme říci, že čím je dohlednost horší a rychlost jízdy vozidla vyšší, tím je také vyšší předpoklad vzniku dopravní nehody, za současného předpokladu nepřizpůsobení jízdy stavu vozovky. Dohlednost může být zhoršena buď vlivem pevných či kapalných částic v přízemní vrstvě atmosféry. Některé z těchto jevů jsou spíše omezující v letecké dopravě, ale samozřejmě je nesmíme opomíjet i v dopravě silniční.

**Mlha** – mlha je nahromadění produktů kondenzace a sublimace vodní páry v přízemní vrstvě vzduchu, kdy je dohlednost menší než 1 km [18]. V podstatě se jedná o nízkou oblačnost druhu stratus, která vzniká bezprostředně nad zemí. Obvyklým obdobím, kdy můžeme mlhy pozorovat, je chladná polovina roku, ale v závislosti na původu vzniku mlhy se mohou objevit mlhy i v průběhu letních měsíců. Mlhy vznikají ochlazením přízemní vrstvy vzduchu až do stavu nasycení [18]. Podle různých hledisek můžeme mlhy rozdělit do několika skupin a typů.

Podle podmínek a způsobu vzniku se rozlišují mlhy:

- uvnitř vzduchových hmot (advekční, radiační, advekčně-radiační, svahové (orografické), z vypařování a antropogenní)
- frontální (předfrontální, frontální a zafrontální)

Podle složení dělíme mlhy na mlhy:

- přechlazené
- zmrzlé
- smogové

Podle vertikálního rozsahu lze mlhy rozdělit na mlhy:

- přízemní
- výškové (inverzní)



Podle intenzity se rozlišují mlhy:

- slabé
- mírné
- silné
- velmi silné

Podle místa vzniku:

- jezerní
- městská
- monzunová
- mořská
- pobřežní
- svahová
- údolní atd.

Z předchozího plyne, že některé typy mlh můžeme zařadit do více skupin. V následující části této kapitoly budou stručně popsány pouze vybrané typy mlh.

*Radiační mlha* – tvoří se radiačním ochlazováním přízemní vrstvy vzduchu od podloží. Radiační mlha vzniká nejčastěji v druhé polovině noci a v ranních hodinách, kdy je nejnižší teplota. Předpokladem vzniku radiační mlhy je slabé přízemní proudění, které vznikající mlhu „nerozfouká“. Radiační mlha je spíše lokálního charakteru, ale za stabilních inverzních situací může postihnout i rozsáhlá území. Tloušťka této prochlazené vrstvy (mlhy) může být od několika cm (v létě) až po 200-300 m (v zimě). Radiační mlhy se zpravidla během dopoledních hodin rozpouštějí (1.- 3. den opakování se mlhy), ale při dlouhodobých inverzních situacích (4 a více dní) se čas rozpouštění mlhy posouvá až do odpoledních hodin, anebo se mlha může udržet po celý den.

*Advekční mlha* – tvoří se v místech, kde se vlhký vzduch přemísťuje nad prochlazený zemský povrch (např. pobřeží). Podmínkou pro vytvoření přízemní advekční je mlhy opět slabé proudění, v případě vyšší rychlosti proudění bude vznikat nízká stratovitá oblačnost. Tyto mlhy se mohou tvořit v libovolné denní době, ale jejich výskyt je pravděpodobnější spíše v průběhu noci.

*Orografická mlha* – vzniká v okolí kopců a hor. Jedná se o nízkou oblačnost, která vrcholky těchto hor a kopců zakrývá.

*Předfrontální mlha* – vzniká nejčastěji v pásu 100 – 200 km před teplou frontou. Vzniká tehdy, když studeným vzduchem před frontou propadávají vodní kapky srážek, které se vypařují a vlhkostí nasycují vzduch [18].

*Zafrontální mlha* - Je podmíněná advekcí teplého a vlhkého vzduchu nad studené podloží za teplou frontou anebo teplou okluzí. Má velkou rozlohu a je spojená s frontální oblačností [18].

**Kouřmo** – Princip vzniku kouřma je stejný jako princip vzniku mlh s tím rozdílem, že dohlednosti v kouřmech se pohybují na nebo nad hranicí 1 km. Kouřmo je tedy tvořeno vodními kapičkami. V dopravě představují zvýšené riziko pouze silná kouřma, kde se dohlednost pohybuje v intervalu 1-3 km.

**Zákal** – Zákal se v meteorologii rozumí zhoršení dohlednosti vlivem pevných částic, kdy ale vlhkost vzduchu není vysoká. Nejčastěji se jedná o prach. U nás se zákal vyskytuje především v letních měsících, ale jeho intenzita bývá poměrně slabá (dohlednosti jsou větší než 4 km). Silné a velmi silné intenzity zákalu můžeme pozorovat v pouštních oblastech.

### 3.4 Srážky

Vliv srážek v kapalně formě na provoz na pozemních komunikacích byl popsán výše v podkapitole 3.1.2. Projevy bouřkové činnosti, proto se dále tato kapitola zaměří pouze na srážky v pevném skupenství, ty se opět kromě krup, které se mohou objevit při bouřkách i v létě, vyskytují téměř výhradně v zimních měsících. Převážná většina těchto srážek je pro řidiče poměrně nebezpečná. V případě nevhodných pneumatik a absence podpůrných systémů vozidla (např. ABS, ESP, EDS, MSR, ASR, BA, DSR apod.) jsou častým viníkem dopravních nehod.

**Sněžení** – jsou srážky složené z ledových krystalků, které v závislosti na teplotě a vlhkosti vytvářejí různé obrazce v podobě hvězdic (sněhové vločky), které mají téměř vždy šesterečnou strukturu. Vzhledem k tomu, že pouze zhruba 5 % velikosti vločky je led a zbylých 95 % je tvořeno mezerami ve struktuře vločky, můžeme říci, že sněžení několikanásobně více zhoršuje dohlednosti než dešťové srážky. V intenzivním sněžení a především v intenzivních sněhových přeháňkách se tyto dohlednosti mohou pohybovat pouze v řádech desítek metrů.

**Děšť se sněhem** – Tento hydrometeor je řidiči poměrně často podceňovaný, ale jedná se o velice nebezpečný jev. V případě, že tyto smíšené srážky dopadají na podchlazený zemský povrch, zejména v nočních a ranních hodinách, měli bychom předpokládat také výskyt námrazkových jevů jako je náledí, zmrazky a v určitých případech i ledovka. Obecně se také používá termín sníh s deštěm. Přesný výraz není

pevně určen, ale v meteorologické praxi se na první místo udává jev, který v těchto smíšených srážkách převládá.

**Mrznoucí déšť** – jedná se o přechlazené vodní kapičky, jejichž teplota je přibližně 0 °C nebo i nižší, které při dopadu na chladný povrch vytvářejí nebezpečnou ledovku.

**Sněhové krupky** – jsou to bílá neprůsvitná ledová zrna, která při dopadu na zem odskakují. Jsou poměrně křehká a dají se stlačovat. Vyskytují se převážně v přeháňkách.

**Kroupy** – jako jediná pevná srážka se může poměrně často vyskytovat i v letním období. Skládá se z kuliček nebo kousků ledu o průměru 5 – 50 mm. Bývají buď matné nebo průsvitné. Teorie vzniku krup je poměrně složitá a částečně již byla nastíněna v kapitole 3.1.2 Projevy bouřkové činnosti.

**Ledové jehličky** – srážky, které jsou složeny z nerozvětvených krystalků. Utvářejí jakési jehličky nebo destičky. Mohou vypadávat buď z oblačnosti, nebo se mohou vznášet ve vzduchu i za jasného počasí.

**Zmrzlý déšť** – průhledná ledová zrna, vzniklá z přemrzlých dešťových kapek. Jejich velikost je zpravidla menší než 5 mm.

### 3.5 Vítr

Pro úplnost je zde uveden vliv větru, jako nebezpečný meteorologický jev, ale podrobnosti viz výše v kapitole 3.1.2 Projevy bouřkové činnosti.

### 3.6 Teplota

Samotná teplota má na rizika vzniků dopravních nehod opět spíše nepřímý vliv. Nicméně extrémní teploty (ať kladné či záporné) by měli řidiči brát v úvahu a v takovýchto extrémních podmínkách případně upravit režim jízdy (přestávky, dostatečný odpočinek před jízdou, zkrácení trasy apod.).

**Extrémně vysoké teploty** – v meteorologii jsou zpravidla za extrémní kladné teploty, které mohou způsobovat případné zdravotní komplikace, považovány teploty přesahující 30 °C. Právě zdravotní komplikace jsou za těchto extrémních teplot častým viníkem dopravních nehod. Zvýšenému riziku těchto zdravotních komplikací jsou vystaveny především starší osoby a osoby trpící srdečními onemocněními – kardiaci a

astmatici. Tyto osoby by se při takových teplotních podmínkách měli vyhýbat řízení motorových vozidel, protože v kabině vozidla zpravidla bývá teplota i o více než 30 °C vyšší, což nejen u těchto osob může způsobit kolaps organismu a ztrátu kontroly nad vozidlem, čímž mohou být samozřejmě ohroženi i další účastníci silničního provozu. I relativně zdraví jedinci by za těchto situací měli adekvátně reagovat vzhledem k posouzení svých schopností a také předpokládat zvýšené riziko např. pádu chodce či cyklisty do vozovky.

Další situací, kdy je nepřímým viníkem dopravní nehody vysoká teplota, je například častější výskyt odstavených vozidel z důvodu přehřátí motoru. Tato vozidla mohou být odstavena v nepřehledných úsecích a v souvislosti s únavou či nepozorností řidiče může docházet k častějším kolizím se stojícími vozidly. Stejně tak zejména na rychlostních komunikacích či dálnicích se v průběhu letních měsíců častěji vyskytují dopravní nehody způsobené defektem pneumatik. V horkém počasí se vzduch nahuštěný v pneumatikách více rozpíná, což v kombinaci s technickým stavem pneumatik, původním nahuštěním pneumatik, dlouhotrvající rychlou jízdou a rozpáleným povrchem vozovky může vést ke zvýšenému předpokladu výbuchu pneumatiky a tedy ke vzniku dopravní nehody.

**Extrémně nízké teploty** – za tyto teploty můžeme považovat teploty pohybující se okolo -20 °C, ale už při mnohem vyšších teplotách, ale blízko bodu mrazu, se na našich silnicích často objevují praskliny, výmoly či díry. Ty jsou způsobeny rozpínáním mrznoucí vody zateklé do pórů horní vrstvy povrchu komunikace. Ten se poté „vydrolí“ a na vozovce vznikají četné výmoly, které mohou být i několik cm hluboké a jejich plošný rozsah může být i v řádech desítek cm<sup>2</sup>. Projetí těchto výmolů může způsobit dočasnou ztrátu kontroly nad vozidlem a tím může vést i k dopravní nehodě, v lepším případě pouze k poškození vozidla. Rovněž snaha o vyhnutí se těmto výmolům může často paradoxně vést ke vzniku dopravní nehody. Většina řidičů se těmto výmolům vyhýbá na poslední chvíli a při prudkém trhnutí volantem se v případě výskytu námrazkových jevů může vozidlo dostat do smyku a následně havarovat.

## 4 DOPRAVNÍ NEHODY

Dopravní nehoda je nepředvídaná, ale zpravidla předvídatelná událost, která vznikla během provozu na dopravní cestě a měla za následek škodu na životě, zdraví nebo majetku či jiný, zvláště závažný důsledek [6].

Z předchozího je zřejmé, že dopravní nehody tvoří velkou skupinu jevů, kterou je třeba k jejímu hodnocení, zkoumání a odhalování vzájemných souvislostí, nějak třídit. K třídění obecně používáme metodu klasifikace, která umožňuje na základě hledání nejtypičtějších a nejpodstatnějších znaků, vytržít ze skupiny jevů jevy jednotlivé, včetně jejich znaků a vlastností. Abychom mohli hlouběji prozkoumávat dopravní nehody, nejprve je třeba klasifikovat dopravu jako takovou. Dopravu můžeme klasifikovat podle různých kritérií a pohledů. Nejčastější rozdělení je uvedeno v následující části.

1. Rozdělení dopravy, resp. dopravních nehod podle prostředí, ve kterém se nachází dopravní cesta:

- pozemní (tyto lze dále rozdělit na kolejové a bezkolejové)
- podzemní
- vzdušná
- vodní

2. Rozdělení dopravy podle prostředí jejího uskutečňování:

- silniční
- železniční
- letecká
- plavební
- podvodní
- ostatní (pěší (chodník), cyklistická (silnice i mimo silnici), multimodální)

3. Rozdělení dopravy podle vzdálenosti nebo místa provádění:

- městská
- dálková
- místní
- ostatní (např. školní, závodní, účelovou apod.)

4. Rozdělení podle druhu přepravy:

- osobní
- nákladní

## 4.1 Základní pojmy v oblasti silničních dopravních nehod

**Bezpečnost dopravy** - stav bezkonfliktních situací, při kterých nedojde k narušení plynulosti a organizaci dopravního provozu.

**Dálnice** - komunikace, která je určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly.

**Dopravní nehoda (Z 361/2000 Sb.)** - událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.

**Dopravní nehoda (obecně)** - mimořádná událost, při níž vznikne újma na zdraví osob nebo škoda na věcech v přímé souvislosti s provozem dopravního prostředku nebo dopravního zařízení.

**Dopravní nehodovost** - ukazatel, který vyjadřuje počet dopravních nehod připadajících na určitý počet vozidel nebo na daný dopravní výkon za přesné časové období.

**Chodec** - chodec, ale také osoba jedoucí na kolečkových bruslích či osoba, která tlačí dětský kočárek.

**Křižovatka** - místo, kde dochází k protnutí nebo spojení více pozemních komunikací.

**Místní komunikace** - pozemní komunikace sloužící k místní dopravě na území obce.

**Místo častých dopravních nehod** - místo, na kterém dochází k většímu počtu dopravních nehod, než je stanoveno ve výběrovém kritériu.

**Motorové vozidlo** - vozidlo s vlastním mechanickým pohonem používané k přepravě osob nebo zboží, kromě vozidla které trvale jezdí po kolejích.

**Nebezpečné místo** - je takové místo, jehož nehodovost sice leží pod stanovenými hraničními hodnotami výběrového kritéria, ale přesto vykazují potenciálně stejná rizika možného vzniku nehody [2].

**Nehodová událost** - projev silniční dopravní nehody (průběh a následky).

**Nehodové místo** - místo, kde dochází k dopravním nehodám.

**Nehodové jednání** (účastníka silniční dopravy) - konání nebo jednání účastníka silniční dopravy, kterým způsobil nehodovou událost.

**Nehodový úsek** - část komunikace, kde na vzdálenost větší než 250 m dochází ke kumulaci nehodových míst.

**Nemotorové vozidlo** - vozidlo, které se pohybuje pomocí lidské nebo zvířecí síly jako např. jízdní kolo, ruční vozík, koloběžka.

**Nesmět ohrozit** - chovat se tak, aby jinému účastníkovi silničního provozu nevzniklo žádné nebezpečí.

**Nesmět omezit** - řidič se má chovat tak, aby nepřekážel jinému účastníku na pozemní komunikaci.

**Pozemní komunikace** - část silniční sítě určená k užití silničními či jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.

**Přednost v jízdě** - řidič má povinnost nezahájit jízdu nebo v ní nepokračovat, pokud by řidič mající přednost v jízdě musel náhle změnit směr jízdy či rychlost.

**Řidič** - osoba, která řídí motorové nebo nemotorové vozidlo nebo i tramvaj a účastní se provozu na pozemních komunikacích.

**Silnice** - veřejně přístupná pozemní komunikace určená pro silniční či jiná vozidla a chodce.

**Silniční vozidlo** - motorové či nemotorové vozidlo určené k provozu na pozemní komunikaci sloužící za účelem přepravy osob, zvířat a jiných věcí.

**Účastník dopravní nehody** - osoba, která se přímým způsobem účastní nehody, jako např. řidič vozidla, chodec nebo cyklista.

**Účastník provozu na pozemních komunikacích** - jakákoli osoba, která se účastní přímým způsobem silničního provozu.

**Účelová komunikace** - komunikace sloužící ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby jejich vlastníků nebo ke spojení s ostatními pozemními komunikacemi.

**Úsek častých dopravních nehod** – viz nehodový úsek

**Výběrové kritérium** - souhrn limitujících ukazatelů nebo hraničních hodnot, které slouží ke stanovení místa častých dopravních nehod [3].

## 4.2 Klasifikace silničních dopravních nehod

Rozdělení dopravních nehod lze provést podle jednotlivých druhů dopravy na letecké dopravní nehody, silniční dopravní nehody, kolejové dopravní nehody, dopravní nehody na vodních cestách atd. Omezením se na silniční dopravu, kde podle toho, zda

jsou účastníci silničního provozu povinni volat policii ČR nebo ne, lze tyto nehody rozdělit na:

- dopravní nehody bez účasti policie
- dopravní nehody, kdy musí být policie přítomna

Silniční dopravní nehody lze z hlediska charakteru rozdělit na tři základní druhy:

- srážky: střet vozidla s dalším účastníkem silničního provozu
  - a) srážky s dalším vozidlem nebo vozidly
    - čelní
    - boční
    - z boku
    - zezadu
  - b) náraz dopravního prostředku na pevnou překážku
  - c) střet dopravního prostředku s chodcem nebo zvířetem
- havárie: nehoda pouze jednoho silničního vozidla
- jiné nehody: silniční dopravní nehody, které nelze zařadit ani do jednoho z předchozích druhů [6]

Silniční dopravní nehody lze také klasifikovat z hlediska následků dopravních nehod na nehody, kdy došlo k:

- usmrcení osob,
- těžkému nebo těžkým zraněním (doba pracovní neschopnosti je delší než 7 dní)
- lehkému nebo lehkým zraněním (doba pracovní neschopnosti nepřevyšuje 7 dní)
- hmotné škodě

### **4.3 Příčiny a vznik dopravních nehod**

Na příčiny vzniku dopravních nehod se můžeme dívat z mnoha různých hledisek. Pokud hovoříme o dopravní nehodě v rámci nejčastější praxe, pak se dostaneme k tzv. právnímu hledisku. Z právního hlediska lze rozdělit příčiny dopravních nehod na dopravní nehody způsobené:



- řidičem
  - motorového vozidla
  - nemotorového vozidla
- špatným technickým stavem vozidla
- špatným stavem komunikace
- dalším účastníkem silničního provozu
  - chodcem
  - lesní zvěří nebo domácím zvířetem
  - jiným účastníkem
- kombinacemi výše uvedených příčin.

Dále se v souvislosti s právním pohledem na příčiny vzniku dopravních nehod zohledňuje hledisko vlivu pozemní komunikace na vznik nehod, hledisko psychologických příčin vzniku nehod a další možná (více nespecifikovaná) hlediska. Právní systém, který se používá k hodnocení příčin dopravních nehod, hovoří pouze o určení viníka, jenž dopravní nehodu způsobil. Domnívám se, že toto však vyplývá zejména z praktické nemožnosti objektivního posouzení všech dílčích příčin, kterých bývá hned několik. Řidič je však ze zákona povinen všechny tyto potenciální příčiny dopravní nehody včas zaznamenat, vyhodnotit a přizpůsobit jim svou jízdu nebo v samotné jízdě nepokračovat. V praxi jsou některé úseky pozemních komunikací označeny jako místa častých dopravních nehod. Při řešení těchto míst, která mají vést například i ke snížení nehodovosti, je třeba zohlednit všechna hlediska a všechny dílčí příčiny ve vzájemných souvislostech.

Všechny dopravní nehody jsou charakteristické nehodovým jednáním a nehodovou událostí. Nehodovým jednáním je myšleno jednání účastníka silničního provozu, který svým chováním zapříčinil nehodovou událost. Nehodovou událostí je skutečný projev silniční dopravní nehody, jako je např. srážka nebo havárie.

Pokud se omezíme na dopravní nehody způsobené třemi základními vlivy – řidič, pozemní komunikace a technický stav vozidla, pak míru viny na vzniku dopravních nehod můžeme rozdělit na:

- vliv technického stavu vozidla
- způsobitost řidiče a technického stavu vozidla
- spolupůsobení řidiče, pozemní komunikace a technického stavu vozidla
- spolupůsobení pozemní komunikace a technického stavu vozidla
- pozemní komunikace

- spolupůsobení řidiče a pozemní komunikace
- pouze chybování řidiče [1]

V souvislosti s příčinami dopravních nehod je třeba zmínit, že také chování řidiče závisí na několika hlavních parametrech:

- výkonové schopnosti člověka (jeho dopravní způsobilost)
- temperament řidiče a zodpovědnost v dopravních situacích
- znalosti a zkušenosti řidiče
- duševní a fyzické předpoklady

### 4.3.1 Hlavní příčiny dopravní nehody

Dle dlouhodobých statistik bylo zjištěno, že z celkového počtu dopravních nehod zaviní řidič silničního motorového vozidla přes 90 % všech nehod, silniční nemotorové vozidlo se podílí na 1 % a závada pozemní komunikace je jako příčina dopravní nehody zaznamenána dokonce výrazně méně než 0,5 % [5].

Mezi nejvýznamnější příčiny dopravních nehod patří:

- nepřiměřená rychlost
  - nepřizpůsobení rychlosti vozidla stavu a povrchu vozovky (náledí, mokrý povrch) nebo řidič dopravního prostředku nepřizpůsobí rychlost technickému stavu vozovky (zatačka, křižovatka) nebo viditelnosti (mlha, déšť, sněžení)
- nesprávné předjíždění
  - nehody, které nejčastěji způsobí řidič předjíždějící zleva vozidlo, které odbočuje vlevo nebo předjíždění bez dostatečného bočního odstupu
- nedání přednosti v jízdě
  - nerespektování dopravní značky „STOP“ nebo „Dej přednost v jízdě“, nedání přednosti vozidlu jedoucímu zprava, nedání přednosti při změně jízdního pruhu
- nesprávný způsob jízdy
  - nevěnování se řízení vozidla (nepozornost)
- nedodržení bezpečné vzdálenosti
- jízda pod vlivem alkoholu nebo jiných omamných látek
- jízda na nesprávné straně vozovky
- špatný technický stav pozemní komunikace [5]

## 4.4 Meteorologické příčiny dopravních nehod

Pokud se provede rozbor hlavních příčin dopravních nehod podrobněji, zjistí se, že nehody vzniklé jako následek meteorologické situace nejsou zanedbatelné. Výslednou příčinou je sice vždy shledán řidič a to, jak již bylo řečeno, vinou nepřizpůsobení rychlosti vozidla stavu a povrchu vozovky (náledí, mokrý povrch) nebo nepřizpůsobení rychlosti technickému stavu vozovky (zatačka, křižovatka) nebo viditelnosti (mlha, déšť, sněžení). Dílčí vliv meteorologických podmínek by se mohl rozdělit následovně:

### 1. změna stavu a povahy vozovky způsobena srážkami

- mokrý povrch
- zmrzlý povrch (náledí, ledovka)
- zasněžený povrch
- kombinace mokrého a zmrzlého povrchu (rozbředlý sníh, rozbředlý led)
- kombinace výše uvedených

### 2. vlivy nesouvisející přímo s vozovkou

- zhoršení dohlednosti (mlha, kouřmo, srážky, atd.)
- bouřky
- vítr (nárazový, vysoká rychlost, nevhodný směr (př. boční))
- kombinace výše uvedených

### 3. vliv na fyziologii a psychiku člověka

- vysoká teplota vzduchu
- nízká teplota vzduchu
- projevy bouřkové činnosti
- náhlá změna atmosférického tlaku
- stres z jakéhokoliv projevu počasí
- kombinace výše uvedených

## 5 METODY STATISTICKÉ ANALÝZY

Mezi statistickými znaky existují vzájemné vztahy (souvislosti) jevů, které je možno prostřednictvím statistických metod popsat a dále analyzovat. Tato kapitola popisuje vybrané statistické metody, resp. metody statistické analýzy používané v praktické části diplomové práce. Lze říci, že tyto metody popisují závislost mezi statistickými znaky. Závislost je projev, kdy jeden jev (příčina) vyvolává existenci (vznik, změnu, zánik apod.) jevu druhého, nebo-li jeden jev (příčina) podmiňuje jev jiný, kdy jiným jevem rozumíme jakýkoliv účinek – vznik, změna, jiný následek.

Z hlediska metody zkoumání lze rozlišit závislost: - stochastickou (volná)  
- funkční (pevná)

Pevnou závislostí se označuje případ, kdy výskyt jednoho jevu jistě zapříčiní výskyt druhého jevu. Z hlediska pravděpodobnosti je tento výskyt roven jedné a průběh závislosti lze popsat matematickou funkcí. Pokud jeden jev podmiňuje jev jiný jen s určitou pravděpodobností, pak hovoříme o závislosti volné. Určitému znaku odpovídá více různých jiných znaků. Statistická závislost je závislostí volnou.

### 5.1 Regresní a korelační analýza

Základní metodou, která se zabývá zkoumáním závislostí mezi numerickými znaky, se nazývá regresní a korelační analýza [22]. Pokud se zkoumá závislost dvou znaků, hovoříme v obou případech o analýze jednoduché. Pokud se zkoumají závislosti více znaků, jedná se o vícerozměrnou analýzu. Během práce s daty (numerickými znaky) se zkoumají dva základní úkoly a to tzv. regresní úkol a korelační úkol. Regresní úkol je vystihnoutí průběhu závislosti ve smyslu zjištění toho, jak se mění jedna proměnná při změnách druhé proměnné. Cílem korelačního úkolu je charakterizovat míru této závislosti. Regresní a korelační analýza tedy slouží k vyhodnocení vztahu spojitých veličin.

#### 5.1.1 Regresní analýza

Regresi lze rozdělit na lineární a nelineární. Lineární regrese využívá pro popis závislosti veličin funkce lineární v parametrech, resp. funkce, které lze na lineární v parametrech převést pomocí vhodné transformace.

Příklady funkcí lineárních v parametrech:

$$\text{přímka} \quad Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

$$\text{parabola} \quad Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 \quad (2)$$

$$\text{polynomická funkce} \quad Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_k X^k \quad (3)$$

$$\text{hyperbola} \quad Y = \beta_0 + \beta_1 / X \quad (4)$$

$$\text{logaritmická funkce} \quad Y = \beta_0 + \beta_1 \log X \quad (5)$$

Příklad funkce nelineární v parametrech:

$$\text{exponenciální funkce} \quad Y = \beta_0 \beta_1^X \quad (6),$$

kde  $Y$  je závisle proměnná (odpověď),  $X$  je nezávisle proměnná a  $\beta_k$  je regresní koeficient.

Jak již bylo nastíněno v úvodním odstavci kapitoly, regresní analýzu lze rozdělit také na jednoduchou a vícenásobnou regresi.

Základní metodou pro odvození regresních parametrů funkcí, které jsou lineární v parametrech, je metoda nejmenších čtverců (MNČ). MNČ lze stručně vysvětlit na modelu jednoduché lineární regrese, kde funkci vyjádříme vztahem

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i \quad (7),$$

kde první dva členy jsou regresní parametry modelu a  $e_i$  je reziduum, což je odhad náhodné složky. Reziduum je rozdíl mezi empirickou hodnotou a odpovídající teoretickou hodnotou regresní funkce. U obvyklého regresního modelu se předpokládá, že náhodná složka má normální rozdělení s nulovou střední hodnotou, konstantním rozptylem a náhodné chyby jsou vzájemně nekorelované. MNČ je metoda, při které minimalizujeme součet čtverců reziduí.

Při regresní analýze se aplikuje následující třibodový postup:

1. analýza korelačního pole
2. odhad koeficientů regresní funkce
3. verifikace modelu

Analýzou korelačního pole je myšlen odhad typu regresní funkce (pokud není znám) a identifikace vlivných bodů. Odhad koeficientů regresní funkce provedeme pomocí vyrovnávacích kritérií (např. MNČ), kdy cílem je vždy minimalizace reziduí. Verifikací modelu se rozumí ověření vhodnosti zvoleného regresního modelu, zejména ověření předpokladů, které byly učiněny na klasickém jednoduchém lineárním modelu. Většinou se vlastní ověřování provádí tím, že se zjišťuje chování reziduí. Celý

postup lze doplnit o predikci a to jak metodou interpolace (predikční prvek leží v intervalu použitých hodnot), tak za určitých podmínek (není pochybnost o platnosti modelu) extrapolace, kdy predikční prvek neleží v intervalu použitých hodnot.

### 5.1.2 Korelační analýza

Korelační analýza je metodou pro měření intenzity (síly, míry těsnosti) vzájemných závislostí numerických proměnných. Intenzitou závislosti se rozumí úroveň se kterou se závislost blíží funkční závislosti. Při zkoumání závislosti mezi dvěma statistickými znaky  $X$  a  $Y$  je možno podle zásad třídění sestavit tabulku dvourozměrného rozdělení četností, tzv. korelační tabulku (nebo také kontingenční). Pokud definujeme statistickou závislost jejímž předmětem je volná závislost, tzn. že proměnná  $Y$  je považována za statisticky závislou na proměnné  $X$  tehdy, mění-li se při změnách hodnot proměnné  $X$  podmíněná rozdělení proměnné  $Y$ , pak korelační závislost je volná závislost dvou nebo více kvantitativních znaků, při níž je zkoumán vliv změny úrovně nezávisle proměnných na změnu úrovně závisle proměnné. Proměnná  $Y$  je považována za korelačně závislou na proměnné  $X$  tehdy, mění-li se při změnách hodnot proměnné  $X$  podmíněné průměry proměnné  $Y$ . Korelační závislosti lze rozdělit dle několika pohledů na:

Rozdělení podle počtu kvantitativních znaků, jejichž závislost zkoumáme:

- jednoduchá (prostá) – závislost dvou kvantitativních znaků
- vícenásobná – závislost více než dvou kvantitativních znaků

Rozdělení podle typu regresní funkce:

- lineární – změny jednoho znaku jsou přibližně lineárně závislé na změnách druhého znaku (regresní přímka, rovina)
- nelineární – změny jednoho a druhého znaku nejsou na sobě lineárně závislé

Rozdělení podle směru změn kvantitativních znaků:

- pozitivní (kladná, přímá) – změny hodnot zkoumaných znaků se dějí v souhlasném smyslu (se zvyšováním úrovně jednoho znaku se zvyšuje úroveň druhého a naopak),

- negativní (záporná, nepřímá) – změny hodnot zkoumaných znaků probíhají v opačném směru (se zvyšováním úrovně jednoho znaku se snižuje úroveň druhé a naopak).

Základní mírou těsnosti lineární stochastické vazby (závislosti) dvou proměnných je párový korelační koeficient  $r$ , označovaný také jako Pearsonův (momentový) koeficient korelace

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad [22] \quad (8)$$

pro který platí:  $-1 \leq r \leq 1$

Pro posouzení korelace může sloužit například následující tabulka.

Tab. 1 Výklad síly korelace dle Cohena (1988)

<i>Typ korelace</i>	<i>r</i>
<i>Velmi slabá</i>	<i>0,00 – 0,09</i>
<i>Slabá</i>	<i>0,09 – 0,29</i>
<i>Střední</i>	<i>0,30 – 0,49</i>
<i>Silná</i>	<i>0,50 – 1,00</i>

Pro úplnost je nutné uvést, že vedle Pearsonova koeficientu korelace, existují ještě další druhy korelačních koeficientů, např. parciální, vícenásobný, pořadový, Cronbachův apod.

Platí, že je-li nadprůměrná hodnota první veličiny obvykle doprovázena nadprůměrnou hodnotou druhé veličiny a podprůměrná hodnota první veličiny je obvykle doprovázena podprůměrnou hodnotou druhé veličiny, pak se tyto veličiny ovlivňují v kladném smyslu a korelační koeficient je kladný. Jestliže je nadprůměrná hodnota první veličiny zpravidla doprovázena podprůměrnou hodnotou druhé veličiny a podprůměrná hodnota první veličiny je doprovázena nadprůměrnou hodnotou druhé veličiny, pak je korelační koeficient záporný. Jak již bylo popsáno výše, platí, že vzájemný vztah dvou veličin lze vyjádřit koeficientem korelace, který vždy nabývá hodnot od -1 do 1. V tomto vztahu pro extrémny platí, že pokud je korelační koeficient -1

nebo 1, veličiny jsou na sobě úplně závislé a pokud je koeficient korelace roven 0, pak jsou tyto veličiny nezávislé. O veličinách, které mají v absolutní hodnotě koeficient korelace přibližně 0,4 lze říci, že jsou jistě závislé.

## 5.2 Analýza časových řad

Časová řada je posloupnost hodnot ukazatelů, které vznikly z věcně a prostorově srovnatelných pozorování a tato pozorování jsou měřena v určitých časových intervalech. Tyto intervaly jsou jednoznačně uspořádány z hlediska času ve směru minulost – přítomnost a jejich vzdálenosti jsou zpravidla ekvidistantní, tzn. rovnoměrné.

Analýza časových řad je soubor metod, které slouží k popisu souvislostí mezi pozorováními. Cílem analýzy časových řad je porozumět mechanismu, na jehož základě vznikly dané hodnoty příslušné časové řady a pochopit vazby mezi nimi a podmínky vzniku těchto hodnot. Dalším stupněm analýzy časových řad může být predikce, resp. využití získaných poznatků pro předpověď budoucího chování.

Časovou řadu lze popsat jako  $y_t$ , kde  $t = 1, \dots, n$ . Pro zobrazení časových řad a jejich základní analýzu slouží spojnicové grafy. Na vodorovné ose (x) je pak zaznamenána časová proměnná a na svislé ose (y) jsou hodnoty ukazatele dle časové řady. Spojnicové grafy lze zobrazit v programu Excel stejně jako grafy bodové, které jsou dalším důležitým zobrazením časových řad. Bodový graf sleduje vývoj časové řady  $y_t$  na vývoji časové řady  $x_t$ , tzn. že v grafu je každý bod o souřadnicích  $[x_t; y_t]$  pro každý časový okamžik  $t$ .

Pro práci s časovými řadami je někdy vhodné i důležité zjistit různé popisné charakteristiky, jako jsou charakteristiky polohy (prostý aritmetický průměr, vážený aritmetický průměr, modus, medián apod.), charakteristiky variability (směrodatná odchylka, rozptyl) a míry dynamiky (přírůstek, koeficient růstu).

Časové řady (ČŘ) lze rozdělit podle několika hledisek:

1. členění podle charakteru ukazatele:

- okamžikové (př. počet nehod)
- intervalové (př. roční náklady)

2. členění podle druhu ukazatelé, které obsahují:

- ČŘ obsahující absolutní ukazatele (očištěné)
- ČŘ obsahující odvozené ukazatele (př. součtové)



### 3. členění podle délky času sledování

- dlouhodobé
- krátkodobé

Vhodnost metody analýzy časových řad je nutné zvážit z hlediska závislosti na řadě faktorů, jako je zejména účel analýzy, ale také typ časové řady, zkušenost statistika a softwarové vybavení. Základními metodami potom jsou dekompozice časové řady, korelace časové řady, lineární dynamické modely a spektrální analýza časových řad.

## 6 DOPRAVNÍ NEHODOVOST NA PARDUBICKU

### 6.1 Statistika nehodovosti v ČR

V následujících dvou kapitolách jsem se soustředila na vybrané statistiky nehodovosti na pozemních komunikacích v letech 2010 a 2011 v celé ČR a to z důvodu nutnosti uceleného přehledu a komplexního pohledu na nehodovost ve vybrané části republiky a na vybraných úsecích komunikací.

#### 6.1.1 Statistika nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR 2010

Policie ČR v roce 2010 šetřila 75 522 dopravních nehod. Při těchto nehodách bylo usmrceno 753 osob, 2 823 osob bylo těžce zraněno a lehce zraněno bylo 21 610 osob. Lze říci, že vývoj následků nehod byl v roce 2010 příznivý, protože byl zaznamenán další pokles počtu usmrcených a zraněných osob oproti roku 2009 [19].

V následující tabulce je porovnání jednotlivých období roku 2010 s jednotlivými obdobími roku 2009. Z porovnání vyplývá, že počet usmrcených osob byl v roce 2010 nižší ve třech čtvrtletích a vyšší pouze ve čtvrtletí třetím.

Tab. 2 Statistika nehod roku 2010 s rokem 2009 [19]

	rok 2010	rok 2009	rozdíl	rozdíl v %
I. čtvrtletí	117	176	-59	-33,5%
II. čtvrtletí	180	204	-24	-11,8%
III. čtvrtletí	245	222	23	10,4%
IV. čtvrtletí	211	230	-19	-8,3%
<b>celkem</b>	<b>753</b>	<b>832</b>	<b>-79</b>	<b>-9,5%</b>

V tabulce 2 je přehled o počtech nehod a počtech usmrcených osob podle sledovaných viníků v roce 2010 a zároveň je zde uveden počet (pokles) usmrcených osob ve srovnání s rokem 2009. Ze 75 522 nehod bylo zaviněno více než 89,3 % řidiči motorových vozidel a při těchto nehodách zemřelo 675 osob, což je 89,6 % z celkového počtu usmrcených. V porovnání s rokem 2009 je sice počet nehod vyšší o 0,3 %, ale počet usmrcených je o 80 osob nižší.

Tab. 3 Přehled viníků a zavinění nehod [19]

Viník, zavinění nehody období rok 2010	Počet nehod	Rozdíl nehod	Rozdíl v %	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených	Rozdíl v %
Řidičem motorového vozidla	67 455	233	0,3%	675	-80	-10,6%
Řidičem nemotorového vozidla	1 851	-137	-6,9%	40	1	2,6%
z toho dětmi	201	-40	-16,6%	0	0	
Chodcem	1 243	-61	-4,7%	27	-5	-15,6%
z toho dětmi	486	32	7,0%	3	3	
Jiným účastníkem	110	-6	-5,2%	0	0	
Závadou komunikace	448	141	45,9%	0	0	
Technickou závadou vozidla	480	26	5,7%	4	-1	-20,0%
Lesní, domácí zvíři	3 523	447	14,5%	1	1	
Jiné zavinění	412	64	18,4%	6	5	500,0%

Při vyhodnocování dopravních nehod se sledují nehody také z pohledu hlavních příčin vzniku. Počty nehod a počty usmrcených osob podle sledovaných hlavních příčin nehod řidičů motorových vozidel jsou uvedeny v tabulce následující.

Tab. 4 Hlavní příčiny nehod řidičů motorových vozidel [19]

Hlavní příčina nehody období rok 2010	Počet nehod	tj. %	Počet usmrcených	tj. %	Rozdíl usmrcených
NEPŘÍMĚŘENÁ RYCHLOST	14 633	21,7	279	41,3	-89
NESPRÁVNÉ PŘEDJÍŽDĚNÍ	1 543	2,3	37	5,5	6
NEDÁNÍ PŘEDNOSTI	12 060	17,9	114	16,9	10
NESPRÁVNÝ ZPŮSOB JÍZDY	39 219	58,1	245	36,3	-7

V další tabulce (tab. 5) jsou uvedeny nejčtenější dílčí příčiny nehod řidičů motorových vozidel.

Tab. 5 Deset nejčtenějších příčin nehod řidičů [19]

Pořadí	DESET nejčtenějších příčin nehod řidičů motorových vozidel; období leden až prosinec 2010	počet nehod
1.	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	12 332
2.	nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	8 430
3.	nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	6 078
4.	nesprávné otáčení nebo couvání	5 554
5.	jiný druh nesprávné jízdy	4 775
6.	nedání přednosti proti příkazu dopravní značky „DEJ PŘEDNOST“	3 576
7.	nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	3 557
8.	nezvládnutí řízení vozidla	3 470
9.	jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru	2 458
10.	vyhýbání bez dostatečné boční vůle	2 443

## 6.1.2 Statistika nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR 2011

Policie ČR v roce 2011 šetřila celkem 75 137 dopravních nehod, což je o 385 nehod méně než v roce předchozím. Rozložení počtu nehod v průběhu roku podle jednotlivých měsíců lze vyčíst z následující tabulky (tab. 6).

Tab. 6 Počet nehod v jednotlivých měsících roku 2011 [19]

	2011	2010	rozdíl
<b>LEDEN</b>	<b>5.892</b>	6.039	méně o 147
<b>ÚNOR</b>	<b>4.800</b>	5.073	méně o 273
<b>BŘEZEN</b>	<b>5.222</b>	5.983	méně o 761
<b>DUBEN</b>	<b>5.812</b>	5.630	<b>více o 182</b>
<b>KVĚTEN</b>	<b>6.516</b>	6.512	<b>více o 4</b>
<b>ČERVEN</b>	<b>6.626</b>	6.788	méně o 162
<b>ČERVENEC</b>	<b>6.233</b>	6.388	méně o 155
<b>SRPEN</b>	<b>6.582</b>	6.711	méně o 129
<b>ZÁŘÍ</b>	<b>6.757</b>	6.586	<b>více o 171</b>
<b>ŘÍJEN</b>	<b>7.117</b>	6.379	<b>více o 738</b>
<b>LISTOPAD</b>	<b>6.511</b>	6.779	méně o 268
<b>PROSINEC</b>	<b>7.069</b>	6.654	<b>více o 415</b>
<b>Celkem</b>	<b>75.137</b>	75.522	méně o 385

Jak již bylo řečeno výše, při vyhodnocování dopravních nehod se sledují nehody také z pohledu hlavních příčin vzniku. Počty nehod a počty usmrcených osob podle sledovaných hlavních příčin nehod řidičů motorových vozidel v roce 2011 jsou uvedeny v tabulce následující.

Tab. 7 Hlavní příčiny nehod řidičů motorových vozidel [19]

Hlavní příčina nehody: rok 2011	Počet nehod	tj. %	Počet usmrcených	tj. %	Rozdíl usmrcených
<b>Nepřiměřená rychlost</b>	<b>13.426</b>	20,3	<b>284</b>	43,6	<b>zvýšení o 5</b>
<b>Nesprávné předjíždění</b>	<b>1.458</b>	2,2	<b>29</b>	4,4	snížení o 8
<b>Nedání přednosti</b>	<b>11.539</b>	17,5	<b>107</b>	16,4	snížení o 7
<b>Nesprávný způsob jízdy</b>	<b>39.666</b>	60,0	<b>232</b>	35,6	snížení o 13

V další tabulce je uveden přehled nejčtenějších nehod řidičů motorových vozidel dle dílčí příčiny.

Tab. 8 Nejčtenější příčiny nehod řidičů [19]

Řidiči motorových vozidel zavinili **nejvíce nehod** z důvodu:

➤ nevěnování se plně řízení vozidla	13.084 nehod
➤ nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky	6.211 nehod
➤ nesprávné otáčení a couvání	5.744 nehod
➤ nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	5.719 nehod
➤ jiný druh nesprávné jízdy	5.019 nehod
➤ nepřizpůsobení rychlosti dopr.techn. stavu vozovky	4.205 nehod
➤ nezvládnutí řízení vozidla	3.703 nehod
➤ nedání přednosti v jízdě upravené dopravní značkou	3.508 nehod
➤ vjetí do protisměru	2.317 nehod
➤ vyhýbání se bez dostatečného bočního odstupu	2.045 nehod atd.

Pro doplnění je zde uvedena také tabulka nehodovosti v jednotlivých krajích.

Tab. 9 Nehodovost v jednotlivých krajích [19]

Kraj – rok 2011	Počet nehod	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených
Hl. město Praha	<b>16.572</b>	<b>39</b>	<b>více o 10</b>
Středočeský	<b>9.889</b>	<b>97</b>	méně o 9
Jihočeský	<b>3.015</b>	<b>67</b>	méně o 5
Plzeňský	<b>3.107</b>	<b>45</b>	méně o 4
Ústecký	<b>7.126</b>	<b>54</b>	méně o 6
Královéhradecký	<b>3.843</b>	<b>57</b>	0
Jihomoravský	<b>5.941</b>	<b>67</b>	méně o 3
Moravskoslezský	<b>8.071</b>	<b>70</b>	méně o 1
Olomoucký	<b>4.274</b>	<b>45</b>	0
Zlínský	<b>2.014</b>	<b>38</b>	méně o 2
Vysočina	<b>2.594</b>	<b>33</b>	méně o 19
Pardubický	<b>3.582</b>	<b>48</b>	méně o 12
Liberecký	<b>3.620</b>	<b>26</b>	<b>více o 8</b>
Karlovarský	<b>1.489</b>	<b>21</b>	méně o 3

## 6.2 Statistika nehodovosti v Pardubickém kraji

V roce 2010 šetřila Policie ČR na území Pardubického kraje 3 357 nehod na pozemních komunikacích, při kterých bylo 60 osob usmrceno, 141 osob těžce zraněno a 1 141 osob lehce zraněno.

Tab. 10 Počet nehod a následků – Pardubický kraj [19]

Druh nehody, následky rok 2010	Počet	Rozdíl oproti roku 2009	Rozdíl v %
Počet šetřených nehod	3 357	-144	-4,1%
Počet usmrcených osob	60	13	27,7%
Počet těžce zraněných osob	141	-52	-26,9%
Počet lehce zraněných osob	1 141	-197	-14,7%
Hmotná škoda v mil. Kč	206,99	-26,38	-11,3%

Při srovnání počtu nehod všech krajů, je absolutní počet nehod v Pardubickém kraji 6. nejnižší, ale počet usmrcených osob je 5. až 6. nejvyšší. Pokles počtu nehod byl v roce 2010 3. nejmenší.

Následující dvě tabulky poskytují přehled sledovaných ukazatelů v roce 2010 a k nim připadající počet nehod, přičemž tabulka 11 ukazuje sledované ukazatele, u kterých došlo k nárůstu počtu nehod oproti předcházejícímu roku. Počet těchto ukazatelů je 36 % ze všech sledovaných ukazatelů. Tabulka 12 je přehledem sledovaných ukazatelů, u kterých došlo k poklesu počtu nehod oproti roku 2009 a tyto ukazatele tvoří 55 % ze všech sledovaných ukazatelů.

Tab. 11 Počet nehod u ukazatelů, který byl vyšší než v předcházejícím roce [19]

• souvislé sněhové vrstvě, rozbředlý sníh, náledí	o 174 nehod
• na místních komunikacích	o 84 nehod
• srážka se zaparkovaným vozidlem	o 32 nehod
• úterní nehody	o 29 nehod
• sobotní nehody	o 29 nehod
• nehody zaviněné z důvodu nesprávného způsobu jízdy	o 19 nehod
• nehody zaviněné řidiči vozidel registrovaných mimo území ČR	o 13 nehod
• nehody zaviněné řidiči nákladních automobilů s návěsem	o 11 nehod
• nehod na dálnicích	o 10 nehod
• nehody zaviněné řidiči osobních automobilů s přívěsem	o 8 nehod
• nehody zaviněné řidiči malých motocyklů	o 7 nehod

Tab. 12 Počet nehod u ukazatelů, který byl nižší než v předcházejícím roce [19]

• na mokřem povrchu vozovky	o 178 nehod
• na suchém povrchu vozovky	o 138 nehod
• nehody zaviněné mimo obec	o 112 nehod
• na silnicích II. třídy	o 102 nehod
• nehody zaviněné z důvodu nepřiměřené rychlosti jízdy	o 101 nehod
• řidiči osobních automobilů, sólo	o 98 nehod
• srážka s pevnou překážkou	o 93 nehod
• na silnicích I. třídy	o 92 nehod
• nehody v denní době	o 80 nehod
• nedělní nehody	o 75 nehod
• středěční nehody	o 69 nehod
• nehody v noční době	o 64 nehod
• čtvrtěční nehody	o 51 nehod
• nehody zaviněné pod vlivem alkoholu	o 47 nehod
• nehody končící havárií	o 36 nehod
• nehody zaviněné v obci	o 32 nehod
• na silnicích III. třídy	o 30 nehod

Podíl usmrcených osob mimo obec je při nehodách na území Pardubického kraje 7. nejvyšší. Nehody mimo obec představují 36,7 % z celkového počtu a tento podíl je v rámci celé ČR 7. nejnižší.

### Nehody podle zavinění

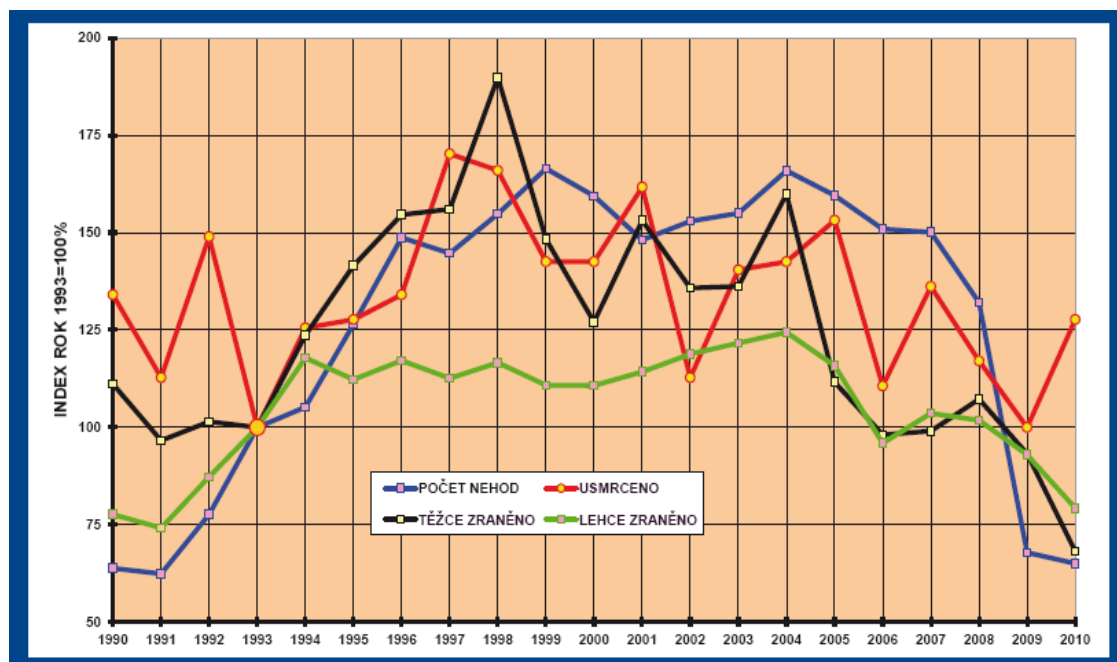
Podíl jednotlivých účastníků silničního provozu nebo příčin na zavinění nehod v Pardubickém kraji je uveden v následujícím přehledu.

Tab. 13 Viníci nehod [19]

Viník, zavinění nehody rok 2010	Počet nehod	tj. %	Počet usmrcených	tj. %	Rozdíl nehod	Rozdíl usmrcených
Řidičem motorového vozidla	2 902	86,4	55	91,7	-96	13
Řidičem nemotorového vozidla	148	4,4	4	6,7	-30	-1
z toho dětmi	10	0,3			-7	
Chodcem	34	1,0			-6	
z toho dětmi	23	0,7			6	
Jiným účastníkem	3	0,1				
Závadou komunikace	18	0,5			6	
Technickou závadou vozidla	10	0,3			-7	
Lesní, domácí zvířata	222	6,6			-18	
Jiné zavinění	20	0,6	1	1,7	7	1

Smrtelně skončily jen nehody zaviněné řidiči vozidel a tzv. jiným zaviněním. Podíl nehod zaviněných cyklisty je v rámci ČR 3. nejvyšší (způsobeno pravděpodobně obecně také větší oblíbeností cyklistiky než v jiných krajích) a podíl chodců na zavinění nehod je nejnižší, přičemž nedošlo při nehodách zaviněných chodcem k žádnému usmrcení. Podíl usmrcených osob u nehod zaviněných cyklisty je 4. nejvyšší a podíl u řidičů motorových vozidel 5. nejvyšší.

V grafu 1 lze porovnat počet nehod a jejich následků jak se vyvíjel za posledních 21 let. Obecně lze z grafu vyčíst, že trendem je snižující se počet nehod i jejich následků, tedy osob lehce i těžce zraněných a osob usmrcených.



Graf 1 Vývoj počtu nehod a jejich následků 1990-2010 [19]

V roce 2010 bylo v Pardubickém kraji nejvíce nehod zaznamenáno na místních komunikacích a na silnicích I. třídy. Nejvíce usmrcených bylo při nehodách na silnicích I. třídy a počet byl 31 osob. Nejvíce nehod skončilo srážkou jedoucích vozidel a srážkou s pevnou překážkou. Méně nehod bylo prakticky u všech sledovaných kategorií, což potvrzuje trend vykreslený v předcházejícím grafu. Nejvíce usmrcených si vyžádaly nehody končící srážkou jedoucích vozidel. K usmrcení došlo ještě vedle srážky s pevnou překážkou a srážky s chodcem také při haváriích a při srážce s vlakem.



Z celkového počtu 60 usmrcených zahynulo 42 osob při nehodách v denní době a 18 osob při nehodách v nočních hodinách.

### Hlavní příčiny nehod

Hlavní příčiny nehod zaviněných řidiči motorových vozidel jsou uvedeny v následujícím přehledu.

Tab. 14 Hlavní příčiny nehod [19]

Hlavní příčina nehody rok 2010	Počet nehod	tj. %	Počet usmrcených	tj. %	Rozdíl usmrcených
Nepřiměřená rychlost	661	22,8	21	38,2	6
Nesprávné předjíždění	111	3,8	5	9,1	3
Nedání přednosti	422	14,5	17	30,9	6
Nesprávný způsob jízdy	1 708	58,9	12	21,8	-2

Na území Pardubického kraje je v rámci ČR stále 2. nejvyšší podíl nehod zaviněných řidiči motorových vozidel z důvodu nesprávného předjíždění a také podíl usmrcených připadajících na tyto nehody je 2. nejvyšší. Podíly usmrcených při nehodách zaviněných nedáním přednosti v jízdě je v rámci ČR nejvyšší. Naproti tomu je, v rámci České republiky, 2. nejnižší podíl usmrcených připadajících na nesprávný způsob jízdy. Počet usmrcených osob byl nižší jen u nehod zaviněných z důvodu nesprávného způsobu jízdy.

### Nehody zaviněné chodci

V roce 2010 zavinili chodci 34 nehod, při kterých nedošlo k usmrcení, 5 osob bylo těžce zraněno a 34 osob bylo zraněno lehce. Podíl jednotlivých kategorií chodců na nehodách je uveden v tabulce 15.

Tab. 15 Nehody chodců podle jejich kategorie [19]

Kategorie chodce, rok 2010	Počet nehod	tj. %
Muž	5	14,7
Žena	8	23,5
Dítě (do 15 let)	19	55,9
Skupina dětí	2	5,9
Jiná skupina	0	0,0
<b>Celkem</b>	<b>34</b>	<b>100,0</b>

Nejvíce nehod zavinily děti a jejich podíl je v rámci České republiky nejvyšší. Podíl mužů na zavinění nehod je v rámci ČR nejnižší a podíl žen je 5. nejvyšší. Policie eviduje na území Pardubického kraje za rok 2010 272 nehod, které účastníci silničního provozu zavinili pod vlivem alkoholu. Na celkovém počtu se tyto nehody podílejí 8,7 %, tzn. 6. nejvyšší podíl v ČR. Při těchto nehodách policie eviduje 12 usmrcených osob. Počet usmrcených osob připadajících na tyto nehody představuje 20 % z celkového počtu usmrcených.

## 7 SBĚR, PRŮBĚH A METODIKA ZPRACOVÁNÍ DAT

Hlavním cílem práce bylo porovnat dopravní nehodovost na silničních komunikacích v okrese Pardubice s naměřenými meteorologickými daty z meteorologické stanice Pardubice, ve smyslu nalezení vztahu mezi množstvím nehodových událostí a takovými meteorologickými podmínkami, které lze svým vlivem na silniční dopravu považovat za ztížené. Pro práci bylo nutné získat dostatečně reprezentativní data, proto bylo třeba získané databáze následně filtrovat a zpracovat.

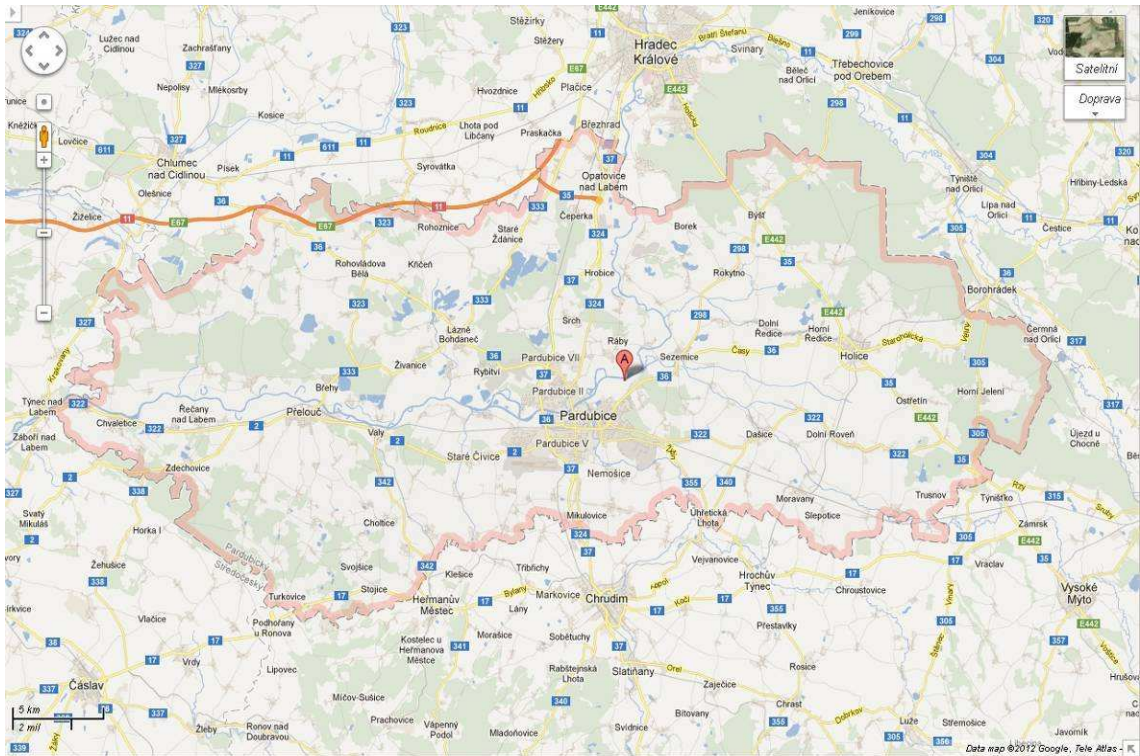
### 7.1 Sběr dat – lokality měření

Data o nehodovosti byla získána jako počty nehod v okrese Pardubice. Okres Pardubice je svou rozlohou nejmenším okresem v Pardubickém kraji. Geografické rozložení je vidět na obrázku 12. Mezi ostatními okresy patří Pardubice k okresům spíše s nižší nadmořskou výškou, zejména díky situování do Polabské nížiny a jen malá část okresu leží v oblasti Železných hor.

Dopravní síť v okrese Pardubice je výborná z pohledu železniční sítě, ale z pohledu silniční sítě není situace příliš dobrá. Okresem prochází z hlediska celkového počtu kilometrů silnic pouze zanedbatelné procento kilometrů dálnic a dokonce ani jeden kilometr rychlostních silnic – nejen v okrese Pardubice, ale v celém Pardubickém kraji [31] [37]. Toto tvrzení potvrzuje i obrázek 13. Pardubickým okresem naproti tomu prochází hned několik silnic I. třídy (I/2, I/35, I/36, I/37), které jsou, nejen z výše uvedených důvodů, velmi dopravně zatíženy.

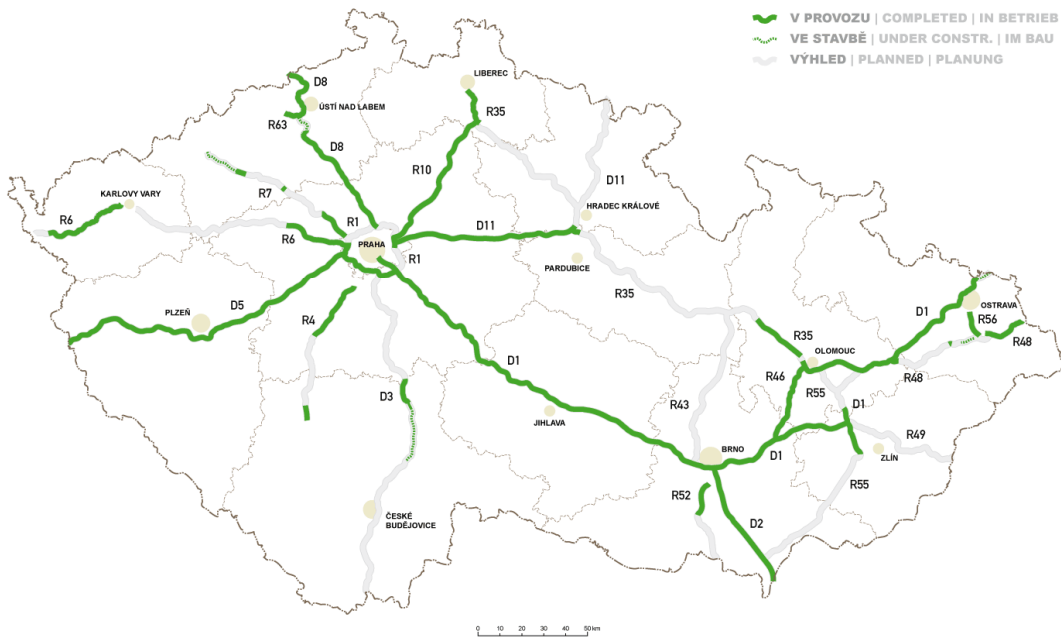


Obr. 11 Administrativní rozdělení okresu Pardubice k 1.1.2008 [29]



Obr. 12 Mapa okresu Pardubice [38]

**Dálnice a rychlostní silnice**  
Stav: 1. 1. 2012



Obr. 13 Síť dálnic a rychlostních silnic v České republice k 1.1.2012 [37]

Meteorologická data byla naměřena na Letišti Pardubice. Letiště Pardubice je regionální letiště se statutem veřejného mezinárodního letiště, se smíšeným civilním a vojenským provozem. Správu civilní části letiště vykonává na základě oprávnění k provozování letiště uděleného Úřadem pro civilní letectví společnost East Bohemian Airport (EBA) a.s., která civilním letům zajišťuje a poskytuje také handlingové služby a letecké provozní hmoty (LPH). Služby řízení letového provozu na letišti a v MCTR, záchranná a požární služba a v neposlední řadě meteorologická služba jsou civilním i vojenským letadlům poskytovány vojenskými stanovišti [34].



Obr. 14 Mapa umístění letiště v Pardubicích vzhledem k městu Pardubice [38]



Obr. 15 Umístění místa meteorologických měření na Letišti Pardubice (červená tečka)  
[38]

## 7.2 Databáze dopravních nehod

Policie České republiky eviduje dopravní nehody, přičemž evidence musí obsahovat údaje o účastnících dopravní nehody, údaje o vozidlech, která měla účast na dopravní nehodě, údaje o místě a době dopravní nehody, a údaje o příčinách dopravní nehody.

Pro získání databáze byl osloven pan Ing. Václav Bašta – vedoucí odboru služby dopravní policie Krajského ředitelství policie Pardubického kraje. V té době byl pan Ing. Václav Bašta zastupován panem Ing. Miroslavem Pochobradským, který po podání žádosti o relevantní data o silničních dopravních nehodách následně získal a poskytl, přes nadřízené pracoviště v Praze, požadovaná data pro účely této práce.

Poskytnutá data o nehodovosti byla ve formátu xls, kde každá nehoda měla svůj řádek a ke každé nehodě byla k dispozici následující data (všechna v číselných kódech s legendou): zeměpisné souřadnice místa nehody, číselný kód (tento číselný kód obsahuje: číselné označení kraje, okresu, útvaru, a rok a pořadové číslo), druh pozemní komunikace, číslo komunikace, staničení komunikace v kilometrech, datum a čas

nehody, příčinu nehody, druh povrchu vozovky, stav povrchu vozovky, stav komunikace, povětrnostní podmínky, viditelnost, smyk (ano/ne) a název místa nehody.

Databáze dopravních nehod, vzhledem k záměru pracovat s programem Microsoft Excel, byla tedy připravena k dalšímu zpracovávání a v počátcích práce bylo pouze nutné provést dva kroky. Prvním krokem bylo se zorientovat v kódovém značení všech parametrů udávaných u nehod. V druhé části práce s touto databází se postupně sečetly nehody pro každý den tak, aby v databázi jeden řádek neznamenal jednu nehodu, ale jeden řádek s příslušným datem udával počet nehod za den. Toto ruční přepočítání bylo časově náročné, ale nutné z hlediska plánovaného použití analýzy časových řad a vzhledem k tomu, že meteorologická data byla vždy uvedena k danému dni.

### **7.3 Databáze meteorologických jevů**

V dnešní době je samozřejmé, že většina dat už se neshromažďuje v papírové podobě, ale využívá se elektronických databází, v čemž není výjimkou ani meteorologie. Meteorologické prvky a jevy, resp. jejich hodnoty, průběh, intenzita, trvání atd. se zaznamenává elektronickými systémy a přenáší se rovnou do počítače. Na první pohled by se tedy mohlo zdát, že získání dat o počasí není problém, ale bylo nutné získat takovou databázi, aby se dala přiměřeně zpracovávat. V úvahu připadalo získání dat z ČHMÚ v Praze, nebo z Hradce Králové, kde v obou případech by zřejmě byla tato služba za úplatu. Od začátku však bylo žádané, že bude využit přístup k datům ze stanice Pardubice. Počasí, které se zaznamená a naměří na jakékoliv meteorologické stanici, se dále posílá do celonárodní a celosvětové výměny, ale jde samozřejmě pro danou stanici stále o stejné počasí, takže z hlediska zvolení zdroje se jedná stále o tutéž databázi. Zvolení si stanice Pardubice bylo také z důvodu, že autorka má částečný podíl na naměřených datech, jako meteorolog-synoptik (prognostik) a také meteorolog-pozorovatel. Tento přístup ale zapříčinil, že databáze, která se obvykle takto nevyužívá, byla v neobvyklém formátu a jediný možný použitelný formát byl formát pdf. Databáze v tomto formátu měla 6-7 souborů pro každý měsíc, dle množství napozorovaných jevů, které se v daném měsíci vyskytly. Bylo zvoleno použití 12 měsíců z důvodu uceleného přehledu počasí během jednoho roku (přístup byl takový, že vytvořením větší databáze, která se případně může zmenšit, se nabízí širší prostor pro experimentování s daty), takže celá databáze byla složena z více než 70 souborů, které bylo potřeba přepracovat.

Ruční přepis by byl velmi zdlouhavý, proto bylo nutné v první fázi převést tato data do formátu xls, což se ukázalo také za ne úplně snadné. Po několika neúspěšných pokusech byl využit „sharewarový“ software Cogniview s nástrojem PDF2XL. Nakonec vznikla databáze deseti měsíců za období říjen 2010 až červenec 2011, kdy pro každý měsíc byla k dispozici data: úhrn srážek, nový sníh, celková výška sněhu, déšť, dešťová přeháňka, bouřka, sníh, sněhová přeháňka, mrznoucí srážky, smíšené srážky, krupky nebo zrna, blyskavice, vzdálená bouřka, kroupy, mlha, rosa, jiní nebo jinovatka, námraza, ledovka, náledí, zmrázky, zvěřený sníh, silný vítr, bouřlivý vítr, nárazový vítr, minimální a maximální teploty, minimální přízemní teplota, relativní vlhkost, tlak vodní páry, průměrná denní teploty vzduchu, směr a rychlost větru, množství oblačnosti, stav počasí, délka slunečního svitu, stav půdy a hodnoty tlaku vzduchu – vše ve formátu xls a data o trvání a intenzitě jevů (padající srážky a ostatní jevy) zůstala ve formátu pdf přičemž v dalším zpracování se vybraná část vždy přepisovala ručně.

## 7.4 Úprava a zpracování databázi

Nejprve bylo nutné databázi nehod i databázi meteorologických prvků a jevů znovu vizuálně projít pro vytvoření si představy o datech, resp. zjištění jakých nabývají hodnot, případně extrémních hodnot a přibližných průměrných hodnot. Následovalo rozhodování o vhodnosti třídění dat, což se postupně v průběhu práce nadále měnilo. Co se týká meteorologických dat, bylo nutné zvážit, s jakými veličinami se bude pracovat. Jevy jako déšť, sníh, mrznoucí déšť a smíšené srážky byly použity jako úhrny celkového množství srážek (v milimetrech vodního sloupce) a jako výška nového sněhu (v centimetrech). Pokud jde o další jevy, například jevy zhoršující dohlednost, ledovka apod., tak tyto jevy byly popsány v databázi nejdříve jako soubor nastal/nenastal a později k těmto jevům byla přiřazena intenzita jevu. Intenzita jevů se udává ve většině případů jako jakési bodové ohodnocení (pro každý jev přesně specifikované) na čtyřbodové stupnici od -1 do 2, kdy hodnota -1 udává nejslabší intenzitu jevu a jev s intenzitou 2 je nejintenzivnější. Byl předpoklad, že reprezentativnější a lépe zpracovatelné jevy budou jevy udávané formou jejich intenzity. Dále bylo nutné zvážit, zda celou databázi nerozdělit na dílčí části (k čemuž také došlo) opět z pohledu meteorologického. Předpokladem totiž je, že s velkou pravděpodobností během letních měsíců nenastanou srážky ve formě sněžení, že naopak v zimním období je velmi malá



pravděpodobnost vzniku bouřek a že například mlhy a kouřma se častěji na delší období dne tvoří v chladných měsících roku.

Společná databáze dopravních nehod i meteorologických jevů byla tedy z hlediska počasí rozdělena na dvě části. První část zahrnovala měsíce říjen 2010 až únor 2011 včetně, a tyto měsíce byly dále označovány jako chladné (z meteorologického hlediska je nelze označit společně za zimní). Druhá část souhrnné databáze obsahovala měsíce březen 2011 až červenec 2011 včetně, a tyto měsíce byly dále označovány jako teplé (z meteorologického hlediska tyto měsíce nelze označit ani jako jarní, ani jako letní).

Dalším krokem bylo rozhodnutí o tom, jaké jevy se budou porovnávat vzhledem k dopravním nehodám. Na základě obecných předpokladů bylo rozhodnuto, že v chladných měsících se budou nehody porovnávat se srážkami, dále s množstvím nového sněhu samostatně a s mlhami, případně s jevy jako jsou smíšené srážky, mrznoucí srážky, ledovka a minimální přízemní teplota vzduchu. Teplé měsíce se zdálo jako vhodné porovnávat také s úhrnem srážek, s bouřkami a průměrnými denními teplotami vzduchu.

Databáze nehod se na první pohled zdála dále netříditelná, ale byl učiněn pokus (a z hlediska následného zpracování to byl pravděpodobně přístup správný) profiltrovat tuto databázi podle tří parametrů (charakteristik), které byly u nehod k dispozici a které se daly považovat za související s počasím v době nehody. V úvahu je nutné vzít fakt, že hodnotitelé meteorologické situace u dopravních nehod nejsou profesionálními meteorology a i přes jejich jisté zkušenosti je otázkou do jaké míry jsou tyto údaje relevantní. U dopravních nehod byly vybrány následující tři charakteristiky:

- a) stav povrchu vozovky v době nehody
- b) povětrnostní podmínky v době nehody
- c) viditelnost

U každé z těchto charakteristik se číselným kódem zaznamená skutečnost v době nehody. V tabulce 16 je uveden souhrn těchto charakteristik i s číselnými kódy, přičemž tučně a kurzívou jsou označeny události, které byly obecně z hlediska prvotních nebo následných projevů počasí označeny jako ztížené podmínky a takto označované byly i v dalším zpracování. Z databáze tedy byly „vytaženy“ dny s příslušným celkovým počtem dopravních nehod, kdy alespoň o jedné z těchto nehod bylo možné říci (dle databáze), že nastaly ztížené podmínky.

Tab. 16 Vybrané parametry popisující nehodovou událost [databáze nehod]

<b>STAV POVRCHU VOZOVKY V DOBĚ NEHODY</b>	
1	povrch suchý, neznečištěný
2	povrch suchý, znečištěný (písek, prach, listí, štěrky)
3	<b><i>povrch mokrý</i></b>
4	na vozovce je bláto
5	<b><i>na vozovce je náledí, ujetý sníh - posypané</i></b>
6	<b><i>na vozovce je náledí, ujetý sníh - neposypané</i></b>
7	na vozovce je rozlitý olej, nafta apod.
8	<b><i>souvislá sněhová vrstva, rozbředlý sníh</i></b>
9	náhlá změna stavu vozovky (námraza na mostu aj.)
0	jiný stav povrchu vozovky v době nehody
<b>POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY V DOBĚ NEHODY</b>	
1	neztížené
2	<b><i>mlha</i></b>
3	<b><i>na počátku deště</i></b>
4	<b><i>děšť</i></b>
5	<b><i>sněžení</i></b>
6	<b><i>tvoří se námraza, náledí</i></b>
7	nárazový vítr (boční, vichřice apod.)
0	jiné ztížené
<b>VIDITELNOST</b>	
1	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostními podmínkami
2	<b><i>ve dne, zhoršená viditelnost (svítání, soumrak)</i></b>
3	<b><i>ve dne, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostními podmínkami</i></b>
4	v noci, s veřejným osvětlením, nezhoršená povětrnostními podmínkami
5	<b><i>v noci, s veřejným osvětlením, zhoršená povětrnostními podmínkami</i></b>
6	v noci, bez veřejného osvětlení, nezhoršená povětrnostními podmínkami
7	<b><i>v noci, bez veřejného osvětlení, zhoršená povětrnostními podmínkami</i></b>

Nárazový vítr jako jedna z hlavních povětrnostních podmínek nebyl zahrnut do ztížených podmínek, protože jeho dokazování v době nehody by bylo, z hlediska krátkého trvání jevu a v případě bočního směru praktické nedosažitelnosti objektivního zjištění skutečnosti, v podstatě nemožné.

## 7.5 Využití databází - výstupy

Na počátku práce s připravenou databází bylo nutné se přesvědčit o tom, zda jednotlivé údaje v databázi jsou srovnatelné z několika hledisek. Bylo nutné se tedy přesvědčit, jsou-li data porovnatelná z hlediska věcného, tzn. jestli obsahově mají nějakou souvislost. Dalším hodnoceným hlediskem bylo uvědomění si prostorové srovnatelnosti dat. Toto hledisko bylo také splněno, i když v ideálním případě by bylo

vhodné použít více meteorologických stanic na území okresu Pardubice, bohužel však žádná jiná taková profesionální stanice se zde nenachází, takže pro prostorovou srovnatelnost bylo učiněno maximum. Samozřejmě pro časovou analýzu je nutné, aby časové údaje byly shodné. Toto hledisko bylo splněno vzhledem k porovnávání celých dnů, což bylo spíše nutností, protože pravidelná meteorologická měření by se jen těžko shodovala v přesném čase s nepravidelnými časy dopravních nehod.

Pro zjištění vlivu meteorologických podmínek na silniční dopravní nehodovost v okrese Pardubice byl použit program Excel sady Microsoft Office a nástroje regresní a korelační analýzy, lineární regrese byla provedena za pomoci polynomických funkcí, dále byl využit modul Analýzy dat a v neposlední řadě byla použita metoda časových řad. Pro různá statistická zpracování existuje více software, např. QC-Expert, STATISTICA apod. V práci ale byl využit program Excel, protože po úvahách o využití vhodného programu bylo rozhodnuto, že pro potřeby a rozsah této práce bohatě postačí nástroje programu Excel a učení se s novým programem by bylo pravděpodobně hodně časově náročné a neefektivní. Nespornou výhodou Excelu je také jeho dostupnost.

### **7.5.1 Microsoft Excel**

Microsoft Excel je tabulkový procesor firmy Microsoft sady Microsoft Office. Pro práci s programem Excel je charakteristické, že veškerá data, vzorce, funkce apod. se zapisují do buněk. Pomocí jednotlivých buněk a jejich vhodným uspořádáním lze velmi rychle vytvořit kontingenční tabulky, ze kterých se pak snadno provádí další analýzy. Programem Excel lze snadno provádět jak základní matematické operace (sčítání, násobení, atd.), tak složitější matematické funkce (goniometrické funkce, logaritmy, atd.), různé finanční a logické funkce a v neposlední řadě funkce pro popisnou statistiku (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, rozptyl, modus, medián, špičatost, atd.), funkce pro regresní a korelační analýzu a mnoho dalšího. Mimo základní sadu nástrojů, lze snadno doinstalovat další doplňky, mezi které patří například analytické nástroje a tím dojde k doinstalování funkce Analýza dat, čehož bylo také pro potřeby této práce využito. Nevýhodou Excelu pro řešení této práce je, že není primárně určen (vyvinut) pro statistiku, ale jak již bylo řečeno výše, pro potřeby a limitovaný rozsah této práce je dostačující.

## 7.5.2 Korelační koeficienty

V tabulce 17 je přehled některých kovariančních a korelačních koeficientů (nezaokrouhlené hodnoty). Nejprve byly zjišťovány hodnoty kovariance, která udává zda mezi prvky vůbec existuje nějaká závislost. Z tabulky je zřejmé, že u uvedených hodnot (v tabulce nejsou všechny zkoumané závislosti), hodnoty kovariance svědčí o vzájemné závislosti prvků. Hodnota kovariance ale udává pouze zda nějaká závislost existuje nebo ne, ale sílu této závislosti (jak bylo shrnuto v kapitole 5.1 Regresní korelační analýza) vykazuje koeficient korelace.

Silná závislost byla dokázána zejména u celkového počtu nehod a počtu nehod za ztížených podmínek (koeficient korelace 0,770), což se dalo očekávat vzhledem k tomu jakým způsobem byly tzv. ztížené podmínky definovány (kap. 7.4 Úprava a zpracování databází). Z tohoto vztahu lze tedy jasně soudit, že pokud nastanou ztížené podmínky (dle kapitoly 7.4), pak vzrůstá počet nehod vzhledem k tomu, jaký je obvyklý (míněno průměrný) počet nehod za den. Toto se ale prokázalo u chladných měsíců, přičemž v teplých měsících se to nepotvrdilo. Z toho vyplývá, že velkou roli v hodnocení podmínek na místě nehody, bude mít zřejmě stav povrchu vozovky (sníh) a viditelnost zhoršená mlhou, protože ty se v teplých měsících vyskytují mnohem méně a obvykle nepřetrvávají celý den.

Pokud jde o závislost mezi počtem nehod za ztížených podmínek a celkovým denním úhrnem srážek v teplých měsících, tak zde byl korelační koeficient vypočítán 0,350, což se vzhledem ke všem nedostatkům databází, jeví jako nezanedbatelná závislost. Byl tedy dokázán vztah mezi množstvím srážek v teplých měsících a počtem nehod, pokud v místě nehody byly označeny podmínky jako ztížené.

Oproti předcházejícímu odstavci je třeba zmínit koeficient korelace s hodnotou 0,061, který vyšel u závislosti celkového počtu nehod a množstvím srážek v teplých měsících. Tato velmi slabá nebo spíše žádná jednoduše definovatelná závislost by mohla být způsobena tím, že v době přívalových srážek (bouřky apod.) byly v databázi naměřeny extrémně větší úhrny srážek oproti jiným dnům, ale počty nehod taková odlehlá pozorování neobsahují.

Tab. 17 Hodnoty kovariancí a korelačních koeficientů

<b>chladné měsíce</b>	<b>celk.počet nehod/nový sníh</b>	<b>celk. počet nehod/úhrn srážek</b>	<b>celk.počet nehod/úhrn srážek+nový sníh+mlha (intenzita)</b>	<b>celk. počet nehod/úhrn srážek+nový sníh</b>	<b>celk.počet nehod/ztížené podmínky</b>
<b>kovariance</b>	<b>0,698802684</b>	<b>0,59934652</b>	<b>1,302403403</b>	<b>1,298149204</b>	<b>4,265427</b>
<b>korelace</b>	<b>0,216913929</b>	<b>0,152072924</b>	<b>0,219657252</b>	<b>0,222008982</b>	<b>0,7699733</b>
<b>teplé měsíce</b>	<b>celk. počet nehod/úhrn srážek</b>	<b>počet nehod za ztížených podmínek/úhrn srážek</b>			
<b>kovariance</b>	<b>0,813781024</b>	<b>6,067712277</b>			
<b>korelace</b>	<b>0,061381257</b>	<b>0,349915412</b>			
<b>všechny měsíce</b>	<b>celk. počet nehod/děšť A/N+mlhaA/N</b>	<b>celk. počet nehod/průměrná denní teplota</b>	<b>počet nehod za ztížených podmínek/úhrn srážek</b>		
<b>kovariance</b>	<b>0,151077735</b>	<b>0,667204813</b>	<b>2,209493945</b>		
<b>korelace</b>	<b>0,070531723</b>	<b>0,032642288</b>	<b>0,216602174</b>		

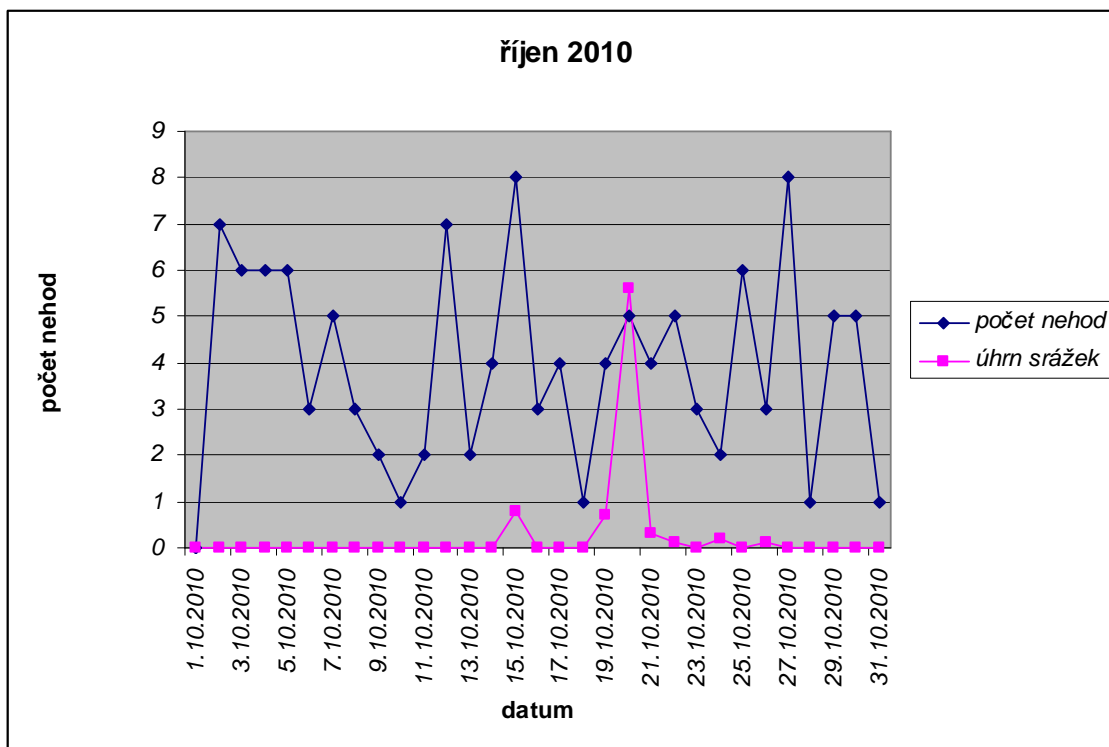
### 7.5.3 Nehodovost v chladných měsících

Výběr meteorologických jevů v průběhu chladných měsíců, které budou s nehodovostí porovnávány, byl od začátku práce zřejmý. Oproti teplým měsícům v chladných měsících byly mnohokrát zaznamenány pevné srážky, ať už sněžení, smíšený déšť nebo například mrznoucí srážky. V souvislosti s pevnými srážkami se databáze porovnávala i s celkovým úhrnem srážek, protože nejenže se v těchto měsících déšť vyskytoval, ale během sněžení se úhrn srážek také měří (vodní hodnota roztátého sněhu). Z výše uvedených důvodů, byly hlavními zkoumanými meteorologickými jevy v chladných měsících celkový úhrn srážek za den, výška nového sněhu a třetím jevem byla mlha. Mlha, jako nejzávažnější meteorologický jev zhoršující dohlednost, je charakteristická svým vznikem právě v podzimních a zimních měsících roku.

Jak již bylo řečeno výše, jako chladné měsíce roku byly vzhledem k databázi určeny měsíce říjen 2010 – únor 2011. V následujících grafech je vždy vynesena průběh

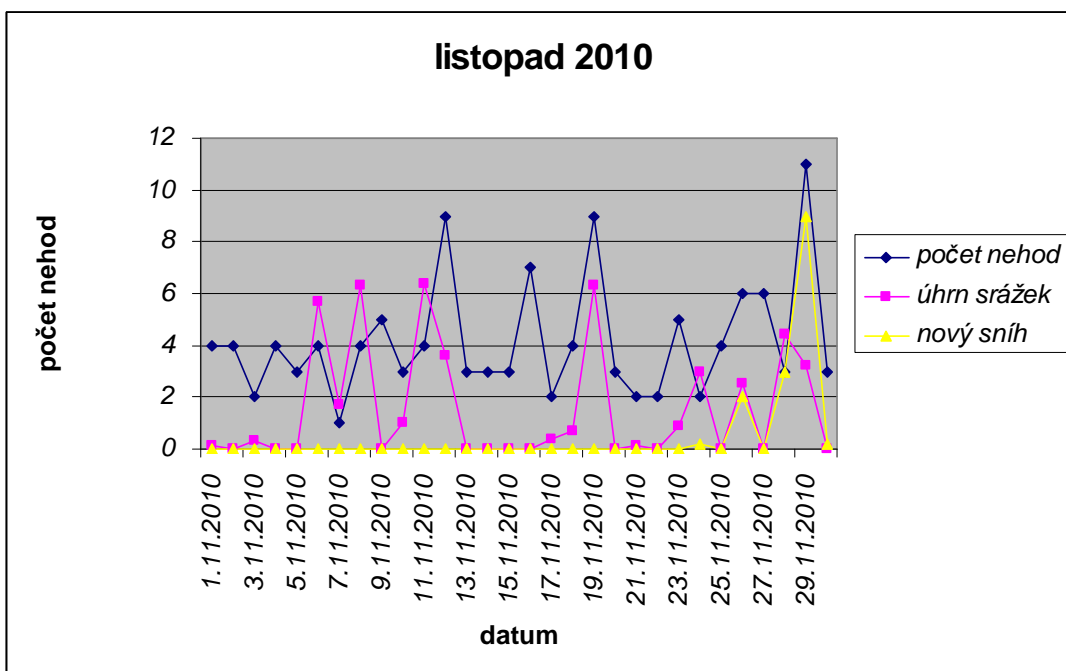
nehodovosti (součet všech nehod v Pardubickém kraji za den) v daném měsíci. V grafech je vyneseno i průběh srážek za daný měsíc a to ve formě celkového úhrnu srážek, tzn. množství vody udávané v mm, nebo v měsících, kdy bylo zaznamenáno sněžení také ve formě množství připadlého nového sněhu v daný den. Všechny grafy v této kapitole byly sestaveny metodou analýzy časových řad (AČŘ).

Průběh nehodovosti za měsíc říjen 2010 je uveden v grafu 2. V grafu je vyneseno i celkový úhrn srážek, ale protože v tomto měsíci nebylo na stanici Pardubice registrováno žádné sněžení, výška nového sněhu není v grafu zobrazena. Jak je z grafu patrné, vliv srážek na nehodovost není zcela prokazatelný, zejména díky malému počtu dní se srážkami, i když ve dnech se srážkami byl zaznamenán větší počet nehod než je tomu v ostatních dnech.



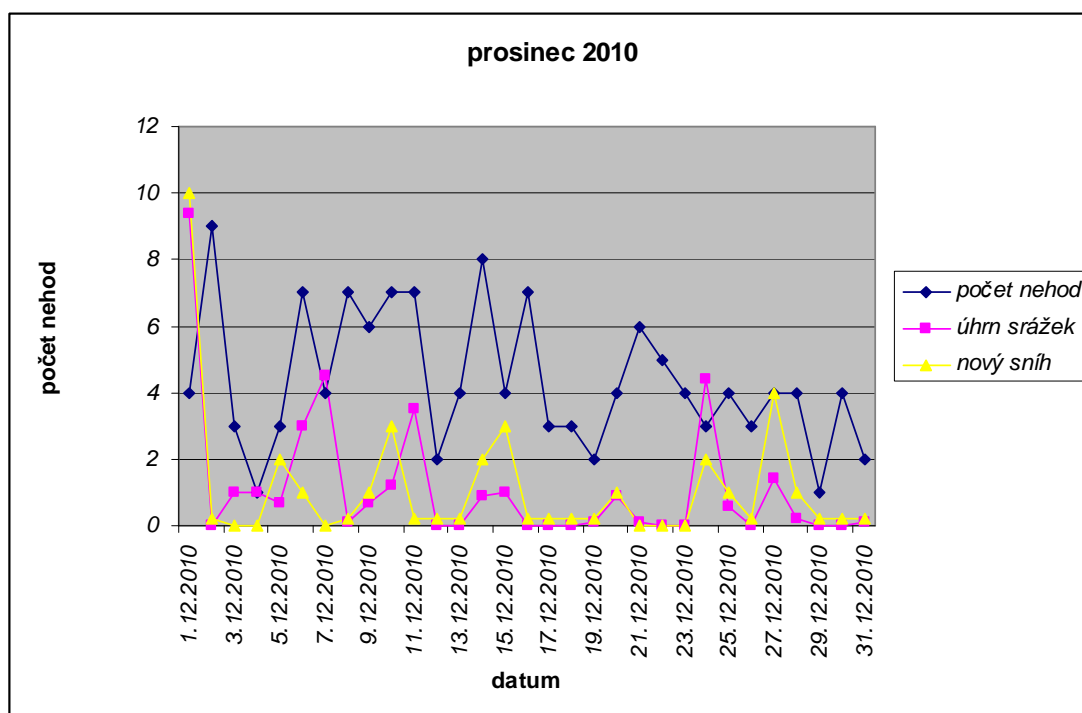
Graf 2 Průběh počtu nehod a srážek v měsíci říjnu v roce 2010 – (AČŘ)

Oproti měsíci říjnu v listopadu již bylo napozorováno sněžení a zaznamenány úhrny nového sněhu (v centimetrech). Z grafu 3 je vidět, že předpoklad alespoň mírného zvýšení nehodovosti během sněžení, je správný. Co se týká dešťových srážek je možné z grafu také vyčíst jistý souběh vyššího úhrnu srážek ve dnech, kdy se na silnicích přihodilo více dopravních nehod.

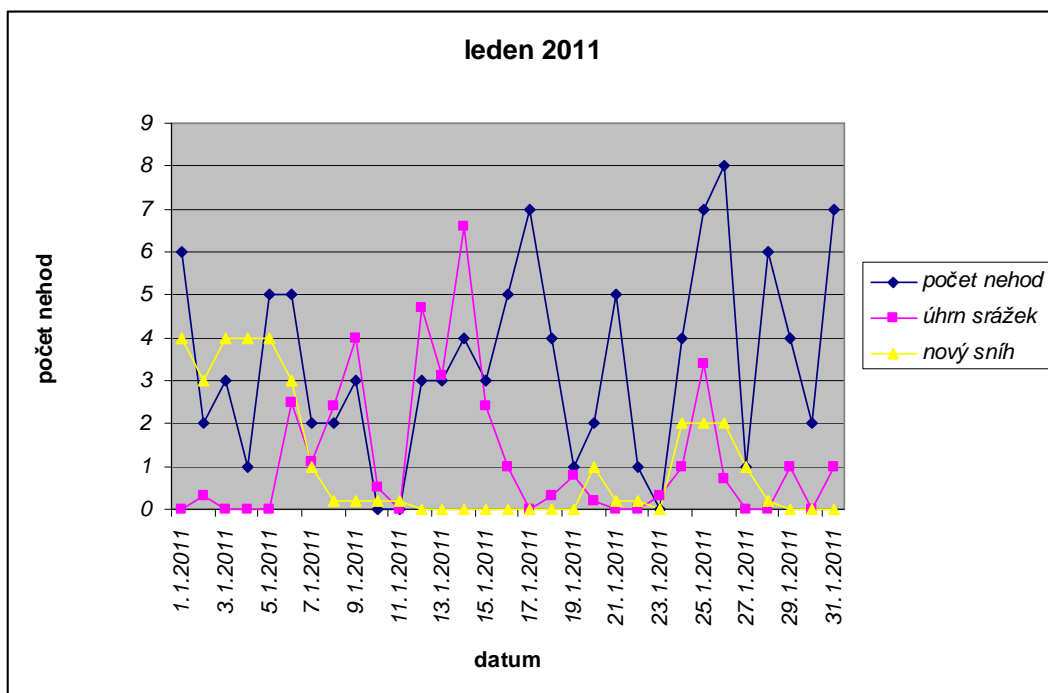


Graf 3 Průběh počtu nehod a srážek v listopadu v roce 2010

Měsíc prosinec vyobrazený v grafu 4 ukazuje, že předpoklad zvýšení nehodovosti během sněžení, je správný. Co se týká dešťových srážek je možné z grafu také vyčíst jistý souběh vyššího úhrnu srážek ve dnech, kdy se na silnicích přihodilo více dopravních nehod. Z grafu 5 je patrné, že stejný jev je možný zjistit i v lednu.

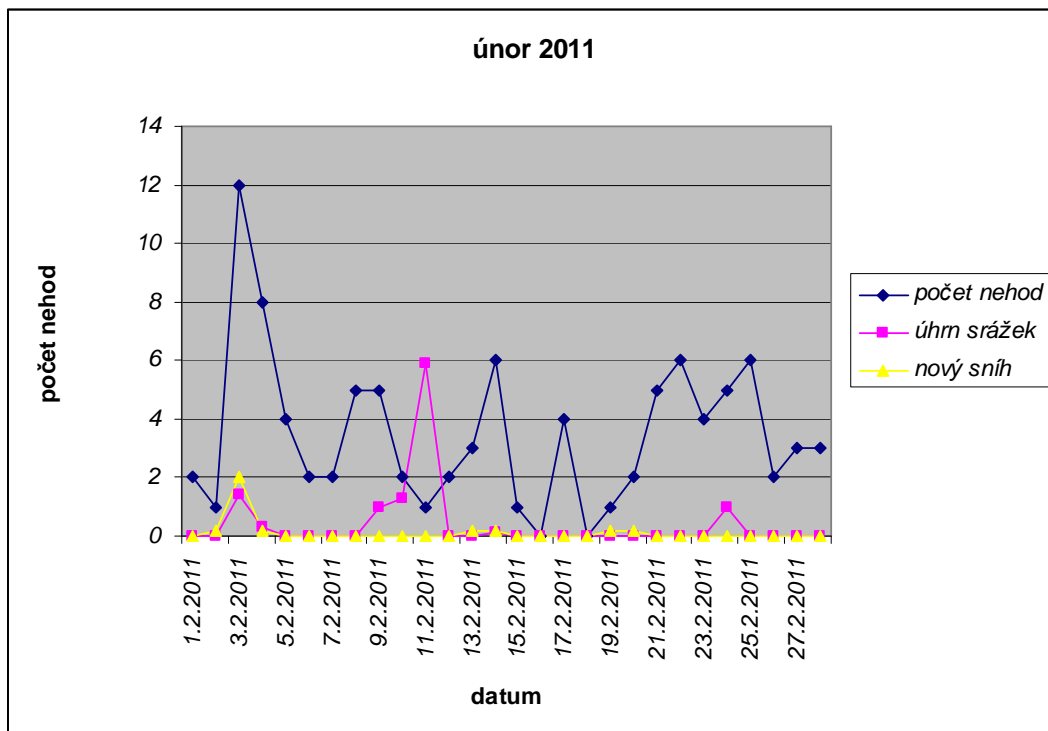


Graf 4 Průběh počtu nehod a srážek v prosinci roku 2010



Graf 5 Průběh počtu nehod a srážek v měsíci lednu v roce 2011

V měsíci únoru již nový sněh můžeme zanedbat a protože ani z hlediska pohledu celkového úhrnu srážek nebyl tento měsíc srážkově významný, nelze nějakou závislost vyvozovat.



Graf 6 Průběh počtu nehod a srážek v měsíci únoru v roce 2011



Byly zjišťovány a počítány některé parametry popisné statistiky, resp. charakteristiky polohy – aritmetický průměr, modus a medián. Z tabulky 18 (nezaokrouhlené hodnoty) je patrné, že z pohledu porovnání pouze zmíněných parametrů, byl buď zvolen špatný přístup, nebo ve dnech s mlhou, mrznoucími srážkami nebo ledovkou vychází opačná závislost, než by se dalo očekávat.

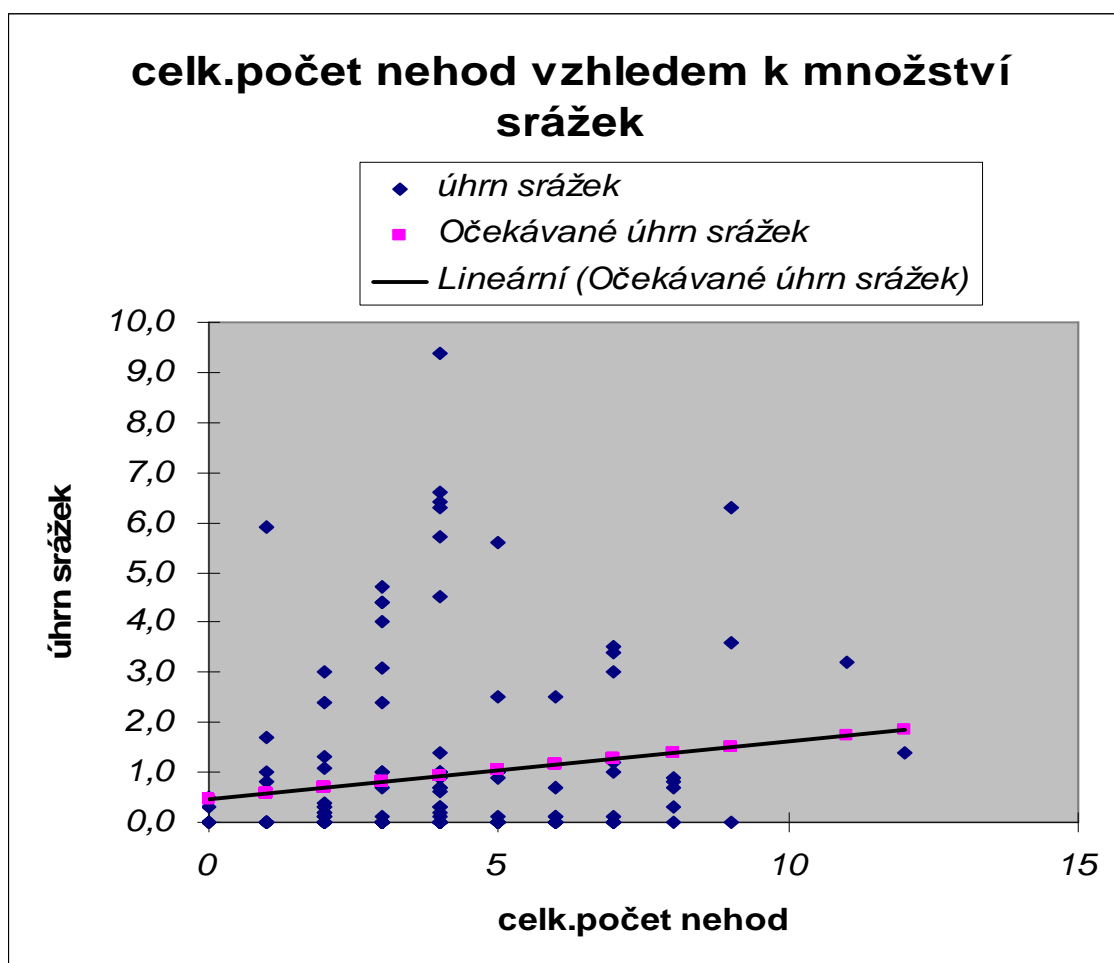
Tab. 18 Charakteristiky polohy v chladných měsících

<b>Průměr ve všech dnech:</b>	<b>modus</b>	<b>medián</b>
<b>4,03289474</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>průměr ve dnech s mlhou v chladných měsících:</b>		
<b>3,96</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Průměr ve dnech s mrznoucími srážkami nebo ledovkou</b>		
<b>3,33333333</b>	<b>4</b>	<b>3,5</b>

Po úvodním výpočtu kovariančního koeficientu, který nabýval hodnoty 0,599, byla provedena následná regrese a korelace. Konkrétně byla tedy provedena regresní analýza celkového počtu nehod v chladných měsících jako vysvětlující nezávisle proměnné na úhrnu srážek v daném dni jako vysvětlované závisle proměnné. Statistické charakteristiky této regrese:

Vícenásobný korelační koeficient R:	0,152072924
Index determinace:	0,023126174
Hladina významnosti:	0,05
Počet platných řádků:	151
Chyba střední hodnoty:	1,718104635

Následně byl vytvořen graf této regresní analýzy (graf 7), protože korelační koeficient této závislosti vycházel 0,152. Tato hodnota je již, pro tuto databázi, považována za dostatečně vypovídající o vzájemné závislosti porovnávaných veličin.

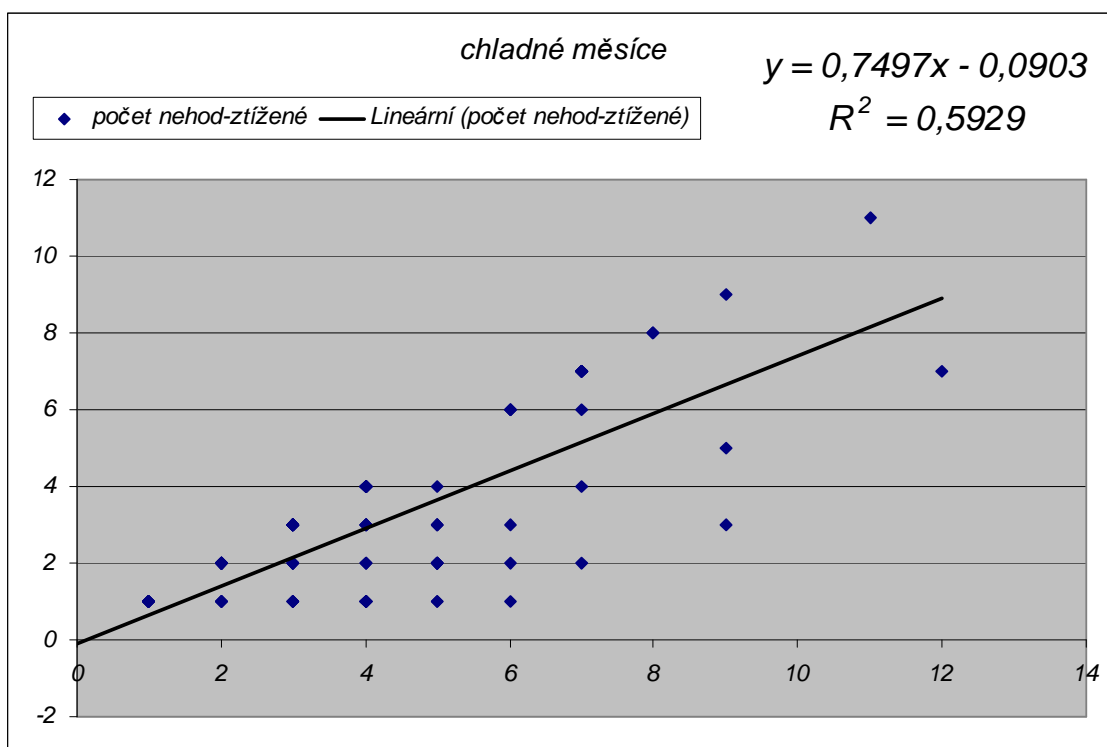


Graf 7 Regresní analýza celkového počtu nehod a očekávaného úhrnu srážek

V chladných měsících byla také srovnávána závislost ztížených podmínek na celkovém počtu nehod (graf 8).

Statistické charakteristiky této regrese:

Vícenásobný korelační koeficient R:	0,846177896442067
Index determinace:	0,716017032
Hladina významnosti:	0,05
Počet platných řádků:	151
Chyba střední hodnoty:	2,404163056
Korelační koeficient:	0,7699733



Graf 8 Počet nehod vzhledem ke ztíženým podmínkám v chladných měsících (regresní analýza)

### 7.5.4 Nehodovost v teplých měsících

V průběhu teplých měsíců se také, jako tomu je u chladných měsíců, vyskytují dny s většími úhrny srážek, proto úhrn srážek byl hlavní parametr pro srovnávání s počtem nehod. Dále byly zkoumány průběhy počtu nehod v závislosti na bouřkách a na denních průměrných teplotách. Byl předpoklad, že v bouřkách by se mimo nebezpečných meteorologických jevů mohl také projevovat psychologický vliv na řidiče – ať už pozitivní (řidič se bude chovat uvážlivěji) nebo negativní (z důvodu stresu bude jednat neadekvátně situaci). U průměrné denní teploty bylo zkoumáno, zda existuje vliv vysoké teploty na řidiče a jeho schopnosti, resp. na zvýšenou nehodovost.

Opět byly zjišťovány a počítány některé parametry popisné statistiky. V tabulce 19 jsou uvedeny vybrané charakteristiky (nezaokrouhlené hodnoty) a počítány byly z počtu nehod, které v daných dnech nastaly. Jak je z tabulky patrné, ve dnech, kdy byla na meteorologické stanici pozorována bouřka, se zvýšil průměrný počet nehod o 0,396 nehody a modus se zvýšil z původní hodnoty 3 na hodnotu 4, jako nejčtenější celkový počet nehod v daném dni. Logicky mediánová hodnota se také zvýšila. Pokud uvážíme rozlohu okresu Pardubice, je na místě zahrnout do výpočtu i blýskavice a vzdálené

bouřky (nejsou pozorovány přímo na letišti, ale jsou v prostoru okresu Pardubice). S takto přepočítanými hodnotami vychází aritmetický průměr počtu nehod téměř o tři čtvrtě nehody více než ve všech dnech (tedy ve dnech s bouřkami i bez bouřek) a modus i medián se zvýšily na hodnotu 5. Naproti tomu vysoká průměrná denní teplota se ukázala jako závislý prvek na nehodovosti, ale tím způsobem, že při vyšších teplotách průměrný počet nehod klesá. Nelze ale jednoznačně určit, zda jsou řidiči v horkých dnech obezřetnější, nebo jestli například právě kvůli vysokým teplotám neodloží plánovanou cestu a netráví více času mimo dopravní prostředek. Toto nepotvrzuje ani nevyvrací tabulka 20, kde jsou vypočítány průměrné teploty ve všech dnech, ve dnech bez ztížených podmínek i ve dnech se ztíženými podmínkami.

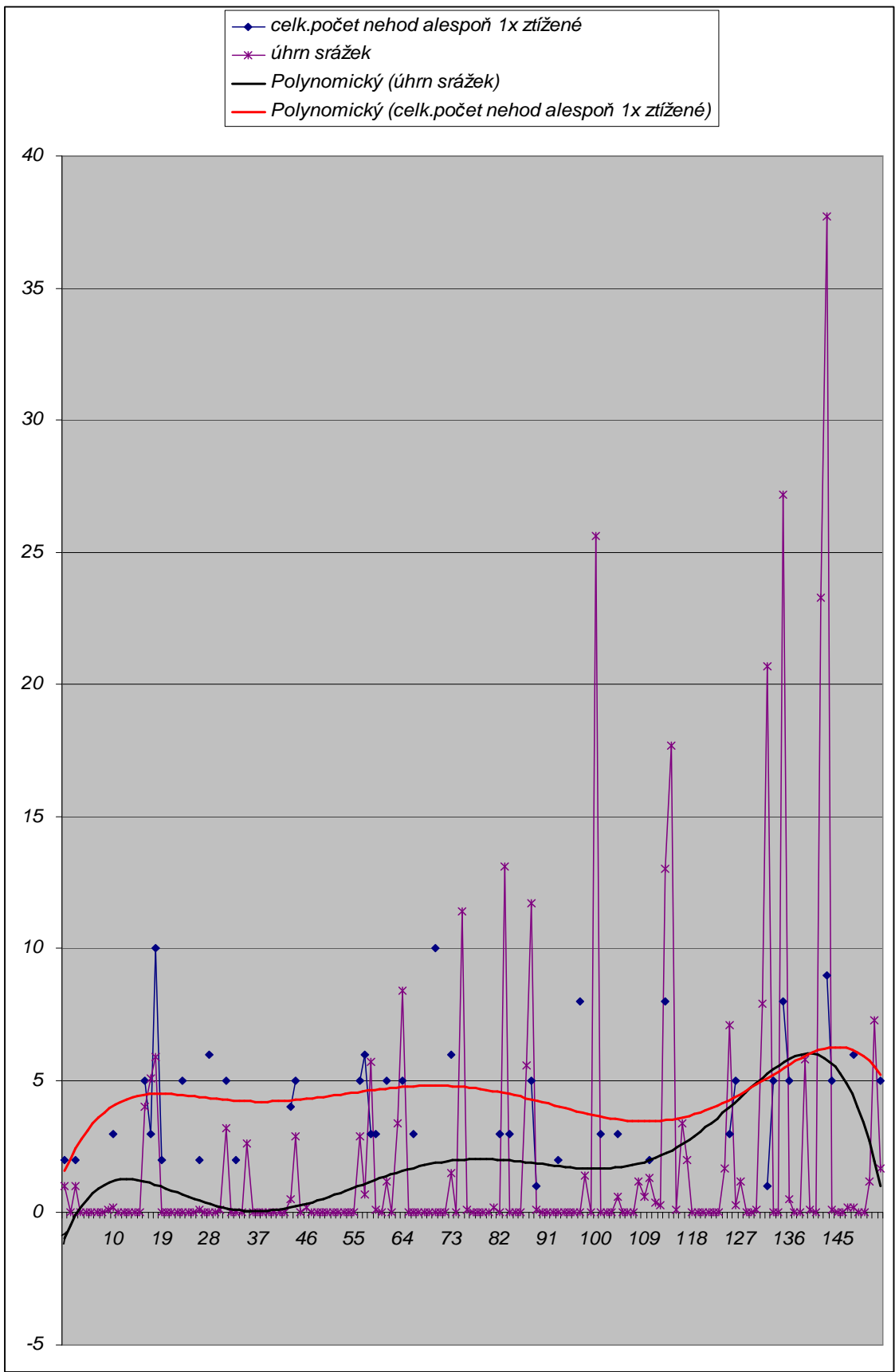
Tab. 19 Charakteristiky polohy v teplých měsících

<b>Průměr ve všech dnech:</b>	<b>modus</b>	<b>medián</b>
<b>4,03289474</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>průměr ve dnech s bouřkou:</b>		
<b>4,42857143</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>průměr ve dnech s bouřkou, blýskavicí nebo vzdálenou bouřkou:</b>		
<b>4,75</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>průměr ve dnech s průměrnou teplotou nad 20°C:</b>		
<b>3,72</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Tab. 20 Průměrné teploty

<b>průměrná teplota ve všech dnech</b>	<b>13,58300654</b>
<b>průměrná teplota ve dnech bez ztížených podmínek</b>	<b>14,15272727</b>
<b>průměrná teplota ve dnech se ztíženými podmínkami</b>	<b>13,23255814</b>

Hlavním parametrem v hledání souvislosti mezi počasím a nehodovostí se tedy staly srážky. Jak ukazuje graf 9, zde byla souvislost prokázána, ale pouze u dnů, kdy byly u nehod podmínky označeny jako ztížené. V grafu je na ose x pořadové číslo dne a na ose y celkový úhrn srážek a celkový počet nehod, kdy byly podmínky ztížené alespoň u jedné nehody. Pro přehlednost byla v této časové řadě provedena regresní analýza. Vyrovňovacím parametrem této analýzy, pro vyjádření závislosti, byl polynom 6. stupně.



Graf 9 Celkový počet nehod ve dnech se ztíženými podmínkami vzhledem k úhrnu srážek

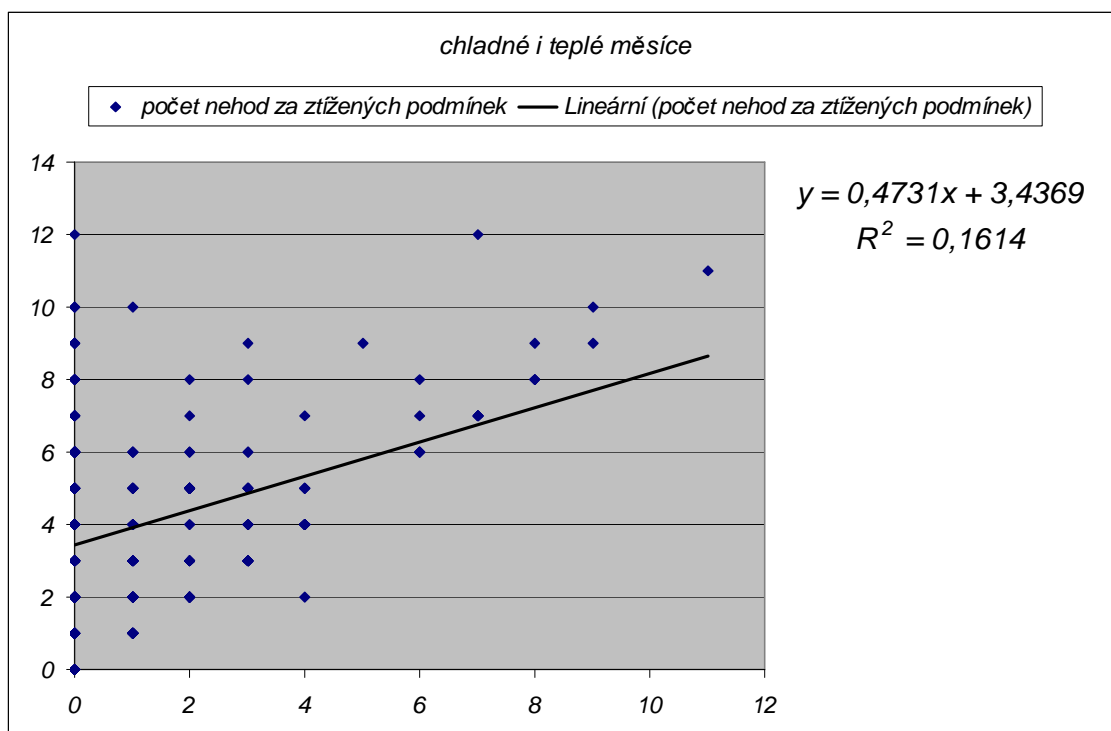
## 7.5.5 Souhrnné analýzy

Vizuální prošetření databází bylo v úvodu doplněno o výpočty popisné statistiky, aby tak vznikl základní přehled o závislosti počtu nehod na napozorovaném počasí.

Tab. 21 Charakteristiky polohy

počet nehod	všechny dny	dny s bouřkou	bouřka+blýs kavice+vzdá l.bouřka	dny s mlhou v chladných měsících	dny s teplotou nad 20°C	mrznoucí srážky, ledovka
arit. průměr	4,03289	4,42857	4,75	3,96	3,72	3,33
modus	3	4	5	4	1	4
medián	4	4	5	4	3	3,5

Byly hledány meteorologické podmínky (vysvětlovaná závisle proměnná), které mají vliv na počet nehod (vysvětlující nezávisle proměnná). Úvodní regresní analýzou bylo dokázáno, že ztížené podmínky obecně, ovlivňují počet nehod v celkovém součtu a to tak, že čím více nehod je označeno jako nehod, které vznikly za ztížených podmínek, tím více nehod se děje i v celkovém součtu všech nehod. Pro porovnání tohoto tvrzení je uveden graf 10 – lineární regrese výše zmíněných skupin proměnných, kde index determinace, jak je uvedeno přímo v grafu, je 0,1614.

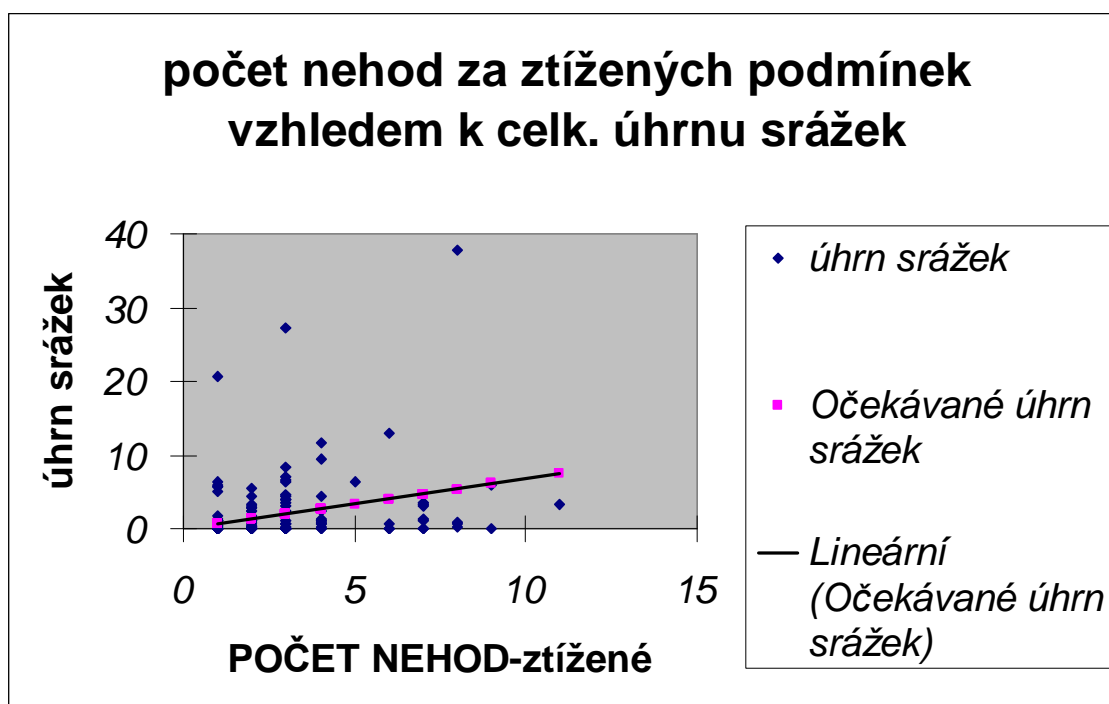


Graf 10 Počet nehod vzhledem ke ztíženým podmínkám – celá databáze (regresní analýza)

Statistické charakteristiky této regrese:

Vícenásobný korelační koeficient R:	0,451232936
Index determinace:	0,203611162
Hladina významnosti:	0,05
Počet platných řádků:	136
Chyba střední hodnoty:	4,693832944
Korelační koeficient:	0,7699733

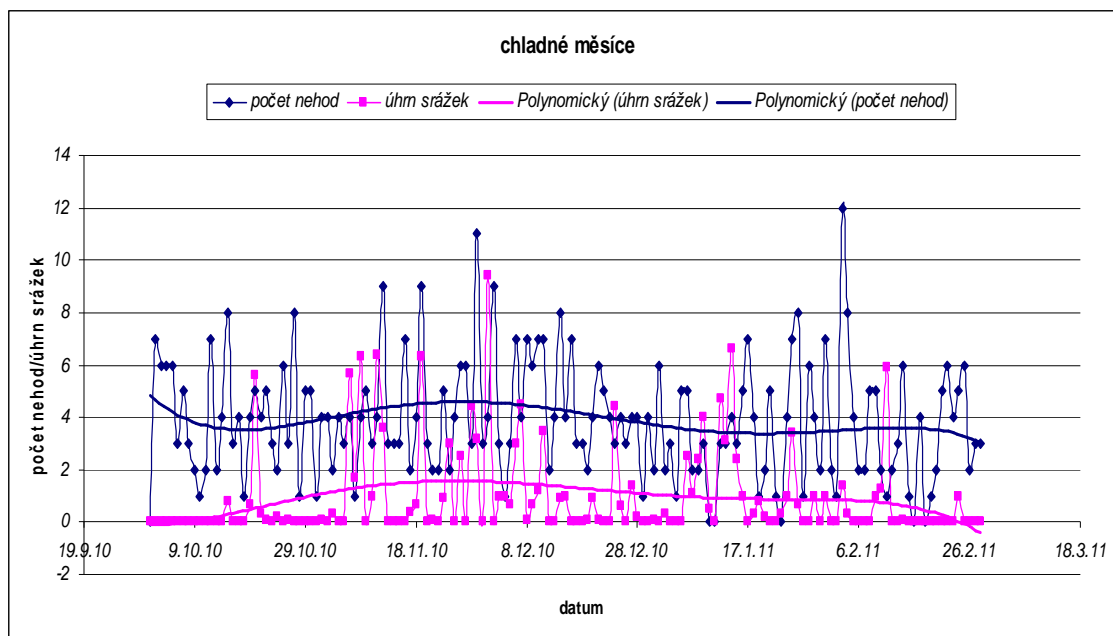
Po vyhodnocení grafu 10 byla provedena lineární regrese počtu nehod za ztížených podmínek (vysvětlující nezávisle proměnná) na celkovém denním úhrnu srážek (vysvětlovaná závisle proměnná), jak je ukázáno v grafu 11. V grafu sice nejsou vyloučena odlehlá pozorování, která tam vznikla (3), ale přesto vyrovnávací křivka (v tomto případě přímka) ukazuje, že s rostoucím počtem nehod ve ztížených podmínkách roste úhrn srážek, nebo-li větší úhrn srážek je předpokladem ke vzrůstající nehodovosti.



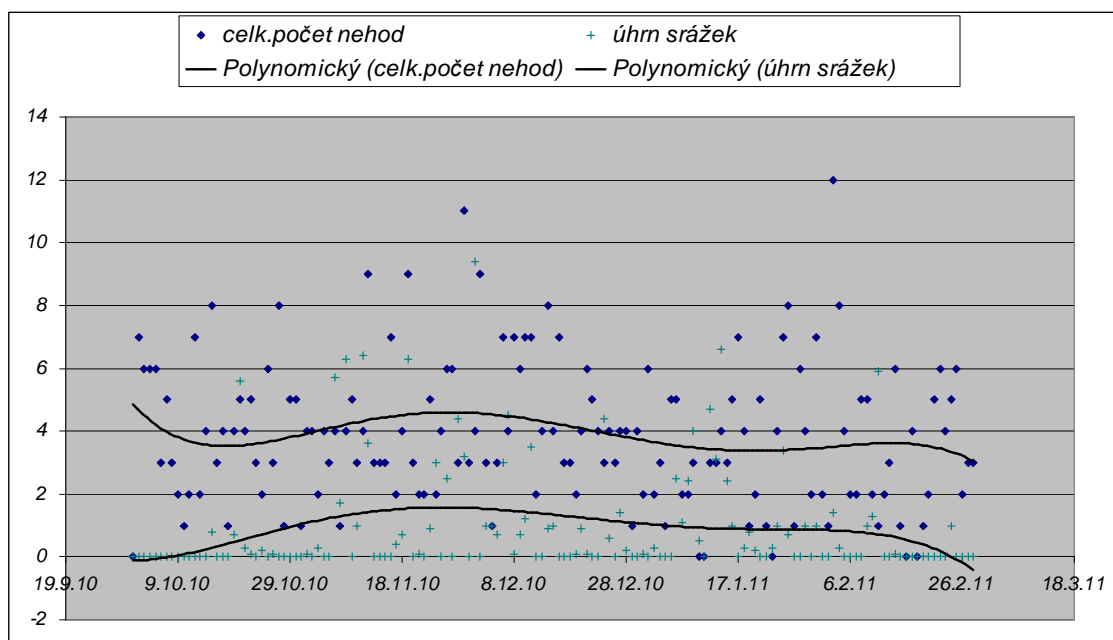
Graf 11 Lineární regrese počtu nehod za ztížených podmínek a očekávaného úhrnu srážek

Ke zhodnocení vlivu srážek se vedle nehod za ztížených podmínek, použila také data s celkovým počtem nehod vzniklých v daný den. Následnou analýzou časových řad vznikl graf 12, kde vyrovnávacím parametrem, pro vyjádření závislosti, byl polynom 5. stupně. Předpoklad většího úhrnu srážek ve dnech, kdy bylo zaznamenáno více

dopravních nehod, se potvrdil. Pro přehlednost je zde uveden i graf 13, kde je totéž vyjádřeno v bodovém grafu. Toto zkoumání proběhlo ze všech deseti měsíců databáze, ale grafy zde uvedené jsou pouze z chladných měsíců. V teplých měsících (jak již bylo uvedeno v kapitole 7.5.2 Korelační koeficienty) se tentýž vztah srážek s nehodami nepotvrdil.



Graf 12 Analýza dvou časových řad: nehody/srážky

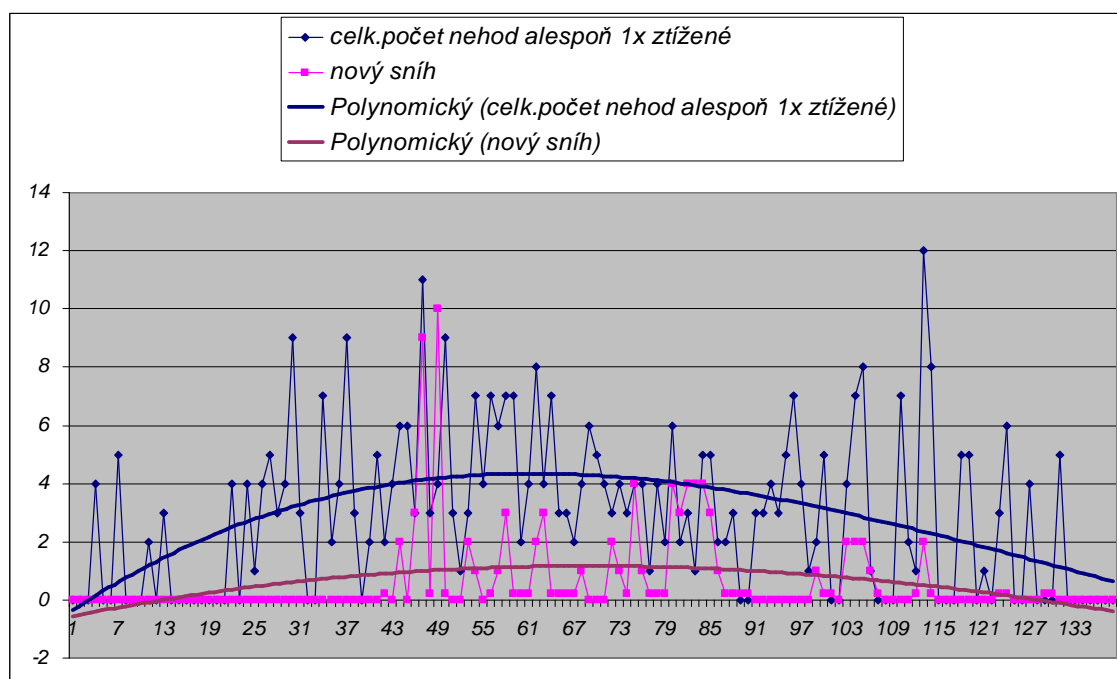


Graf 13 Analýza dvou časových řad: nehody/srážky

Z databáze chladných měsíců byla také provedena analýza závislosti počtu nehod s celkovým množstvím připadlého nového sněhu – v tomto případě tedy není ve



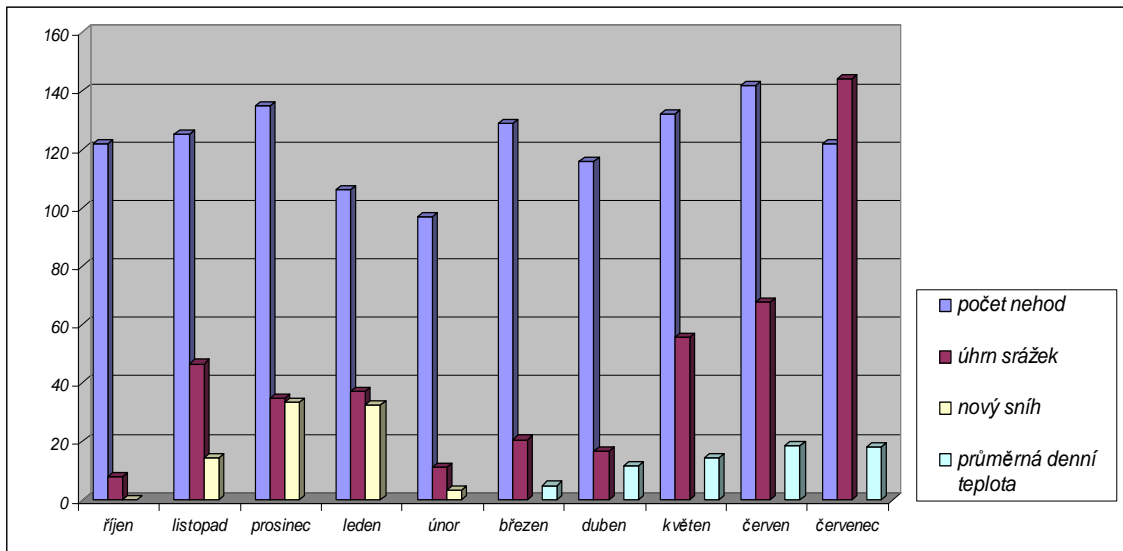
výšce sněhu započítám případný snůh, který na místě měření připadl v předchozích dnech, což může vnášet do hodnocení jistou chybu s přihlédnutím k tomu, že komunikace nemusely být vždy řádně a dosucha ošetřeny. Jak je z grafu 14 patrné, jistá závislost mezi novým sněhem a počtem nehod existuje, a to taková, že čím více nového sněhu napadne, tím více nehodových událostí vznikne. Vyrovnávacím parametrem této analýzy, pro vyjádření závislosti, byl polynom 3. stupně. V grafu jsou opět uvedeny nehody vzniklé za ztížených podmínek, ale byl hodnocen i koeficient korelace výšky nového sněhu se všemi vzniklými nehodami a jeho hodnota byla 0,217, což s uvažováním počtu zanedbání je dostatečně vypovídající – závislost zde existuje.



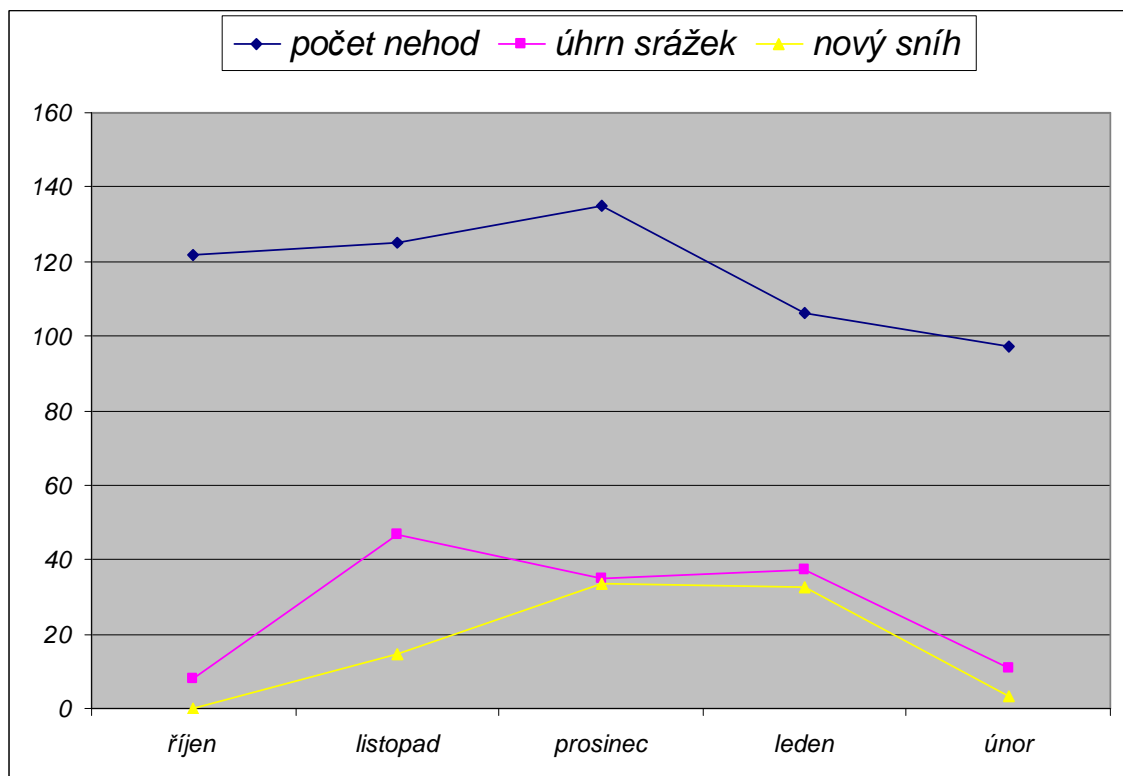
Graf 14 Analýza dvou časových řad: nehody ve dnech se ztíženými podmínkami/výška nového sněhu

Jeden z přístupů jak s databází pracovat bylo sloučení jednotlivých dnů do měsíců. Následující tři grafy (graf 15-17) ukazují výsledky, kterých bylo v tomto ohledu dosaženo, ale pokud lze z grafů nějakou závislost vyčíst, tak pouze velmi slabou až zanedbatelnou. Z tohoto výsledku ale nelze vyvozovat závěr takový, že tento přístup je špatný, protože deset měsíců, je na takovou analýzu opravdu velmi malý počet. Předpokladem je, že pokud se prokazuje závislost meteorologických jevů na počtu

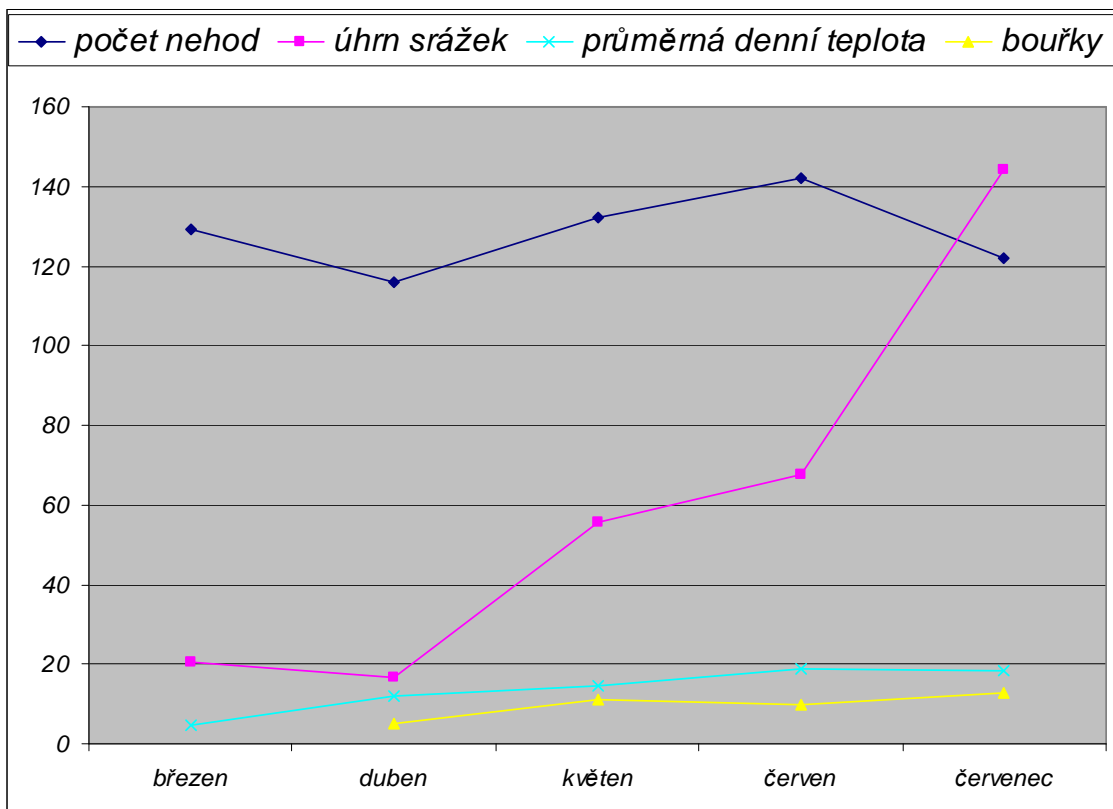
nehod zjišťovaná po dnech, tak při studiu tohoto vlivu po měsících, by se mělo dospět k podobnému výsledku, ale databáze by musela být s daty za několik let.



Graf 15 Sloupcový graf na časové řadě: nehody/srážky/sníh



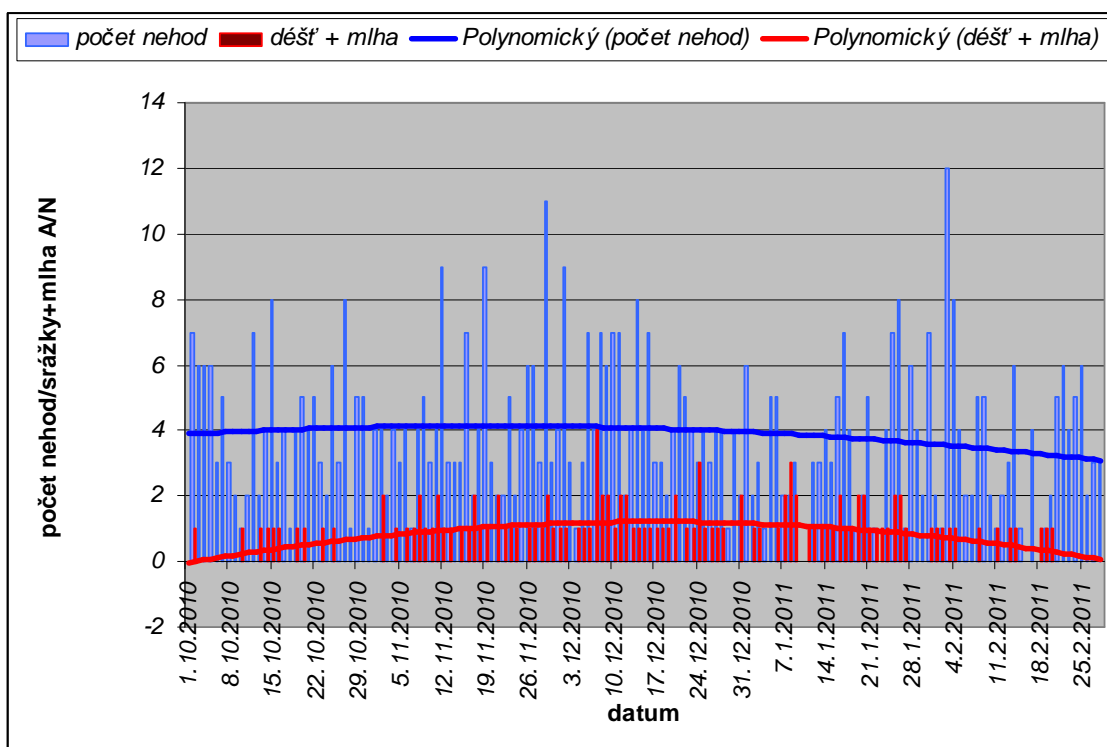
Graf 16 Sloupcový graf na časové řadě: nehody/srážky/sníh



Graf 17 Sloupcový graf na časové řadě: nehody/srážky/teplota/bouřky

Korelační koeficient mezi počtem nehod v daných měsících a počtem bouřek byl 0,394128095.

Také byl učiněn pokus o jakési obodování nepříznivých meteorologických podmínek. Pokud se ukazovalo, že porovnání počtu nehod se srážkami vykazuje závislost, která ale je zpochybnitelná, pak navýšení počtu nepříznivých meteorologických jevů by mohlo zvýšit nebo prokázat závislost silnější. V grafu 18 je vidět analýza časové řady závislosti celkového počtu nehod na počtu bodů, kdy jeden bod je vždy udělen dni, kdy buď nastaly nějaké srážky, nebo byla napozorována mlha. Dva body jsou pak uděleny těm dnům, kdy nastaly zmíněné jevy oba ve stejný den. Z grafu, kde vyrovnávacím parametrem jsou polynomy druhého stupně, je patrné, že závislost zde existuje.



Graf 18 Celkový počet nehod vzhledem k obdovaným srážkám a mlhám

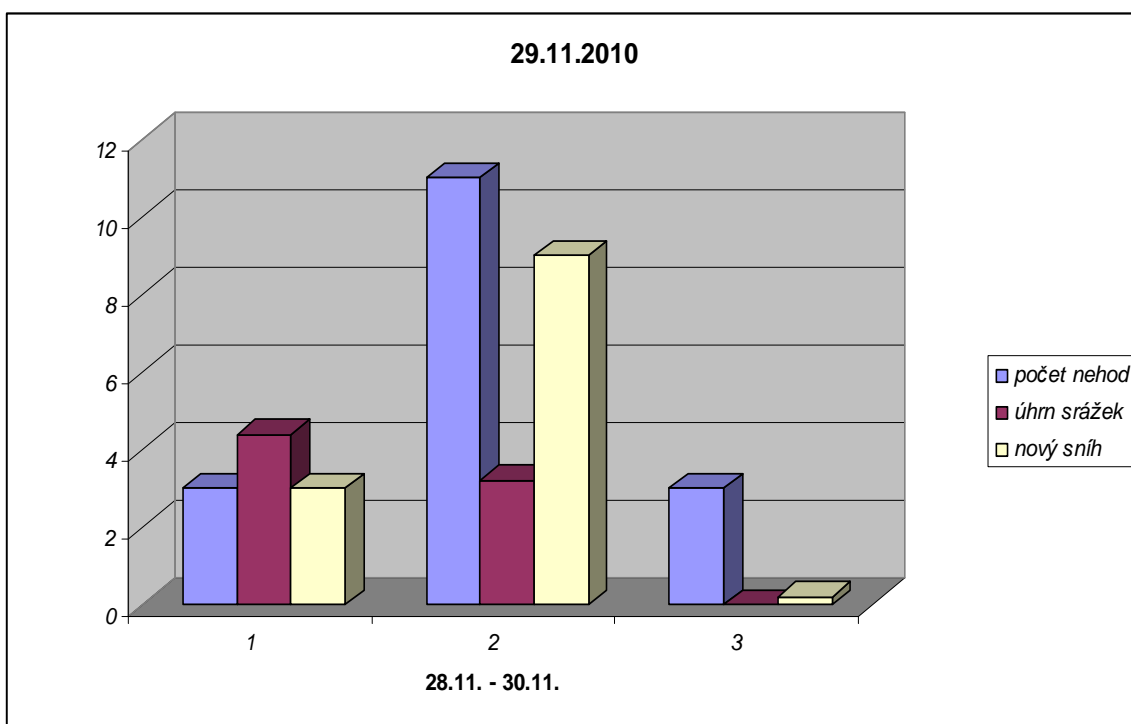
### 7.5.6 Analýza vybraných dnů

Po vizuálním prošetření databáze, byly nalezeny dny, které vykazují oproti ostatním dnům veliký nárůst počtu nehod. Průměrný počet nehod z celé databáze byl po zaokrouhlení 4,033, modus 3 a medián 4. Dle předcházejících údajů byly z databáze vybrány dny, ve kterých počet nehod přesáhl hodnotu 9 dopravních nehod. V těchto dnech došlo ke slovnímu zhodnocení meteorologické situace, ale pouze z dat v databázi, tzn. bez synoptické mapy, družicových a radiolokačních snímků, termodynamických diagramů a dalších podpůrných prostředků nutných ke kompletní predikci i dedukci synoptické situace. Dle nastaveného kritéria nastalo sedm dní, které byly zkoumány.

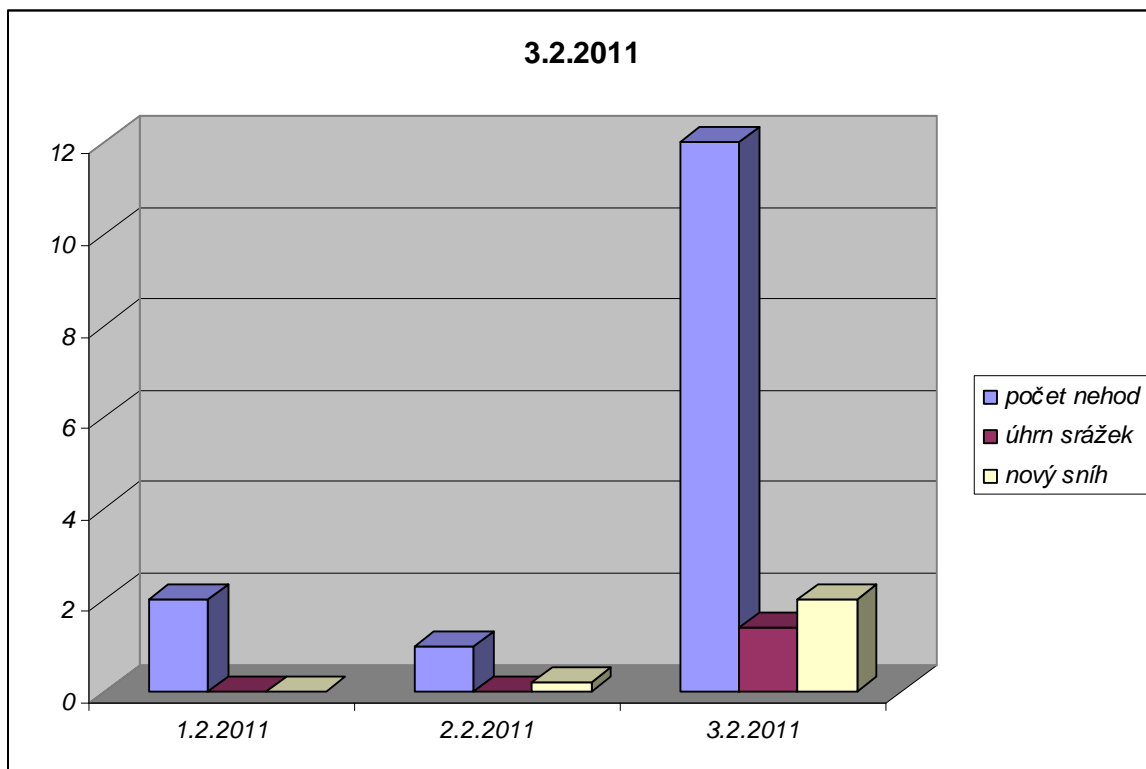
Dne 29. listopadu 2010 se událo 11 dopravních nehod. Graf 19 ukazuje, že v tento den oproti dnům předcházejícím, připadlo velké množství nového sněhu. Pro dokreslení situace je v grafu uvedena i vodní hodnota srážek. Je tedy zřejmé, že s velkou pravděpodobností byl vysoký počet nehod způsoben také náhlou změnou počasí, ve smyslu sněžení. Následující den se počet nehod vrátil k normálnímu počtu (normální vzhledem k průměrným hodnotám).

Podobný jev jako 29.11. nastal také 3. února 2011 (graf 20). V tento den nasněžily dva centimetry nového sněhu a to se mohlo podepsat na zvýšené nehodovosti.

Dále bylo zkoumáno počasí (pouze dle údajů z databáze) ve dnech 2. března, 18. března, 9. května a 14. června, kdy nastalo 10 dopravních nehod, a dne 10. června kdy nastalo 12 dopravních nehod. V těchto dnech nebyl nalezen žádný meteorologický jev nebo prvek, který by se dal označit jako extrémní nebo náhlý. Ze sedmi dnů, kdy nastalo více než devět dopravních nehod, je ve dvou případech zřejmá nějaká souvislost mezi počasím a nehodami a v pěti případech nikoliv. Jak již bylo řečeno dříve a jak vyplývá z teoretické části práce, vlivů na nehodovost je velké množství a proto dva případy ze sedmi jsou vcelku dostačující pro potvrzení vlivu počasí na dopravní nehodovost.



Graf 19 Nehody vzhledem ke srážkám 29.11.2010



Graf 20 Nehody vzhledem ke srážkám 3.2.2011

## 8 NÁVRHY PRO DALŠÍ ZPRACOVÁNÍ

Během zpracovávání práce se udělala řada zanedbání a zjednodušení, aby práce byla vůbec proveditelná a aby byly získány relevantní údaje. Zároveň ale mimo vytyčený cíl práce, se zejména během praktického analyzování, přicházelo na několik dalších možností, jak by bylo vhodné v budoucnu s touto problematikou dále pracovat.

Co se týká samotné databáze nehod a meteorologických jevů, bylo by jistě vhodné zúžit geografické rozložení míst s nehodami, protože tento prostor, jak byl využit pro tuto práci, je vzhledem k umístění jedné meteorologické stanice, neúměrně rozsáhlý. Pro hledání základních souvislostí a tedy pro účely této práce, byly obě základní databáze dostatečné. Dále by bylo zajímavé pokusit si zúžit lokalitu například pouze na tu část Pardubic a ty okolní obce, které se nacházejí v nějakém stanoveném okruhu kilometrů od místa pozorování a měření meteorologických jevů a prvků.

Dalším možným přístupem je vytipování pouze určitých částí komunikací a zkoumání podobných souvislostí s počasím jako v této práci, což by ovšem znamenalo rozšířit databáze z deseti měsíců na alespoň několik let, aby bylo k dispozici dostatečné množství dat.

Z meteorologického hlediska nebyl během práce brán zřetel na konkrétní synoptické situace, které nastaly v dané dny, proto by zřejmě bylo vhodné v další práci se těmito situacemi hlouběji zabývat. Hlavní vlivy, které databázi ovlivnily vzhledem k umístění meteorologické stanice a rozloze celého okresu Pardubice, a které nebyly zohledněny jsou:

- charakter advekce,
- frontální systém,
- existence místní vzduchové hmoty.

Vhodné by bylo tedy podrobněji analyzovat konkrétní synoptické situace a také porovnání s radiolokačními odrazy a družicovými snímky by jistě zvýšilo kvalitu meteorologické databáze, ale tato práce by byla velmi časově náročná.

Z pohledu dopravního došlo zejména k zanedbání času, ve kterém se jednotlivé nehodové události opravdu staly. Pokud totiž pracujeme například s úhrny srážek během letních měsíců, kdy nastávají častěji srážky ve formě dešťových přeháněk, může být potom zaznamenán velký denní úhrn srážek, ale tyto srážky spadly během krátké části dne a nehoda (nebo nehody) se ten den mohly stát právě během části dne bez přeháněk a také na již zcela suchém povrchu vozovky.

V letních měsících by se dalo namísto práce s bouřkovými jevy, které nastaly nebo nenastaly, pracovat s indexy instability (tzv. „bouřkové indexy“), které pomáhají z aktuálního stavu atmosféry předpovídat, zda nastanou či nenastanou bouřky. Tyto indexy sice nemají stoprocentní predikční schopnost, ale jsou počítány pro každý den a mají relativně široké spektrum hodnot, kterých mohou nabývat, a byla by možnost jimi jaksi obodovat dny s počtem nehod z hlediska bouřek.

V neposlední řadě se nabízí možnost další práce s úpravou databáze. Lze například rozdělit databázi na dvě části a to na dny s nulovým počtem nehod a ostatními dny, a hledat zde souvislosti s počasím v každé z těchto databází zvlášť. Zároveň použití lepšího software – přímo určeného pro statistické zpracovávání dat, by již bylo pro takovéto hlubší analýzy nevyhnutelné.



## 9 ZÁVĚR

Teoretická část práce poskytuje ucelený přehled meteorologických prvků, jevů a charakteristiku nebezpečných jevů mající vliv na dopravu. Dále byl zpracován přehled o dopravní nehodovosti a současný stav situace ve smyslu statistických údajů o dopravních nehodách v Pardubickém kraji i okrese za předcházející roky.

Praktická část počínající sběrem a sumarizací dat o meteorologických prvcích a jevech a o dopravních nehodách v okrese Pardubice a končící statistickým vyhodnocením těchto dat, se stala velkým přínosem pro zkoumání příčin dopravních nehod a stala se základem pro další hlubší zkoumání.

Tato diplomová práce si vytkla za cíl zjistit a pokud možno nějakým způsobem kvantifikovat závislost počtu dopravních nehod na výskytu nebezpečných meteorologických jevů. Je zapotřebí vzít v úvahu, že počasí působí nejen na stav vozovky, ale i na řidiče a jeho schopnost bezpečně vést vozidlo. Tento vliv však nemusí být vždy negativní, během zpracovávání práce vyšla najevo skutečnost, že existují příklady dnů s nepříznivým počasím, ve kterých nehodovost naopak poklesla. Na první pohled paradoxní jev se dá vyložit třeba tím, že řidiči vědomi si zhoršených podmínek, věnovali řízení větší pozornost a neriskovali tak, jak by tomu mohlo být za hezčího počasí. Neméně významný prvek, který komplikuje již zmiňovanou kvantifikaci, je fakt, že vliv počasí je jedním z mnoha vlivů na nehodovost, mezi nimiž hraje významnou roli lidský činitel ale také i denní doba nebo den v týdnu či jiné faktory ovlivňující hustotu provozu. Po uvážení těchto všech souvislostí je tedy zřejmé, že nebylo možné předpokládat zjištění silné závislosti pouze na počasí, resp. meteorologických podmínkách. Na druhou stranu, byla-li zjištěna nějaká, třeba i slabá, závislost vyjádřená koeficientem korelace, lze říci, že daný jev související s počasím hraje nezanedbatelnou roli v konečných číslech nehodovosti a jeho další zkoumání má tedy smysl, zvláště pak s ohledem na celková čísla dopravních nehod.

Práce prokázala závislost počtu nehod, ať už pozitivní či negativní, na vybraných meteorologických podmínkách.

## 10 POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

- [1] Svobodová, I.: Fyzickogeografické poměry míst častých dopravních nehod, Diplomová práce, Olomouc 2006
- [2] Andres, J.: Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod, Centrum dopravního výzkumu, Brno 2001
- [3] Minaříková, L.: Návrh opatření ke snížení nehodovosti na území města Hradec Králové, Diplomová práce, Pardubice 2011
- [4] Hýsek, P.: Návrh opatření na snížení nehodovosti v okrese Pardubice, Diplomová práce, Pardubice 2008
- [5] Porada, V.: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi, Linde, Praha 2000
- [6] Chmelík, J. a kol.: Dopravní nehody, Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., Plzeň 2009
- [7] Meteorologický slovník výkladový a terminologický, Ministerstvo životního prostředí, Academia, Praha 1993
- [8] Sochacká, J.: Meteorologické podmínky měření, Semestrální práce, Pardubice 2011
- [9] Pešová, J.: Využití PWAT pro predikci bouřek, Bakalářská práce, Brno 2008
- [10] Meloun, M.; Militký, j.; Hill, M.: Počítačová analýza vícerozměrných dat v příkladech, Academia, Praha 2005
- [11] Newstead, S.; D'Elia, A.: An investigation into the relationship between vehicle colour and crash risk, Monash University, Accident Research Centre, 2007
- [12] Ekram, A.-A. M. Y.: Reduced visibility related crashes in Florida: Crash characteristics, spatial analysis and injury severity, Bangladesh University of Engineering and Technology, 2006
- [13] Hudec, F.: Synoptická meteorologie – přednášky z vyučovaného předmětu, Fakulta vojenských technologií, Univerzita Obrany, Brno 2007
- [14] Whiffen, B.; Delannoy, P.; Siok, S.: Fog: Impact on Road Transportation and Mitigation Options, National Highway Visibility Conference, Canada 2002
- [15] Buckley, R. L.; Hunter, C. H.: Atmospheric modeling in support of a roadway accident, Savannah River National Laboratory, Aiken
- [16] Řezáčová, D.; Novák, P.; Kašpar, M.; Setvák, M.: Fyzika oblaků a srážek, Academia, Praha 2007

- [17] Saunders, C. P. R.: A review of thunderstorm electrification process, J. Appl. Meteor. 32 1993
- [18] Krejčí, J.: Vojenská meteorologie, Učebnice, Tiskárna Ministerstva Národní Obrany, 1986
- [19] Autoklub České republiky ACCR [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <[http://www.autoklub.cz/show.php?page=acr/autoskoly/dopr\\_nehodovost/index.htm&asoc=14](http://www.autoklub.cz/show.php?page=acr/autoskoly/dopr_nehodovost/index.htm&asoc=14)>
- [20] Science Direct Elsevier B.V. [online]. [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033350697000115>>
- [21] Vysoudil, M.: Meteorologie a klimatologie, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Olomouc 2006
- [22] Blatná, D.: Metody statistické analýzy, Bankovní institut vysoká škola, Praha 2005
- [23] Otipka, P.; Šmajstrla, V.: Pravděpodobnost a statistika, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, ISBN 80-248-1194-4
- [23] Milan Meloun – oficiální stránky [online]. [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <[http://meloun.upce.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=33&Itemid=52](http://meloun.upce.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=33&Itemid=52)>
- [24] Hančlová, J.; Tvrdý, L.: Úvod do analýzy časových řad, Ekonomická fakulta, VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2003
- [25] Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v ČR za rok 2010, Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia ČR, Praha 2011
- [26] Adamec, V. a kol.: Doprava, zdraví a životní prostředí, Grada, Praha 2008
- [27] Centrum dopravního výzkumu Brno [online]. [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <<http://www.cdv.cz>>
- [28] Expert Law - Your Source for Legal Information. [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <<http://www.expertlaw.com/library/car-accidents/weather-conditions.html>>
- [29] Český statistický úřad Pardubice [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <<http://www.pardubice.czso.cz>>
- [30] Sochacká, J.: Mlhy, inverze a smog ve vztahu k dopravě, Seminární práce, Pardubice 2011
- [31] Ředitelství silnic a dálnic Praha [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <<http://www.rsd.cz>>

- [32] Joe Harrison's Blargg! [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z:  
<<http://attackoftheblargg.blogspot.com/2011/01/rain-traffic.html>>
- [33] Ministerstvo vnitra ČR Praha [online]. [cit. 2012-03-30]. Dostupné z:  
<<http://www.mvcr.cz>>
- [34] Letiště Pardubice [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z:  
<<http://www.airport-pardubice.cz>>
- [35] Šikulová, M.; Karpíšek, Z.: Pravděpodobnost a matematická statistika, VUT,  
5. vydání, Brno 1996
- [36] Policie České republiky [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z:  
<<http://www.policie.cz/clanek/setreni-dopravni-nehody-65261.aspx>>
- [37] Ceskedalnice.cz [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z:  
<<http://www.ceskedalnice.cz/image/mapa-velka.gif>>
- [38] Mapy Google [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <[www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz)>

## 11 SEZNAMY

### 11.1 Seznam obrázků

Obr. 1 Meteorologické žaluziové budky [autorka] .....	12
Obr. 2 Sestava PA-21 [M. Pančenko] .....	13
Obr. 3 Vlastní zařízení PA-50 [M. Pančenko] .....	13
Obr. 4 Čidlo HUMICAP [M. Pančenko] .....	14
Obr. 5 Anemometr WA [autorka] .....	16
Obr. 6 Automatický srážkoměr SR 49 (pohled shora) [M. Pančenko] .....	17
Obr. 7 Srážkoměr SR 49 (pohled ze strany) [M. Pančenko] .....	17
Obr. 8 Vnitřní část srážkoměru SR 49 (ve středu člunkové čidlo) [M. Pančenko] .....	18
Obr. 9 Simpsonův model a schématické rozložení elektrických nábojů v Cumulonimbu [9] .....	24
Obr. 10 Ukázka intenzivních srážek a jejich vlivu na dohlednost [32] .....	28
Obr. 11 Administrativní rozdělení okresu Pardubice k 1.1.2008 [29] .....	59
Obr. 12 Mapa okresu Pardubice [38] .....	60
Obr. 13 Síť dálnic a rychlostních silnic v České republice k 1.1.2012 [37] .....	60
Obr. 14 Mapa umístění letiště v Pardubicích vzhledem k městu Pardubice [38] .....	61
Obr. 15 Umístění místa meteorologických měření na Letišti Pardubice (červená tečka) [38] .....	62

### 11.2 Seznam grafů

Graf 1 Vývoj počtu nehod a jejich následků 1990-2010 [19] .....	56
Graf 2 Průběh počtu nehod a srážek v měsíci říjnu v roce 2010 – (AČŘ) .....	70
Graf 3 Průběh počtu nehod a srážek v listopadu v roce 2010 .....	71
Graf 4 Průběh počtu nehod a srážek v prosinci roku 2010 .....	71
Graf 5 Průběh počtu nehod a srážek v měsíci lednu v roce 2011 .....	72
Graf 6 Průběh počtu nehod a srážek v měsíci únoru v roce 2011 .....	72
Graf 7 Regresní analýza celkového počtu nehod a úhrnu srážek .....	74
Graf 8 Počet nehod vzhledem ke ztíženým podmínkám v chladných měsících (regresní analýza) .....	75
Graf 9 Celkový počet nehod ve dnech se ztíženými podmínkami vzhledem k úhrnu srážek .....	77
Graf 10 Počet nehod vzhledem ke ztíženým podmínkám – celá databáze (regresní analýza) .....	78
Graf 11 Lineární regrese počtu nehod za ztížených podmínek a úhrnu srážek .....	79
Graf 12 Analýza dvou časových řad: nehody/srážky .....	80
Graf 13 Analýza dvou časových řad: nehody/srážky .....	80
Graf 14 Analýza dvou časových řad: nehody ve dnech se ztíženými podmínkami/výška nového sněhu .....	81
Graf 15 Sloupcový graf na časové řadě: nehody/srážky/sníh .....	82
Graf 16 Sloupcový graf na časové řadě: nehody/srážky/sníh .....	82
Graf 17 Sloupcový graf na časové řadě: nehody/srážky/teplota/bouřky .....	83
Graf 18 Celkový počet nehod vzhledem k obodovaným srážkám a mlhám .....	84
Graf 19 Nehody vzhledem ke srážkám 29.11.2010 .....	85

Graf 20 Nehody vzhledem ke srážkám 3.2.2011 .....	86
---	----

### 11.3 Seznam tabulek

Tab. 1 Výklad síly korelace dle Cohena (1988) .....	47
Tab. 2 Statistika nehod roku 2010 s rokem 2009 [19].....	50
Tab. 3 Přehled viníků a zavinění nehod [19] .....	51
Tab. 4 Hlavní příčiny nehod řidičů motorových vozidel [19] .....	51
Tab. 5 Deset nejčtenějších příčin nehod řidičů [19] .....	51
Tab. 6 Počet nehod v jednotlivých měsících roku 2011 [19] .....	52
Tab. 7 Hlavní příčiny nehod řidičů motorových vozidel [19] .....	52
Tab. 8 Nejčtenější příčiny nehod řidičů [19] .....	53
Tab. 9 Nehodovost v jednotlivých krajích [19] .....	53
Tab. 10 Počet nehod a následků – Pardubický kraj [19] .....	54
Tab. 11 Počet nehod u ukazatelů, který byl vyšší než v předcházejícím roce [19] .....	54
Tab. 12 Počet nehod u ukazatelů, který byl nižší než v předcházejícím roce [19].....	55
Tab. 13 Viníci nehod [19].....	55
Tab. 14 Hlavní příčiny nehod [19].....	57
Tab. 15 Nehody chodců podle jejich kategorie [19].....	58
Tab. 16 Vybrané parametry popisující nehodovou událost [databáze nehod].....	65
Tab. 17 Hodnoty kovariancí a korelačních koeficientů .....	69
Tab. 18 Charakteristiky polohy v chladných měsících.....	73
Tab. 19 Charakteristiky polohy v teplých měsících .....	76
Tab. 20 Průměrné teploty.....	76
Tab. 21 Charakteristiky polohy .....	78

### 11.4 Seznam zkratk

QNH - Question Nil Height  
 NMJ – nebezpečné meteorologické jevy  
 Cb – cumulonimbus (druh oblačnosti)  
 HHK – horní hladina konvekce  
 ABS – Anti-Blocking System (Protiblokovací systém)  
 ESP – Electronic Stability Programme (elektronický stabilizační program)  
 EDS - Elektronische-Differenzial-Sperre (elektronická uzávěrka diferenciálu)  
 MSR - Motor Schlepplmoment Regelung (regulace brzdného momentu)  
 ASR - Anti Skid Regulation (automatický protiprokluzový systém)  
 BA – Brake Assist (brzdový asistent)  
 DSR – Driver Steering Recommendation  
 ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav  
 MNČ – metoda nejmenších čtverců  
 ČŘ – časové řady  
 ČR – Česká republika  
 EBA – East Bohemian Airport  
 LPH – letecké provozní hmoty  
 MCTR – military CTR (vojenská řízená oblast)  
 AČŘ – analýza časových řad

## 12 PŘÍLOHY

### Příloha č. 1 – databáze chladných měsíců

datum	celk.počet nehod	celk.počet nehod-neztížené	celk.počet nehod alespoň 1x ztížené	počet nehod-ztížené	nehody neztížené ve ztížených	úhrn srážek bez sněžení	úhrn srážek	nový sníh	mlha	suma H+I+J	SUMA G+I+J	smíšené srážky	mrznoucí srážky	ledovka	průměrná denní teplota	přízemní minimální	suma I+N+O
1.10.10	0	0	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				6,2	-1,6	0,0
2.10.10	7	7	0		0	0,0	0,0	0,0	1	1,0	1,0				10	-2	0,0
3.10.10	6	6	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				11	7,3	0,0
4.10.10	6	6	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				12,3	4,9	0,0
5.10.10	6	6	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				12,6	11,1	0,0
6.10.10	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				13,3	10,5	0,0
7.10.10	5	5	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				12	8,8	0,0
8.10.10	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				10,8	0,3	0,0
9.10.10	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				8,5	-0,4	0,0
10.10.10	1	1	0		0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0				5,7	-4,2	0,0
11.10.10	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				4,7	-4,8	0,0
12.10.10	7	7	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				5,2	-4,8	0,0
13.10.10	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0	2	2,0	2,0				3,6	-4,3	0,0
14.10.10	4	4	0		0	0,0	0,0	0,0	2	2,0	2,0				4,7	-5,8	0,0
15.10.10	8	8	0		0	0,8	0,8	0,0		0,8	0,8				8,2	4,4	0,0
16.10.10	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				8,3	4,2	0,0
17.10.10	4		4	1	3	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				6,7	1,7	0,0
18.10.10	1	1	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				6,4	1,3	0,0
19.10.10	4	4	0		0	0,7	0,7	0,0		0,7	0,7				7,1	4,4	0,0
20.10.10	5		5	2	3	5,6	5,6	0,0		5,6	5,6				6	1,6	0,0
21.10.10	4	4	0		0	0,3	0,3	0,0		0,3	0,3				4,8	1,7	0,0
22.10.10	5	5	0		0	0,1	0,1	0,0		0,1	0,1				4,4	-5,8	0,0
23.10.10	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				6,9	-6,2	0,0
24.10.10	2		2	1	1	0,2	0,2	0,0		0,2	0,2				7,5	4,9	0,0
25.10.10	6	6	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				5,3	-0,6	0,0
26.10.10	3		3	1	2	0,1	0,1	0,0		0,1	0,1				2	-1,1	0,0
27.10.10	8	8	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				1,5	-9,1	0,0
28.10.10	1	1	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				4,5	-5,2	0,0
29.10.10	5	5	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				6,1	-5	0,0
30.10.10	5	5	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				4,4	-5,6	0,0
31.10.10	1	1	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				8,7	-5,2	0,0
1.11.10	4	4	0		0	0,1	0,1	0,0		0,1	0,1				9,9	0,8	0,0
2.11.10	4	4	0		0	0,0	0,0	0,0	2	2,0	2,0				8,2	3	0,0
3.11.10	2	2	0		0	0,3	0,3	0,0		0,3	0,3				11,2	0,5	0,0
4.11.10	4		4	1	3	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				15,8	9,9	0,0
5.11.10	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				14,7	10,2	0,0
6.11.10	4		4	1	3	5,7	5,7	0,0		5,7	5,7				11,3	10,7	0,0
7.11.10	1		1	1	0	1,7	1,7	0,0		1,7	1,7				9,4	6,5	0,0
8.11.10	4		4	3	1	6,3	6,3	0,0	2	8,3	8,3				5,4	4	0,0
9.11.10	5		5	2	3	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				7,5	-0,3	0,0

10.11.10	3		3	1	2	1,0	1,0	0,0	0	1,0	1,0				4,1	1,9	0,0
11.11.10	4		4	1	3	6,4	6,4	0,0	0	6,4	6,4				6,2	0,6	0,0
12.11.10	9		9	3	6	3,6	3,6	0,0		3,6	3,6				10,7	2,1	0,0
13.11.10	3		3	1	2	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				14,1	7,7	0,0
14.11.10	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				9,3	5,3	0,0
15.11.10	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0	1	1,0	1,0				7,8	0,6	0,0
16.11.10	7		7	2	5	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				8,5	8	0,0
17.11.10	2		2	2	0	0,4	0,4	0,0	0	0,4	0,4				7,5	6,5	0,0
18.11.10	4		4	4	0	0,7	0,7	0,0		0,7	0,7				8,1	7,3	0,0
19.11.10	9		9	5	4	6,3	6,3	0,0		6,3	6,3				3,3	-2,6	0,0
20.11.10	3		3	2	1	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				3,7	2,1	0,0
21.11.10	2	2	0		0	0,1	0,1	0,0	2	2,1	2,1				5,6	-5,3	0,0
22.11.10	2		2	1	1	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				8,5	7	0,0
23.11.10	5		5	2	3	0,9	0,9	0,0		0,9	0,9				3,2	3,7	0,0
24.11.10	2		2	2	0	0,0	3,0	0,2		3,2	0,2	1			1,8	2	0,2
25.11.10	4		4	1	3	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				0,1	-4,3	0,0
26.11.10	6		6	2	4	0,0	2,5	2,0		4,5	2,0				-0,1	-6,3	2,0
27.11.10	6		6	6	0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-4,1	-1,8	0,0
28.11.10	3		3	2	1	0,0	4,4	3,0		7,4	3,0				-2,3	-11,8	3,0
29.11.10	11		11	11	0	0,0	3,2	9,0	0	12,2	9,0				-2,5	-1,5	9,0
30.11.10	3		3	3	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-6	-6,2	0,2
1.12.10	4		4	4	0	0,0	9,4	10,0		19,4	10,0				-7,2	-8,5	10,0
2.12.10	9		9	9	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-12,1	-10,1	0,2
3.12.10	3		3	2	1	1,0	1,0	0,0		1,0	1,0				-10	-21,3	0,0
4.12.10	1		1	1	0	1,0	1,0	0,0	0	1,0	1,0				-11,4	-20,7	0,0
5.12.10	3		3	3	0	0,0	0,7	2,0		2,7	2,0				-7,3	-19,3	2,0
6.12.10	7		7	7	0	0,0	3,0	1,0		4,0	1,0				-1	-4,9	1,0
7.12.10	4		4	4	0	4,5	4,5	0,0	0	4,5	4,5	1			0,4	-0,7	1,0
8.12.10	7		7	7	0	0,0	0,1	0,2	0	0,3	0,2				1	0,1	0,2
9.12.10	6		6	6	0	0,0	0,7	1,0		1,7	1,0				-0,9	-2,5	1,0
10.12.10	7		7	7	0	0,0	1,2	3,0		4,2	3,0				-3	-5,1	3,0
11.12.10	7		7	7	0	0,0	3,5	0,2		3,7	0,2				2,3	-4,5	0,2
12.12.10	2		2	2	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				0,8	1,1	0,2
13.12.10	4		4	2	2	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-4,7	-3,9	0,2
14.12.10	8		8	8	0	0,0	0,9	2,0		2,9	2,0				-4,3	-6,4	2,0
15.12.10	4		4	4	0	0,0	1,0	3,0		4,0	3,0				-9,8	-4,4	3,0
16.12.10	7		7	7	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-11,8	-13,6	0,2
17.12.10	3		3	3	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-6,1	-1,8	0,2
18.12.10	3		3	3	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-8,6	-12,8	0,2
19.12.10	2		2	2	0	0,0	0,1	0,2		0,3	0,2				-4	-16,1	0,2
20.12.10	4		4	4	0	0,0	0,9	1,0		1,9	1,0	1			0,6	-3,5	2,0
21.12.10	6		6	6	0	0,1	0,1	0,0		0,1	0,1				-0,9	-5,4	0,0
22.12.10	5		5	3	2	0,0	0,0	0,0	2	2,0	2,0				-0,3	-7,1	0,0
23.12.10	4		4	4	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0				0,1	-5,3	0,0
24.12.10	3		3	3	0	0,0	4,4	2,0	2	8,4	4,0				0,6	-3,1	2,0
25.12.10	4		4	4	0	0,0	0,6	1,0		1,6	1,0				-3,7	-1,8	1,0
26.12.10	3		3	3	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-7,9	-8,9	0,2
27.12.10	4		4	4	0	0,0	1,4	4,0		5,4	4,0				-6,3	-12,5	4,0
28.12.10	4		4	4	0	0,0	0,2	1,0		1,2	1,0				-4,9	-7,5	1,0
29.12.10	1		1	1	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-7,6	-12,2	0,2
30.12.10	4		4	3	1	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-10,5	-10,2	0,2
31.12.10	2		2	2	0	0,0	0,1	0,2	0	0,3	0,2				-7,2	-11,7	0,2
1.1.11	6		6	3	3	0,0	0,0	4,0		4,0	4,0				0	-5,8	4,0
2.1.11	2		2	2	0	0,0	0,3	3,0		3,3	3,0				-0,4	-0,5	3,0
3.1.11	3		3	2	1	0,0	0,0	4,0		4,0	4,0				-2,1	-4,4	4,0
4.1.11	1		1	1	0	0,0	0,0	4,0		4,0	4,0				-9,1	-14,6	4,0
5.1.11	5		5	3	2	0,0	0,0	4,0		4,0	4,0				-4,5	-12,5	4,0
6.1.11	5		5	4	1	0,0	2,5	3,0		5,5	3,0		1		-1,2	-8,7	4,0
7.1.11	2		2	1	1	0,0	1,1	1,0		2,1	1,0	1	1		3	-0,1	3,0
8.1.11	2		2	2	0	0,0	2,4	0,2		2,6	0,2	1	1		2,8	0	2,2



9.1.11	3		3	3	0	0,0	4,0	0,2		4,2	0,2			1	2	-2,2	1,2
10.1.11	0	0	0		0	0,0	0,5	0,2		0,7	0,2				2	-2,7	0,2
11.1.11	0	0	0		0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				3,1	1,1	0,2
12.1.11	3		3	3	0	4,7	4,7	0,0		4,7	4,7				4	1	0,0
13.1.11	3		3	3	0	3,1	3,1	0,0		3,1	3,1				5,4	2,2	0,0
14.1.11	4		4	3	1	6,6	6,6	0,0		6,6	6,6				9,7	4,8	0,0
15.1.11	3		3	3	0	2,4	2,4	0,0		2,4	2,4				6,8	6,6	0,0
16.1.11	5		5	2	3	1,0	1,0	0,0	1	2,0	2,0				3,7	1,8	0,0
17.1.11	7		7	6	1	0,0	0,0	0,0	1	1,0	1,0				-0,2	-6,3	0,0
18.1.11	4		4	3	1	0,3	0,3	0,0	1	1,3	1,3				1,8	-2,6	0,0
19.1.11	1		1	1	0	0,8	0,8	0,0	1	1,8	1,8	1			1,4	-1,3	0,0
20.1.11	2		2	2	0	0,0	0,2	1,0		1,2	1,0				0,2	-1,7	1,0
21.1.11	5		5	2	3	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-1,3	-2,4	0,2
22.1.11	1	1	0		0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-2,8	-4,1	0,2
23.1.11	0	0	0		0	0,3	0,3	0,0		0,3	0,3				-1,7	-6,5	0,0
24.1.11	4		4	2	2	0,0	1,0	2,0		3,0	2,0				-2,6	-6,9	2,0
25.1.11	7		7	7	0	0,0	3,4	2,0		5,4	2,0	1			0,8	-3,1	2,0
26.1.11	8		8	8	0	0,0	0,7	2,0		2,7	2,0				-0,1	-2,6	2,0
27.1.11	1		1	1	0	0,0	0,0	1,0		1,0	1,0				-0,2	-1,5	1,0
28.1.11	6	6	0		0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-4,7	-10	0,2
29.1.11	4	4	0		0	1,0	1,0	0,0		1,0	1,0				-5,5	-12,9	0,0
30.1.11	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-7,6	-13,2	0,0
31.1.11	7		7	4	3	1,0	1,0	0,0	1	2,0	2,0				-8,9	-13,9	0,0
1.2.11	2		2	1	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0				-6,4	-12,2	0,0
2.2.11	1		1	1	0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-4,4	-6,7	0,2
3.2.11	12		12	7	5	0,0	1,4	2,0		3,4	2,0				-1,9	-3,8	2,0
4.2.11	8		8	8	0	0,0	0,3	0,2		0,5	0,2	1			3,5	-1,2	0,2
5.2.11	4	4	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				7,5	3,7	0,0
6.2.11	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				7,4	6,4	0,0
7.2.11	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				1,2	-6,4	0,0
8.2.11	5		5	1	4	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				2,9	-6,6	0,0
9.2.11	5		5	3	2	1,0	1,0	0,0		1,0	1,0				0,2	-6,1	0,0
10.2.11	2	2	0		0	1,3	1,3	0,0		1,3	1,3				1	-8,9	0,0
11.2.11	1		1	1	0	5,9	5,9	0,0		5,9	5,9				7,3	-3,5	0,0
12.2.11	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-1	-2	0,0
13.2.11	3		3	1	2	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				0	-6	0,2
14.2.11	6		6	1	5	0,0	0,1	0,2		0,3	0,2				0	-0,7	0,2
15.2.11	1	1	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				0,5	-1,3	0,0
16.2.11	0	0	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				0,1	-1,3	0,0
17.2.11	4		4	1	3	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				2,4	0,3	0,0
18.2.11	0	0	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				2	0,1	0,0
19.2.11	1	1	0		0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-1,1	-0,5	0,2
20.2.11	2	2	0		0	0,0	0,0	0,2		0,2	0,2				-6,2	-4,9	0,2
21.2.11	5		5	1	4	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-8,3	-11,6	0,0
22.2.11	6	6	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-8,8	-15	0,0
23.2.11	4	4	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-9,1	-12,8	0,0
24.2.11	5	5	0		0	1,0	1,0	0,0		1,0	1,0				-8,1	-17,5	0,0
25.2.11	6	6	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-6	-17,2	0,0
26.2.11	2	2	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				-2,5	-12,8	0,0
27.2.11	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0				1,7	-10,1	0,0
28.2.11	3	3	0		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				2,9	-6,9	0,0

## Příloha č. 2 – databáze teplých měsíců

datum	celk.počet nehod	celk.počet nehod-neztížené	celk.počet nehod alespoň 1x ztížené	počet nehod-ztížené	nehody neztížené ve ztížených	úhrn srážek bez sněžení	úhrn srážek	mlha	bouřka	blyskavice	vzdálená bouřka	průměrná denní teplota	průměrná minimální
1.3.11	2		2	1	1		1,0					0,7	-7,1
2.3.11	10	10			0		0,0					-1,3	-11,5
3.3.11	2		2	1	1		1,0					1,3	-7,8
4.3.11	2	2			0		0,0					-0,8	-9,4
5.3.11	5	5			0		0,0					1,7	-10
6.3.11	2	2			0		0,0					0,3	-3,4
7.3.11	2	2			0		0,0					-2,6	-12,2
8.3.11	4	4			0		0,0					-0,9	-12,7
9.3.11	3	3			0		0,1					4,1	-11,1
10.3.11	3		3	2	1		0,2					6,1	0,5
11.3.11	6	6			0		0,0					8,8	4,3
12.3.11	0	0			0		0,0					6,9	-4,7
13.3.11	0	0			0		0,0					9,1	-5
14.3.11	0	0			0		0,0					6	-3,7
15.3.11	9	9			0		0,0					8,2	-4
16.3.11	5		5	3	2		4,0					11	0,9
17.3.11	3		3	1	2		5,1					10,3	8,5
18.3.11	10		10	9	1		5,9					3,3	3,1
19.3.11	2		2	1	1		0,0					3,3	2,2
20.3.11	4	4			0		0,0					2,9	-7,2
21.3.11	8	8			0		0,0					2,9	-7,1
22.3.11	5	5			0		0,0					5,8	-6,9
23.3.11	5		5	1	4		0,0					7,1	-3,5
24.3.11	5	5			0		0,0					8,5	-1,3
25.3.11	7	7			0		0,0					7,3	-1,2
26.3.11	2		2	1	1		0,1					5,5	3,8
27.3.11	1	1			0		0,0					3,3	-5,7
28.3.11	6		6	1	5		0,0					6,5	-5,6
29.3.11	7	7			0		0,0					6,2	-6,4
30.3.11	4	4			0		0,1					8,4	-5,4
31.3.11	5		5	2	3		3,2					11,2	-2
1.4.11	4	4			0		0,0					13,5	9,4
2.4.11	2		2	4	-2		0,0					12,3	5,4
3.4.11	3	3			0		0,0					13,9	1,3
4.4.11	1	1			0		2,6					8,2	4
5.4.11	6	6			0		0,0					9,7	-1
6.4.11	2	2			0		0,0					14,3	5,6
7.4.11	6	6			0		0,0					17,1	11,4
8.4.11	3	3			0		0,0					12,5	5,8
9.4.11	4	4			0		0,0					9,7	6,4
10.4.11	1	1			0		0,0					12,1	-3,7
11.4.11	6	6			0		0,0					12,2	8,2
12.4.11	4		4	1	3		0,5					8,9	2,2

13.4.11	5		5	2	3		2,9					4,9	1,6
14.4.11	5	5			0		0,0					6,3	3,9
15.4.11	4	4			0		0,2					5,8	3,4
16.4.11	1	1			0		0,0					7,7	-5,4
17.4.11	3	3			0		0,0					9,2	-2,2
18.4.11	2	2			0		0,0					8,9	-4,4
19.4.11	6	6			0		0,0					12,1	-3,5
20.4.11	4	4			0		0,0					12,7	-2,5
21.4.11	3	3			0		0,0					15,5	-1,2
22.4.11	9	9			0		0,0					15,5	-0,4
23.4.11	4	4			0		0,0					18,4	0,7
24.4.11	0	0			0		0,0					15,5	2,4
25.4.11	5		5	2	3		2,9					10,6	-0,8
26.4.11	6		6	3	3		0,7					11,1	2,4
27.4.11	3		3	1	2		5,7		1			13,6	6,7
28.4.11	3		3	1	2		0,1			1		14,1	5,7
29.4.11	6	6			0		0,0			1		15	3,8
30.4.11	5		5	2	3		1,2		1	1		12,7	1,4
1.5.11	4	4			0		0,0					11,1	4,7
2.5.11	4	4			0		3,4					11,7	-0,7
3.5.11	5		5	3	2		8,4					3,9	1,2
4.5.11	3	3			0		0,0					5,7	-5,4
5.5.11	3		3	1	2		0,0					5	-4,7
6.5.11	9	9			0		0,0					10,8	-4,7
7.5.11	4	4			0		0,0					14	-2,5
8.5.11	4	4			0		0,0					13,2	-0,7
9.5.11	10		10	1	9		0,0					13,6	-1,7
10.5.11	5	5			0		0,0					15,8	1,1
11.5.11	2	2			0		0,0					17,2	3,3
12.5.11	6		6	2	4		1,5			1		15,8	5,1
13.5.11	8	8			0		0,0					11,5	10,4
14.5.11	3	3			0		11,4					14	0,6
15.5.11	2	2			0		0,1					9,8	8,7
16.5.11	5	5			0		0,0					12,2	3
17.5.11	6	6			0		0,0					14,9	8,9
18.5.11	5	5			0		0,0					17,6	7,7
19.5.11	4	4			0		0,0					19,7	6,4
20.5.11	4	4			0		0,2		1	1	1	18	7,7
21.5.11	3		3	1	2		0,0					18,6	8
22.5.11	2	2			0		13,1		1	1	1	19,5	6,4
23.5.11	3		3	1	2		0,0					17	9,7
24.5.11	1	1			0		0,0					19,6	7,7
25.5.11	4	4			0		0,0					13,8	6,7
26.5.11	7	7			0		5,6		1	1	1	20,2	1,5
27.5.11	5		5	4	1		11,7				1	13,9	14,6
28.5.11	1		1	1	0		0,1					12,4	9,9
29.5.11	3	3			0		0,0					16,6	4
30.5.11	4	4			0		0,0					20,1	7,1
31.5.11	3	3			0		0,0					22,1	10,7
1.6.11	2		2	1	1		0,0		1		1	17,3	10,4
2.6.11	5	5			0		0,0					17,4	11,2
3.6.11	7	7			0		0,0					21,6	13,9
4.6.11	6	6			0		0,0					22,1	9,1
5.6.11	8		8	2	6		0,0					23,4	12
6.6.11	2	2			0		1,4					23,2	15,5
7.6.11	5	5			0		0,0					22,2	11,1
8.6.11	2	2			0		25,6				1	21,1	18,3
9.6.11	3		3	2	1		0,0					15,5	11,6
10.6.11	12	12			0		0,0					16,4	8,3
11.6.11	0	0			0		0,0					18,4	5,8

12.6.11	3		3	2	1	0,6					15,1	14
13.6.11	8	8			0	0,0					18,6	5,2
14.6.11	10	10			0	0,0					18,4	14,3
15.6.11	6	6			0	0,0					20,8	12,7
16.6.11	2	2			0	1,2					20,9	13,6
17.6.11	6	6			0	0,6					18,7	15,7
18.6.11	2		2	1	1	1,3					17,3	12,8
19.6.11	2	2			0	0,4					15	9,4
20.6.11	5	5			0	0,3					15,2	10,7
21.6.11	8		8	6	2	13,0		1		1	16,5	12,7
22.6.11	4	4			0	17,7		1	1	1	20,9	11,6
23.6.11	4	4			0	0,1					19,4	13
24.6.11	9	9			0	3,4				1	15,4	9
25.6.11	2	2			0	2,0					14	6,9
26.6.11	1	1			0	0,0					16,4	12
27.6.11	3	3			0	0,0					19,8	8,8
28.6.11	7	7			0	0,0					20,9	7,2
29.6.11	2	2			0	0,0					21,2	7,5
30.6.11	6	6			0	0,0				1	17,3	10,9
1.7.11	5	5			0	0,0					15,6	10,7
2.7.11	2	2			0	1,7					14,3	9,7
3.7.11	3		3	3	0	7,1					13,2	10
4.7.11	5		5	2	3	0,3					15,8	13,6
5.7.11	1	1			0	1,2					17,7	13,5
6.7.11	4	4			0	0,0					20,3	6,9
7.7.11	1	1			0	0,0					23,2	11,6
8.7.11	1	1			0	0,1					19,2	14,8
9.7.11	3	3			0	7,9					24,2	10,8
10.7.11	1		1	1	0	20,7		1	1	1	23,2	15,8
11.7.11	5		5	1	4	0,0		1	1	1	18,5	17,3
12.7.11	4	4			0	0,0					19,9	8,8
13.7.11	8		8	3	5	27,2		1	1	1	21,4	14,7
14.7.11	5		5	1	4	0,5		1	1	1	18,8	17
15.7.11	6	6			0	0,0					18	12,2
16.7.11	3	3			0	0,0					19,1	10,5
17.7.11	0	0			0	5,8					24,7	9,9
18.7.11	3	3			0	0,1					16,3	13,1
19.7.11	7	7			0	0,0					21,3	9
20.7.11	3	3			0	23,3					19,4	15
21.7.11	9		9	8	1	37,7					14,2	13,8
22.7.11	5		5	4	1	0,1					14	12,8
23.7.11	5	5			0	0,0					16,6	8,2
24.7.11	6	6			0	0,0					15,9	8,6
25.7.11	6	6			0	0,2					17,7	10,2
26.7.11	6		6	1	5	0,2					15,8	13,8
27.7.11	2	2			0	0,0					19,4	13,9
28.7.11	4	4			0	0,0				1	19,1	10,6
29.7.11	3	3			0	1,2					17,9	12
30.7.11	1	1			0	7,3					14,2	12,7
31.7.11	5		5	2	3	1,7					14,5	13,2