

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

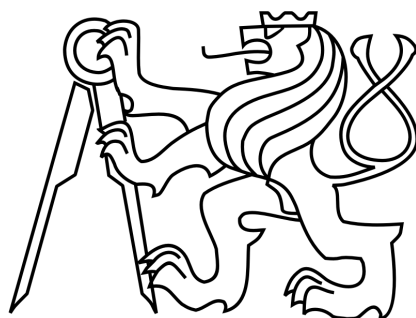
Ing. Zuzana Hynoušová

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Obor: Ekonomika a řízení elektrotechniky



**Analýza elektrické aktivity v ovzduší zaměřená  
na ekonomické využití v pojišťovnictví**

Diplomová práce

Autorka: Ing. Zuzana Hynoušová

Vedoucí práce: RNDr. Kateřina Staňková Helisová, Ph.D.

2013

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Hynoušová Zuzana

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management  
Obor: ekonomika a řízení elektrotechniky

Název tématu: Analýza elektrické aktivity v ovzduší zaměřená na ekonomické využití  
v pojišťovnictví

Pokyny pro vypracování:

- výběr vhodných analytických metod
- získání hydrometeorologických údajů o výskytu blesku na území ČR a reálných dat z pojišťovny, týkajících se pojistných událostí, způsobených zásahem blesku
- aplikace vybraných metod na základě získaných dat
- odvození ekonomických závěrů užitečných v pojišťovnické praxi

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucí DP.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Kateřina Staňková Helisová, Ph.D. – ČVUT FEL, K 13101

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2013/2014



Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.  
vedoucí katedry

*M. Dvulom*  
Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 15.11.2012

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Analýza elektrické aktivity v ovzduší zaměřená na ekonomické využití v pojišťovnictví“ vypracovala samostatně a v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů pro vypracování závěrečných prací a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Praze dne .....

.....

*Ing. Zuzana Hynoušová*

## **Poděkování**

Ráda bych zde poděkovala RNDr. Kateřině Staňkové Helisové, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce, cenné rady a za ochotu vždy poradit.

Mé další poděkování patří Ing. Janu Řezníčkovi ze společnosti Generali Pojišťovna a.s. za poskytnutí dat o reálných pojistných událostech způsobených zásahem blesku. Stejně tak děkuji ČHMÚ zastoupenému RNDr. Petrem Novákem, Ph.D. za poskytnutí hydrometeorologických dat týkajících se bleskové aktivity v ovzduší nad územím České republiky. Děkuji oběma, že mi tak umožnili zpracovat v rámci této diplomové práce reálný problém z praxe.

## **Abstrakt**

Diplomová práce je věnována analýze bleskové aktivity v ovzduší nad územím České republiky směřující k vyvození ekonomických závěrů užitečných v pojišťovnické praxi. Cílem diplomové práce je získání a analýza hydrometeorologických údajů o výskytu blesků a reálných dat pojišťovny o pojistných událostech způsobených bleskem a sestavení analogie povodňové mapy, tj. mapy bleskové. Práce je rozdělena do dvou částí. První část se zabývá teoretickým vymezením oblastí, jichž se tato práce dotýká. Jedná se o oblast pojištění a pojišťovnictví, meteorologie a elektrotechniky, prostorové statistiky a informatiky. Z těchto oblastí čerpá část druhá – aplikační – obsahující především popis a zpracování poskytnutých dat. Závěr předkládá v pojišťovnictví reálně využitelné poznatky, které byly během zpracování této diplomové práce získány.

**Klíčová slova:** blesk, bodový proces, GIS, pojistná událost, stochastická geometrie

## **Abstract**

This thesis deals with the analysis of lightning activity in the atmosphere over the Czech Republic focusing on the economic application of its results in insurance practice. The aim of this thesis is to obtain and analyze hydrometeorological data of the occurrence of lightning and real data of an insurance company relating to insurance claims caused by lightning and to draw an analogy of the flood map – the lightning map. The thesis is divided into two parts. The first part deals with theoretical issues from the areas, which are relevant to this thesis. It is the area of the insurance industry, meteorology and electrical engineering, spatial statistics and geoinformatics. These areas are essential for the second – application – part especially containing the description and processing of the data provided. In the insurance industry actually usable findings obtained during the data processing are included in the conclusion part of this thesis.

**Key words:** flash, point process, GIS, insured event, stochastic geometry

# Obsah

Úvod.....	10
1 Teoretická část práce .....	12
1.1 Pojišťovnictví a pojištění .....	12
1.1.1 Pojišťovnictví a pojištění – význam pojmů .....	13
1.1.2 Pojistný trh .....	14
1.1.3 Pojistné produkty .....	17
1.2 Blesk.....	19
1.2.1 Podstata blesku .....	19
1.2.2 Typy blesků.....	24
1.2.3 Nebezpečí blesků .....	27
1.2.4 Detekce blesků.....	28
1.3 Bodové procesy jako matematický aparát pro zpracování prostorových dat.....	34
1.3.1 Objekty a grafická interpretace bodových procesů.....	34
1.3.2 Matematická formalizace bodových procesů .....	35
1.4 Vizualizace geografických a prostorových dat .....	43
1.4.1 Geoinformatika, geografické informační systémy.....	43
2 Aplikační část práce .....	48
2.1 Analyzovaná vstupní data .....	48
2.1.1 Data o pojistných událostech .....	48
2.1.2 Data o výskytu blesků.....	50
2.1.3 Data týkající se hustoty obyvatel v České republice .....	52
2.1.4 Data týkající se státních hranic a hranic krajů České republiky .....	52
2.1.5 Shrnutí vstupních dat .....	53
2.2 Zpracování dat.....	54
2.2.1 Princip analýzy vstupních dat .....	54
2.2.2 Odvození základních vztahů .....	55
2.2.3 Příprava dat do programově zpracovatelné podoby .....	67
2.2.4 Programové zpracování připravených dat .....	71
2.2.5 Vizualizace zpracovaných dat .....	79
2.3 Vyhodnocení získaných výsledků a formulace závěrů .....	83
2.3.1 Porovnání map na základě grafické vizualizace .....	84



2.3.2	Statistické vyhodnocení získaných výsledků a formulace závěrů .....	84
	Závěr .....	87
	Seznam odborné literatury a zdrojů .....	89
	Seznam obrázků .....	94
	Seznam grafů .....	95
	Seznam tabulek .....	95
	Přílohy .....	96
	Příloha 1 .....	96
	Příloha 2 .....	101
	Příloha 3 .....	105
	Příloha 4 – Jakobián .....	106
	Příloha 5 – Přesný vztah pro převod GPS E [°] z x [km] .....	106
	Příloha 6 – Programové zpracování .....	107
	Příloha 7 – Smlouva o zpracování osobních údajů .....	111
	Příloha 8 – Žádost o poskytnutí dat .....	115

# Úvod

V současné době jsou velmi často zmiňovaným a diskutovaným tématem klimatické změny, jejich příčiny a dopady na přírodu a životní prostředí. Snad nejčastěji se v této souvislosti hovoří o rostoucím objemu emisí skleníkových plynů a globálním oteplování. Příčin klimatických změn a jejich větších či menších dopadů na životní prostředí lze vyjmenovat mnoho. Pro účely této práce je však podstatné, že prostřednictvím změn v životním prostředí ovlivňuje kolísání klimatu také ekonomiku.

Názorným příkladem vlivu klimatických změn na ekonomiku může být již zmíněné globální oteplování. Růst teploty má dle některých vědeckých studií za následek zvýšenou koncentraci vodní páry v ovzduší, v důsledku čehož dochází k extrémním jevům – například silným přivalovým deštům a povodním. Českou republiku zasáhly takové povodně poprvé v roce 1997 a způsobily rozsáhlé pojistné škody. Pojišťovny tak pocítily do té doby neznámou potřebu řídit povodňové riziko. Jelikož nedisponovaly k tomuto účelu potřebnými nástroji, začaly postupně vznikat povodňové mapy identifikující pravděpodobnost výskytu povodně na území České republiky, které dnes slouží jako základ pro výpočet ceny pojistného objektu v dané lokalitě.

Tato diplomová práce vznikla s cílem rozšířit nástroje pro identifikaci rizikových oblastí České republiky z dalšího pohledu týkajícího se klimatu, a sice z pohledu bleskové aktivity v ovzduší.

Cílem této diplomové práce tedy konkrétně je získání a analýza hydrometeorologických údajů o výskytech blesků na území ČR a reálných dat pojišťovny týkajících se pojistných událostí způsobených zásahem blesku a vyvození ekonomických závěrů užitečných v pojišťovnické praxi. Z praktického pohledu je cílem práce sestavení analogie povodňové mapy, tj. v tomto případě mapy bleskové.

Definovaný cíl bude postupně realizovaný ve dvou částech práce. První část se bude zabývat teoretickým vymezením relevantní problematiky a bude členěna do čtyř základních podkapitol. První z podkapitol bude věnována pojišťovnictví a pojištění, druhá dílčí podkapitola bude přibližovat fyzikální podstatu blesku, následující podkapitola bude obsahovat vymezení matematického aparátu – především bodových procesů. Poslední,

čtvrtá, podkapitola teoretické části bude popisovat nástroje sloužící k vizualizaci a zpracování geografických dat. Druhá, aplikační, část diplomové práce pak na část teoretickou plynule naváže a aplikuje vymezené poznatky a postupy na reálná data.

Zjištěné výsledky pak budou v závěru práce využity k formulaci jednoznačného doporučení pro pojišťovnu týkajícího se vhodnosti sledovat bleskovou aktivitu v ovzduší a dle ní diferencovat cenu pojistného.

# 1 Teoretická část práce

V úvodu definovaný cíl této práce se dotýká několika teoretických oblastí a disciplín. Jedná se o oblast pojišťovnictví a pojištění, meteorologie a elektrotechniky, prostorové statistiky a informatiky.

Vhled do pojišťovnictví je potřebný z důvodu přiblížení především vlastní problematice pojištění. Poznatky meteorologie a elektrotechniky představují přínos z toho důvodu, že nabízejí popis a objasnění vlastní podstaty blesku a bleskové aktivity. Prostorová statistika a informatika pak poskytují metodiku a nástroje pro zpracování dat a vyvození důležitých nástrojů pro pojišťovnu. Schematicky zachycuje zmiňované disciplíny a jejich vztah k cíli této diplomové práce Obr. 1.

Obr. 1 - Cíl práce a teoretické disciplíny, jichž se dotýká



Zdroj: Vlastní zpracování

Následující čtyři podkapitoly jsou tedy jednotlivým oblastem věnovány. Obsahují popis a vysvětlení termínů a principů podstatných pro účely této diplomové práce.

## 1.1 Pojišťovnictví a pojištění

Pojišťovnictví a pojištění představují oblast, se kterou se lze setkat v běžném životě stejně jako v průběhu života firmy. Tyto pojmy jsou zakořeněny v širokém povědomí společnosti, nicméně pro účely této práce je přesto vhodné v úvodu práce vymežit jejich přesný obsah tak, jak jej předkládá současná odborná literatura.

### **1.1.1 Pojišťovnictví a pojištění – význam pojmů**

Pojišťovnictví a pojištění představují navzájem provázané pojmy, které lze charakterizovat ze dvou základních hledisek. Jedná se o hledisko odvětvové a hledisko finanční teorie.

#### **1.1.1.1 Pojišťovnictví a pojištění jako hospodářské odvětví**

Pojišťovnictví lze v tomto kontextu charakterizovat jako specifické odvětví ekonomiky. V rámci něj pak působí subjekty, které nabízejí portfolio pro toto odvětví typických služeb, jako je například pojišťovací činnost, šetření pojistných událostí, činnost likvidátorů pojistných událostí, odborné poradenství a další<sup>1</sup>. Představuje tedy odvětví na stejné úrovni jako například průmysl, zemědělství nebo doprava.

Pojištění lze naproti tomu vymezit jako průřezovou ekonomiku, která zasahuje do mnoha specifických odvětví<sup>2</sup>. Jedná se o prostředek kompenzace negativních důsledků nahodilých jevů. V případě vzniku škody tak pojištění slouží jako zdroj, který zajistí nahrazení vzniklé škody, a to v naturální nebo finanční podobě

Z hlediska klasifikace odvětvových činností CZ-NACE spadá pojištění do sekce 65 – Pojištění, zajištění a penzijní financování, kromě povinného sociálního zabezpečení, podsekce 65.1 – Pojištění<sup>3</sup>. Z této klasifikace plyne, že se v podmínkách českého pojistného trhu z pojištění, tak jak je chápáno ve všeobecné rovině, vyčleňuje sociální zabezpečení, rovněž se vypouští pojištění zdravotní. Pojištění se tedy v tomto kontextu týká soukromé sféry a nezahrnuje pojištění veřejné v podobě pojištění sociálního, zdravotního a jiného.

#### **1.1.1.2 Pojišťovnictví a pojištění jako předmět finanční teorie**

Teorie financí jako vědní disciplína se v obecné rovině zabývá tvorbou, rozdělováním a užitím peněžních prostředků. Ve vztahu k pojišťovnictví a pojištění vymezuje finanční teorie pouze pojem pojištění, kdy akcentuje peněžní podobu pojištění. Pojištěním se tedy

---

<sup>1</sup> Hradec, M.: Pojištění a pojišťovnictví, 2005, str. 14

<sup>2</sup> Daňhel, J.: Pojistná teorie, 2006, str. 38

<sup>3</sup> ČSÚ: Klasifikace ekonomických činností, cit. 6.4.2013

rozumí vytváření, rozdělování a využívání pojistného fondu na úhradu náhodných, avšak odhadnutelných peněžních potřeb ekonomických subjektů<sup>4</sup>.

Pro účely této práce je výchozím pohledem na pojišťovnictví a pojištění pohled odvětvový. Pohled finanční teorie a jeho důraz na finanční stránku pak nabízí potřebné dokreslení pojmu pojištění.

V rámci diplomové práce je přitom z pojmů pojišťovnictví a pojištění klíčový právě pojem pojištění. Dále v textu se jím vždy v první řadě rozumí pojištění soukromé – komerční – dotýkající se průřezově všech ostatních odvětví. Akcentována je pak navíc pouze jeho finanční podoba, tedy příjem či výdaj ekonomických subjektů vstupujících do pojistného smluvního vztahu na pojistném trhu.

## **1.1.2 Pojistný trh**

Jak již bylo naznačeno v závěru předchozí kapitoly, pojištění lze také charakterizovat ještě z jiného pohledu, a sice jako právní vztah, do kterého vstupují subjekty pohybující se na pojistném trhu. Několik následujících dílčích podkapitol se proto bude zabývat přiblížením jeho jednotlivých subjektů.

### **1.1.2.1 Subjekty pojistného trhu**

Hlavní dvě skupiny na tomto trhu tvoří klienti pojišťovny představující stranu poptávky a pojišťovny reprezentující stranu nabídky. Mezičlánkem mezi těmito dvěma skupinami subjektů jsou tzv. zprostředkovatelé pojištění (poradci, makléři, agenti atp.). Činnost všech subjektů přitom na pojistném trhu reguluje a ovlivňuje stát. Stát do fungování tohoto trhu zasahuje především jako původce právních norem týkajících se pojišťovnictví a pojištění, rovněž jako státní dozor nad dodržováním veškerých stanovených předpisů. V neposlední řadě figuruje na pojistném trhu také řada významných zájmových sdružení.

---

<sup>4</sup> Ducháčková, E.: Principy pojištění a pojišťovnictví, 2005, str. 19

## *Pojišťovny a klienti pojišťoven*

Pojišťovny představují instituce nabízející komerční pojištění, vystupují tedy v roli pojistitele. Pojistitelem se dle zákona č. 37/2004 Sb., o pojistné smlouvě rozumí osoba, která disponuje oprávněním provozovat pojišťovací činnost. Klientem pojišťovny mohou být jak fyzické, tak právnické osoby. Zákonem o pojišťovnictví jsou tyto osoby označovány jako pojistníci, tj. ti, kdo uzavřeli s pojišťovnou pojistnou smlouvu. Pojistnou smlouvou se přitom rozumí smlouva, v níž se pojistitel zavazuje v případě vzniku pojistné události poskytnout ve sjednaném rozsahu plnění (vyplacení náhrady škody) a pojistník se zavazuje platit pojistiteli pojistné. Taková smlouva musí mít písemnou formu a její součástí jsou pojistné podmínky. Akceptace pojistné smlouvy je označována jako pojistka<sup>5</sup>.

Pojištění představuje pro pojistníka způsob, jak za úplatu (pojistné) přenést riziko na jiný subjekt, v tomto případě jmenovitě na pojišťovnu. Pojem riziko hraje v rámci pojišťovnictví a pojištění klíčovou roli. Jeho vymezení čerpá z teorie pravděpodobnosti, kde je odlišováno od pojmu nejistota.

Teorie pravděpodobnosti rozumí rizikem možnost vzniku události, která vede k odlišnému výsledku od očekávaného, a kvantifikuje tuto možnost určitou hodnotou pravděpodobnosti. Pokud pravděpodobnost odchylky výsledku od očekávaného nelze stanovit, hovoří se o tzv. nejistotě<sup>6</sup>.

Pojištění jako nástroj přenosu rizika se pak vztahuje pouze k určitému typu rizika, a sice k tzv. riziku čistému. Čistá rizika jsou taková rizika, která jsou spojena s negativními odchylkami od očekávaného výsledku. V reálném světě existují vedle čistých rizik ještě tzv. spekulativní rizika, která mohou vést k žádoucím odchylkám. Příkladem takového rizika může být spekulace na burze<sup>7</sup>.

V pojišťovací praxi je tedy riziko chápáno především jako míra pravděpodobnosti vzniku události náhodného charakteru vedoucí k negativním dopadům na pojištěný

---

<sup>5</sup> Zákon č. 37/2004 Sb., o pojistné smlouvě, cit. 6. 4. 2013

<sup>6</sup> Fotr, J.: Manažerské rozhodování, 2010, str. 34

<sup>7</sup> Ducháčková, E.: Principy pojištění a pojišťovnictví, 2005, str. 10 a 12

subjekt. Tato událost se označuje jako pojistná událost a její příčinou bývají pojišťovnou v pojistné smlouvě předem specifikovaná tzv. pojistná nebezpečí<sup>8</sup>.

Jaká pojistná nebezpečí (respektive pojistná rizika) a za jakou cenu je pojišťovny pojistí, záleží na jejich vlastním rozhodnutí. Obecně vycházejí pojišťovny z tzv. kritérií pojistitelnosti, mezi něž patří nahodilost, jednoznačnost, odhadnutelnost, nezávislost a velikost. Cena pojištění, tj. cena za krytí daného rizika pojištěním, vychází ze dvou základních charakteristik rizika, a sice jeho četnosti (frekvence výskytu) a závažnosti (velikosti způsobené škody)<sup>9</sup>.

### *Zprostředkovatelé*

Jako mezičlánek mezi pojišťovnami a jejich klienty fungují často na pojistném trhu tzv. pojišťovací zprostředkovatelé. Náplň jejich práce spočívá především ve vyhledávání správného pojistného produktu pro správného klienta.

Činnost pojišťovacích zprostředkovatelů v České republice upravuje zákon č. 38/2004 Sb., o pojišťovacích zprostředkovatelích a samostatných likvidátorech pojistných událostí<sup>10</sup>. Pojišťovacím zprostředkovatelem může být dle tohoto zákona fyzická nebo právnická osoba, která působí v některém z následujících postavení (podrobný popis rozsahu činností viz Příloha 1):

- a) vázaný pojišťovací zprostředkovatel (§ 5),
- b) podřízený pojišťovací zprostředkovatel (§ 6),
- c) pojišťovací agent (§ 7),
- d) výhradní pojišťovací agent (§ 6a),
- e) pojišťovací makléř (§ 8), nebo
- f) pojišťovací zprostředkovatel, jehož domovským členským státem není Česká republika (§ 9).

---

<sup>8</sup> Zákon č. 37/2004 Sb., o pojistné smlouvě, cit. 6. 4. 2013

<sup>9</sup> Hradec, M.: Pojištění a pojišťovnictví, 2005, str. 12 – 13

<sup>10</sup> Zákon č. 38/2004 Sb., o pojišťovacích zprostředkovatelích a samostatných likvidátorech pojistných událostí, cit. 6. 4. 2013



Zákon č. 38/2004 Sb. také vymezuje nezbytné morální a kvalifikační předpoklady nutné pro výkon činnosti pojišťovacích zprostředkovatelů, stejně jako způsob úhrady škod způsobených jejich neodborným postupem. Dále také stanovuje povinnost zápisu do tzv. Registru pojišťovacích zprostředkovatelů vedeného Českou národní bankou<sup>11</sup>. Veškerá tato opatření jsou zákonem stanovená za účelem ochrany spotřebitele.

### *Státní dozor a zájmová sdružení*

Vedle provozování Registru pojišťovacích zprostředkovatelů vykonává ČNB další činnosti v rámci tzv. státního dozoru nad provozováním pojišťovací činnosti. Do roku 2006 figuroval na pojistném trhu tzv. Úřad státního dozoru v pojišťovnictví a penzijním připojištění zřizovaný Ministerstvem financí ČR. Od 1. 4. 2006 však v rámci přijetí změn některých zákonů za účelem vytvoření sjednoceného dohledu nad finančním trhem byla jeho agenda převedena na ČNB. V současné době se platná právní úprava řídí zákonem č. 207/2009 Sb., o pojišťovnictví<sup>12</sup>.

Vedle ČNB, jakožto orgánu hájícího zájmy spotřebitelů, působí na pojistném trhu také různé organizace zastupující pojišťovny. Jedním z takových sdružení je Česká asociace pojišťoven (ČAP)<sup>13</sup>, která vznikla v roce 1994 za účelem prosazování zájmů pojišťoven především ve vztahu k orgánům státní správy. Podobným uskupením je také například Asociace českých pojišťovacích makléřů (AČPM), která představuje profesní sdružení realizující se především v oblasti připomínkování relevantní legislativy a kultivace profese pojišťovacích makléřů<sup>14</sup>.

### **1.1.3 Pojistné produkty**

Předmětem zájmu subjektů pojistného trhu jsou pojistné produkty. Pojištění je obecně zástupcem produktů, které patří do kategorie tzv. nehledaného zboží<sup>15</sup>. Také proto působí na trhu zprostředkovatelé, kteří aktivně vyhledávají potenciální zájemce o tento produkt.

---

<sup>11</sup> Do Registru pojišťovacích zprostředkovatelů lze nahlížet bezplatně online: [https://apl.cnb.cz/apljerrsdad/JERRS.WEB07.INTRO\\_PAGE?p\\_lang=cz](https://apl.cnb.cz/apljerrsdad/JERRS.WEB07.INTRO_PAGE?p_lang=cz)

<sup>12</sup> Zákon č. 277/2009 Sb., o pojišťovnictví, cit. 7. 4. 2013

<sup>13</sup> Blíže viz [www.cap.cz](http://www.cap.cz).

<sup>14</sup> Blíže viz [www.acpm.cz](http://www.acpm.cz).

<sup>15</sup> Kotler, P.: Marketing management, 2009, str. 412

Pojistné produkty lze dělit do několika skupin, a to z různých hledisek. Jedním z možných hledisek je dobrovolnost pojištění, tj. rozlišování pojištění dobrovolného a povinného. Povinné pojištění reprezentuje například pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla. Dalším hlediskem je podmíněnost výplaty pojistného plnění, a tedy dělení pojištění na pojištění rizikové a rezervotvorné. Rizikové pojištění představuje takové pojištění, u něhož nelze předvídat, zda pojistná událost nastane či nikoliv. Existuje tedy podmíněná výplata pojistného plnění. V případě rezervotvorného pojištění bývá pojistné plnění vyplaceno vždy. Ještě jiný pohled nabízí kategorizace dle účelu pojištění. Jedná se o dělení pojištění na pojištění škodové, sjednávané za účelem získání náhrady škody, a obnosové, uzavírané s cílem získat určitý obnos<sup>16</sup>.

Produkty, které nabízejí pojišťovny, se však pro praktické účely nejčastěji dělí na dvě základní odvětví. Jedná se o pojištění životní a pojištění neživotní. Obsah jednotlivých odvětví vymezuje příloha č. 1 zákona č. 277/2009 Sb., o pojišťovnictví (viz Příloha 2). Mezi neživotní pojištění se řadí pro účely této práce podstatná skupina pojistných produktů – pojištění majetku.

Pojištění majetku je takové pojištění, které zakládá pojištěnému subjektu nárok na výplatu pojistného plnění pojišťovnou, pokud se pojistná událost vztahuje k věci, k níž existuje sjednané pojištění. Mezi pojištění majetku se řadí i pojištění způsobené přírodními živly (vichřicí, sesuvem půdy, úderem blesku atp.).

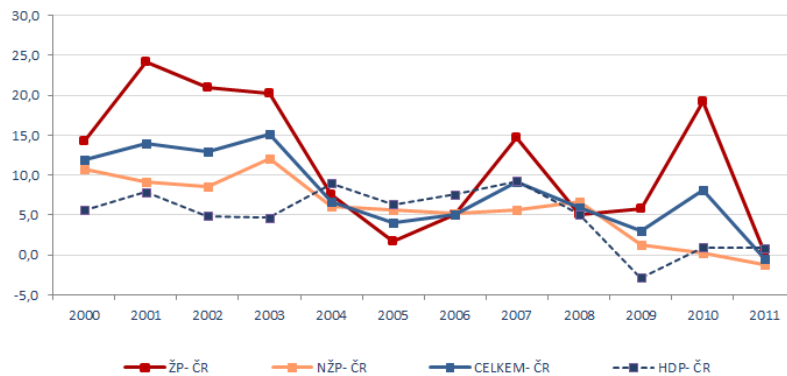
Pro sledování vývoje trhu životního a neživotního pojištění se v praxi běžně užívá tzv. předepsané pojistné. Předepsaným pojistným se v tomto kontextu rozumí souhrn všech částek pojistného splatného dle pojistných smluv pojišťoven působících na daném trhu v daném účetním období<sup>17</sup>. Vývoj pojistného trhu v rozlišení na životní a neživotní pojištění ukazuje Graf 1. Z grafu je zřejmé, že meziroční procentní změny životního pojištění jsou vyšší než u neživotního pojištění s výjimkou let 2004 – 2006.

---

<sup>16</sup> Hradec, M.: Pojištění a pojišťovnictví, 2005, str. 13

<sup>17</sup> ČNB: Slovník pojmů, cit. 8. 4. 2013

Graf 1 - Vývoj předepsaného pojistného a HDP (meziroční změny v %)



Zdroj: Česká asociace pojišťoven. [online]. [cit. 8.4. 2013]. Dostupné z [www: http://www.cap.cz/Folder.aspx?folder=Lists%2fMenu%2fPojistn%C3%BD+trh](http://www.cap.cz/Folder.aspx?folder=Lists%2fMenu%2fPojistn%C3%BD+trh)

## 1.2 Blesk

Jedním z odvětví neživotního pojištění, tak jak je vymezuje příloha zákona č. 207/2009 Sb., o pojišťovnictví je pojištění škod na majetku způsobených přírodními živly jinými než vichřicí. Do této skupiny se řadí pojištění škod způsobených například povodněmi, záplavami a bleskem<sup>18</sup>.

Jelikož se tato diplomová práce zabývá právě analýzou pojistných událostí způsobených zásahem blesku, je vhodné po úvodním přiblížení oblasti pojišťovnictví a pojištění v předchozí části práce, následujících několik podkapitol věnovat tomuto přírodnímu úkazu.

### 1.2.1 Podstata blesku

Blesk lze charakterizovat jako silný jiskrový výboj, který vzniká mezi centry elektrického náboje s opačnou polaritou<sup>19</sup>. Kde tato centra vznikají a jaký je přesný mechanismus a podmínky vzniku blesku viditelného na obloze, je obsahem několika následujících odstavců.

<sup>18</sup> Zákon č. 207/2009 Sb., o pojišťovnictví – Příloha 1, Část B – Odvětví neživotního pojištění, cit. 9. 4. 2013

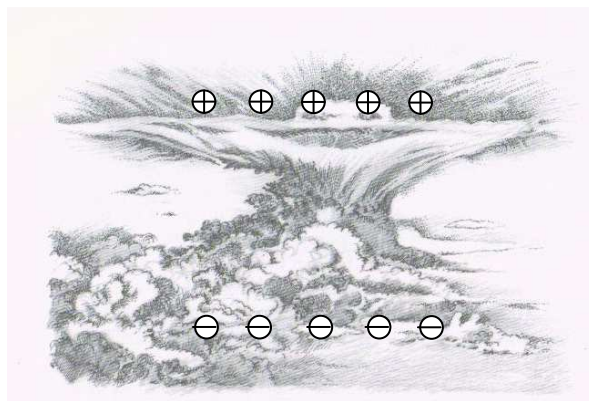
<sup>19</sup> Řezáčová, D. et al.: Fyzika oblaků a srážek, 2007, str. 359

### 1.2.1.1 Cumulonimbus

Primární podmínkou pro vznik blesku je existence center elektrického náboje v ovzduší. Tato centra vznikají v bouřkových mracích, meteorology označovaných jako mracích druhu Cumulonimbus. Mrak druhu Cumulonimbus se vyznačuje značnými rozměry, řádově dosahuje až několik desítek km na výšku. Specifický je také jeho tvar. Jedná se o typ mraků vyrůstající z kupy obláčků, který se v horní části rozšiřuje. V literatuře se tak lze setkat s přirovnáváním ke kovadině, která je zasazena do květákovitého útvaru<sup>20</sup>.

Jak již bylo zmíněno, uvnitř Cumulonimbů se vytváří centra elektrického náboje. Přestože existují různé teorie vysvětlující, jak se tato centra tvoří, přesný způsob jejich vzniku není dosud znám. Jednoznačná není ani poloha těchto center uvnitř mraků. Centrální shluky nábojů mívají různá rozložení a záleží vždy na konkrétním mraku. Meteorologové však vysledovali a především zobecnili elektrický model Cumulonimbu, který lokalizuje centrum kladného náboje do horní části mraku, centrum náboje záporného do části spodní<sup>21</sup>. Možnou podobu Cumulonimbu včetně schematického znázornění center kladného a záporného náboje ukazuje Obr. 2.

Obr. 2 - Cumulonimbus



Zdroj: Vlastní zpracování dle Kulhánek, P. : Blýskání, 2011, str. 20

Samotná existence center elektrického náboje však je pouze první podmínkou pro vznik blesku. Pokud se hovoří o tzv. blesku uvnitř oblaku nebo o blesku mezi dvěma oblaky, pak je také tato podmínka postačující. K elektrickému výboji dochází v tomto

<sup>20</sup> Kulhánek, P.: Blýskání, 2011, str. 19

<sup>21</sup> Řezáčová, D. et al.: Fyzika oblaků a srážek, 2007, str. 358

případě mezi centry s opačnou polaritou uvnitř mraku či mezi centry elektrického náboje dvou sousedních mraků. Pro účely této práce je však podstatný třetí typ blesku, a sice tzv. blesk do Země, kdy dochází k elektrickému výboji mezi centrem elektrického náboje uvnitř bouřkového mraku a povrchem Země. Důležitým faktorem pro vznik tzv. blesku do Země je tedy vedle existence bouřkových mraků také prostředí, ve kterém se tyto mraky pohybují.

### 1.2.1.2 Ionosféra

Cumulonimby se vyskytují v prostoru mezi tzv. ionosférou a zemským povrchem. Ionosféra představuje jednu z vrstev atmosféry, tj. plynného obalu Země, vymezené na základě výskytu iontů. Jedná se o nejvyšší část atmosféry z hlediska tohoto členění, nacházející se přibližně 60 km až 500 km nad zemským povrchem a obsahující ionizovaný plyn, který vzniká v důsledku působení slunečního záření. Nejbliže zemského povrchu se z hlediska stupně ionizace nachází tzv. neutrosféra, ve které se vyskytují pouze neutrální částice, mezi oběma vrstvami lze pak nalézt přechodovou vrstvu, tzv. neutropauzu<sup>22</sup>.

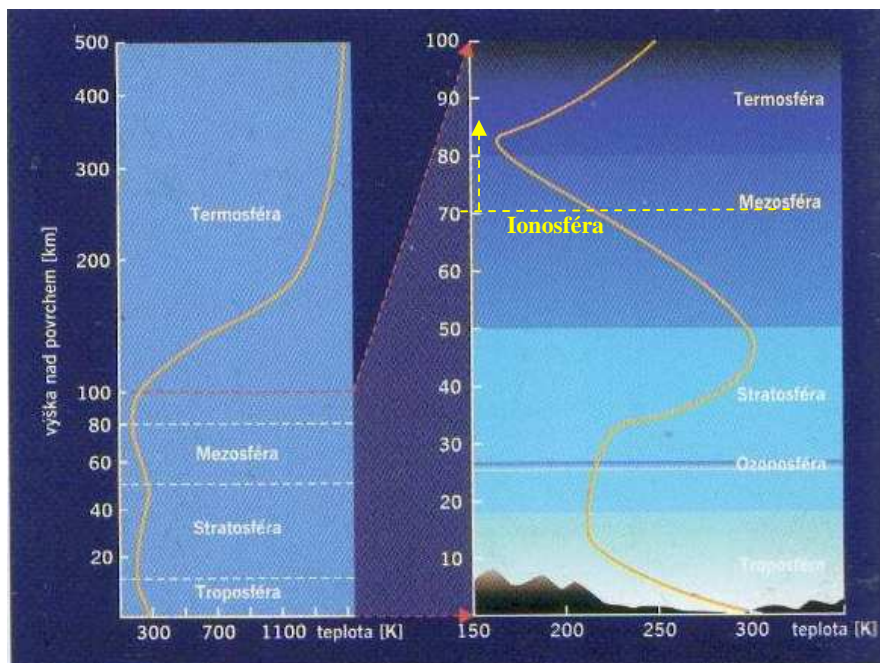
V odborné literatuře<sup>23</sup> se častěji jako základní uvádí členění atmosféry dle teploty na tzv. troposféru (do výšky 12 km a teploty ne nižší -55 °C), stratosféru (do výšky 50 km a teploty maximálně 0 °C), mezoféru (do výšky 80 km a teploty ne nižší -100 °C), termosféru (do výšky 500 km a teploty maximálně 1 400 °C) a exosféru (nad 500 km s teplotou cca 14 000°C) a přechodové vrstvy mezi jednotlivými úrovněmi. Ionosféra pak pokrývá z hlediska tohoto obvyklejšího členění část mezoféry a termosféry. Jednotlivé vrstvy, jejich orientační kilometrové charakteristiky a průběh teplot ukazuje Obr. 3.

---

<sup>22</sup> ÚFA: Fyzika ionosféry, cit. 20.3.2013

<sup>23</sup> Viz např. Bičík, I.: Školní atlas světa, 2001, str. 14

Obr. 3 - Vrstvy atmosféry



Zdroj: Bičík, I. : Školní atlas světa, 2001, str. 14

### 1.2.1.3 Mechanismus vzniku blesku

Existence ionosféry je pro vznik blesku do Země podstatná z toho důvodu, že Země spolu se svým ionosférickým obalem tvoří ve výsledku velký kondenzátor. Povrch Země nese záporný náboj, ionosféra naopak náboj kladný. Mezi těmito vrstvami se vyskytuje již zmíněný bouřkový mrak Cumulonimbus, v jehož horní části se hromadí kladný náboj, ve spodní části náboj záporný<sup>24</sup>.

Toto rozložení elektrických nábojů v mraku způsobí, že se na části povrchu Země, nad níž se Cumulonimbus v daném okamžiku nachází, indukuje namísto náboje záporného náboj kladný. V tomto okamžiku se ze záporné spodní strany bouřkového mraku začnou vytvářet krátké výboje záporného náboje. Záporné výboje postupují směrem k Zemi přibližnou rychlostí 200 km/s, a sice v postupných krocích, což je způsobeno kolísavou intenzitou elektrického pole. Při jejím poklesu na určitou hodnotu se pohyb

<sup>24</sup> Kulhánek, P.: Blýskání, 2011, str. 22

výboje zastaví, po jejím zvýšení na dostatečnou hodnotu se pohyb opět obnoví. Proti záporným výbojům začnou ze zemského povrchu vycházet vstříc kladné výboje<sup>25</sup>.

Pokud se některý ze záporných výbojů přiblíží k zemskému povrchu dostatečně blízko, dojde ke spojení záporného a kladného výboje a vytvoří se uzavřený kanál blesku. Průměr tohoto kanálu se pohybuje v jednotkách cm, délka kanálu bývá zpravidla několik km. Záporný výboj, který se na vzniku tohoto kanálu podílí, se označuje jako vůdčí výboj. V uzavřeném kanálu blesku následně dojde ke vzniku tzv. zpětného výboje, což je výboj, který začne postupovat vzhůru, tj. opačným směrem než vůdčí výboj. Zpětný výboj se pohybuje řádově i stokrát rychleji než výboj vůdčí, jeho rychlost může dosáhnout až 20 000 km/s. Jeho pohyb vzhůru je navíc provázen zvýšením teploty v kanálu až na 30 000 K, což způsobí jednak na obloze viditelný zářící úkaz – blesk, jednak vznik tlakové vlny (přibližně 5 000 hPa), která se navenek projeví jako hrom. V jednom kanálu navíc první zpětný výboj může následovat další vůdčí a zpětné výboje. Jeden blesk je tedy ve skutečnosti tvořen několika takovými páry elektrických výbojů, které proběhnou mezi mrakem a povrchem Země řádově v době kratší než je 1 s. Během této doby teče kanálem proud až 30 000 A a do okolí se uvolní elektromagnetická energie o velikosti přibližně 100 kWh<sup>26</sup>.

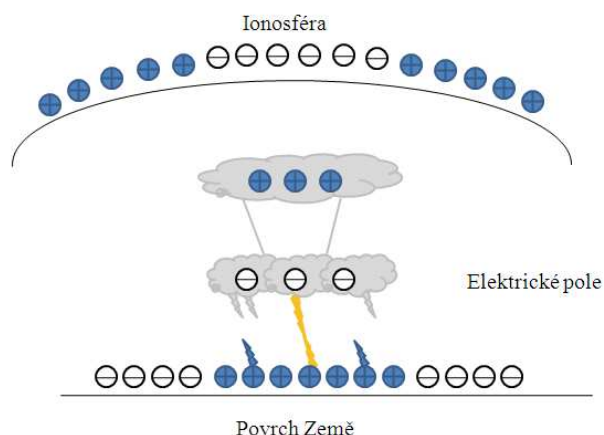
Nastíněný mechanismus vzniku blesku do Země schematicky zachycuje Obr. 4, který je pro úplnost doplněn o Tab. 1 shrnující typické fyzikální charakteristiky blesku do Země. Je však nutno zmínit, že tyto charakteristiky lze chápat pouze jako orientační, a to z důvodu unikátnosti každého takového blesku.

---

<sup>25</sup> Kulhánek, P.: Blýskání, 2011, str. 22

<sup>26</sup> Rakov, V.; Uman, M. A.: Lightning : physics and effects, 2003, str. 111

Obr. 4 - Mechanismus vzniku blesku



Zdroj: Vlastní zpracování dle Kulhánek, P. : Blýskání, 2011, str. 22

Tab. 1- Typické fyzikální charakteristiky blesku

Orientační parametry blesku do země	
Parametr	[Jednotky]
Délka kanálu	řádově v km
Průměr kanálu	řádově v cm
Rychlost pohybu vůdčího výboje	200 km/h
Rychlost pohybu zpětného výboje	20 000 km/h
Teplota	~ 30 000 K
Tlak v kanálu	~ 5 000 hPa
Elektrický proud	~ 30 000 A
Uvolněná energie	~ 100 kWh
Doba trvání jednoho blesku	~ 1 s

Zdroj: Vlastní zpracování dle Rakov, V.; Uman, M. A.: Lightning : physics and effects, 2003, str. 7

## 1.2.2 Typy blesků

Vedle základních druhů blesků zmíněných v kapitole 1.2.1, tj. blesku uvnitř oblaku, blesku mezi dvěma oblaky a blesku do Země, existuje několik dalších typů blesků. Pro účely této práce je podstatná skupina blesků do Země. Nicméně i v rámci této kategorie lze identifikovat několik různých typů, přičemž vznik jejich typického zástupce byl již popsán v kapitole 1.2.1.3. Pro úplnost je tedy v následujících několika odstavcích uveden nejprve stručný přehled jednotlivých typů blesků do Země, který bude rozšířen o výčet dalších možných bleskových výbojů, se kterými se lze v přírodě setkat.



### 1.2.2.1 Blesky do Země

Nejtypičtějším bleskem do Země je blesk způsobený záporným výbojem, který vychází ze spodní strany bouřkového mraku a zpětným výbojem vycházejícím z povrchu Země. Takový blesk do Země je v literatuře označován jako tzv. blesk se zápornou polaritou. Vedle nich však existuje také tzv. blesk s kladnou polaritou, kdy záporný výboj vychází ze zemského povrchu a kladný z horní strany bouřkového mraku. Tento typ blesku je charakteristický tím, že kladný výboj nemíří dolů k zemi, ale vychází z mraku v rovnoběžném směru a k povrchu Země se skloní v určité vzdálenosti od mraku. Dalším typem blesku do Země je tzv. blesk z čistého nebe, kdy opět záporný výboj vychází ze zemského povrchu a zpětný výboj z horní strany bouřkového mraku. V tomto případě však kladný výboj míří z mraku přímo kolmo k Zemi<sup>27</sup>.

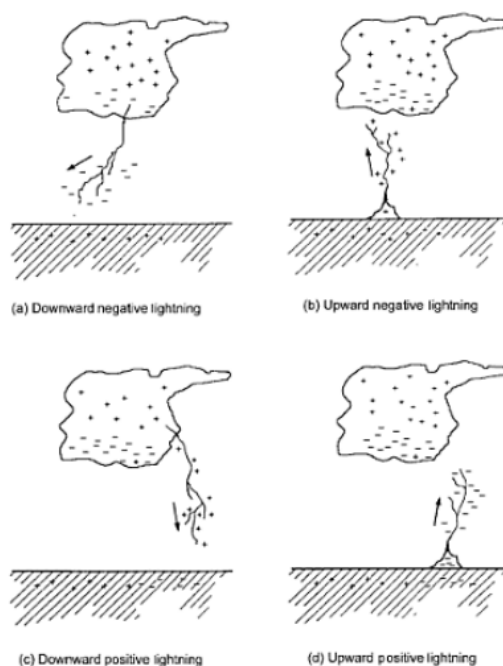
V literatuře<sup>28</sup> jsou pak oba základní typy blesků do Země, tj. blesků se zápornou a kladnou polaritou členěny také dle toho, zda se jedná o vůdčí výboj kladný či záporný a zda vychází z bouřkového mraku či ze zemského povrchu (viz Obr. 5). V přírodě pak jednoznačně převládá typ označený a), kdy je vůdčím výbojem záporný výboj vycházející ze spodní strany bouřkového mraku. Jedná se o více než 90 % případů ze všech výskytů blesků do Země. Většinu zbývajících 10 % tvoří pak případ označený na Obr. 5 jako typ c), tedy blesk do Země, kdy vůdčím výbojem je výboj kladný vycházející z horní strany bouřkového mraku. Zbýlé dva případy se vyskytují pouze ojediněle – v horách a v místech výskytu budov a objektů dosahujících výšky okolo 100 m.

---

<sup>27</sup> Kulhánek, P.: Blýskání, 2011, str. 25

<sup>28</sup> Rakov, V.; Uman, M. A.: Lightning : physics and effects, 2003, str. 4

Obr. 5 - Varianty vzniku blesku do Země



Zdroj: Rakov, V.; Uman, M. A.: *Lightning : physics and effects*, 2003, str. 5

### 1.2.2.2 Další možné typy blesků

Blesky lze dále charakterizovat z několika dalších hledisek. Následujících několik odstavců proto obsahuje ještě další druhy blesků, tak jak je vymezuje odborná literatura.

Blesky je možné rozlišovat dle jejich tvaru. Jedná se například o blesky čárové (nejtypičtější typ blesků), plošné (připomínající doutnajícím mrak), perlové (připomínající perly na šňůře) a jiné<sup>29</sup>.

Další typy blesků lze vymezit dle jejich vztahu k ionosféře. Existují totiž blesky, které jsou způsobeny výbojem směřujícím opačným směrem od bouřkového mraku než k Zemi, tj. směrem k ionosféře. V tomto případě se hovoří o tzv. modrém výtrysku. Vznikají však také blesky, které způsobují výboje směřující od ionosféry k bouřkovému mraku. Tento typ blesku je označován jako tzv. červený přízrak<sup>30</sup>.

<sup>29</sup> Řihánek, L.V.: *Bouřky a ochrana před bleskem*, 1957, str. 87

<sup>30</sup> Kulhánek, P.: *Blýskání*, 2011, str. 25

Blesky lze také identifikovat v prostředí se zvýšenou koncentrací prachu. Tyto blesky často vznikají v místech lesních požárů, kdy se nad zalesněným hořícím povrchem v oblacích dýmů tvoří bleskové výboje a vznikající škodu ještě umocňují<sup>31</sup>.

Specifickým druhem blesku je také tzv. kulový blesk. Jedná se nejčastěji o narudlé zářící těleso kulovitého tvaru obklopené namodralým prstencem, které při svém pohybu vydává syčivý nebo bzučivý zvuk. Jeho podstata však dosud není vědcům známá<sup>32</sup>.

### 1.2.3 Nebezpečí blesků

Charakteristika blesku z fyzikálního hlediska je důležitá především pro pochopení jeho podstaty jakožto elektrického výboje. V praktickém životě je však na blesk třeba nahlížet také jako na atmosférický jev, který má negativní dopady na lidskou společnost. Blesk je totiž častou příčinou řady úmrtí či zdravotních potíží, dále také značných ekonomických škod.

Evidence počtu úmrtí či lidí se zdravotními potížemi způsobenými zásahem blesku je systematicky prováděna pouze v USA. Nicméně v minulosti bylo již vypracováno také několik celosvětových studií týkajících se této oblasti. Dle poslední z nich z roku 2003<sup>33</sup> zemře z důvodu zásahu blesku ročně asi 24 000 osob a asi desetinásobný počet, tj. 240 000 osob ročně utrpí újmu na zdraví, ať už přechodnou nebo trvalou. Zásah člověka bleskem se totiž ve své podstatě podobá zásahu elektrickým proudem. Hrozí poškození srdce, mozku, kostí nebo svalů vlivem křečí a v neposlední řadě popáleniny. Data za Českou republiku bohužel v této oblasti chybí. Poslední dostupný údaj je z roku 2004, kdy byl evidován počet zemřelých následkem zásahu bleskem. Jednalo se o jednoho člověka<sup>34</sup>.

Oproti evidenci týkající se počtu lidí, které zasáhl blesk, existují mnohem aktuálnější a podrobnější data o majetku zasaženého a poškozeného bleskem. Tato data shromažďují především pojišťovny, které v České republice obdrží řádově stovky hlášení o těchto

---

<sup>31</sup> Kulhánek, P.: Blýskání, 2011, str. 26

<sup>32</sup> Rakov, V.; Uman, M. A.: Lightning : physics and effects, 2003, str. 656

<sup>33</sup> 20<sup>th</sup> ILDC: Annual Rates of Lightning Fatalities by Country, cit. 2.4.2013

<sup>34</sup> World Health Organisation: Victim of lightning by country, cit. 2.4.2013

pojistných událostech ročně. Dle České asociace pojišťoven se v roce 2011, tj. v posledním roce, za který jsou zpracována data, jednalo o škody ve výši 100 milionů Kč<sup>35</sup>.

Škody na majetku jsou v souvislosti s úderem blesku způsobeny vznikem elektrického přepětí. Hovoří se v tomto případě o tzv. atmosférickém přepětí (LEMP – *Lighting Electro Magnetic Pulse*), jehož původcem je právě bleskový výboj. Atmosférické přepětí může přitom vzniknout dvěma základními způsoby. Prvním z nich je tzv. přímý úder blesku do objektu, kdy se uvolňuje velké množství energie ve velmi krátkém časovém okamžiku, které má destruktivní účinky. Druhý způsob představuje tzv. vzdálený úder blesku (v průměru ve vzdálenosti 2 km od vzniku škody). Vzdálený úder blesku může jednak vyvolat vlny přepětí v elektrickém vedení, a to jak při přímém zásahu venkovního elektrického vedení, tak při úderu blesku do míst v jeho blízkosti, jednak může být svedený do Země a zapříčinit šíření přepětí v tomto prostředí. Vzdálený úder blesku v některých případech může způsobit také přepětí šířící se vzduchem<sup>36</sup>.

#### 1.2.4 Detekce blesků

Blesk se tedy pro společnost jeví jako nebezpečný přírodní úkaz, jehož destruktivním účinkům je třeba předcházet. Zdravotním následkům způsobených zásahem blesku lze zamezit především dodržováním zásad bezpečného chování při bouřce<sup>37</sup>. Preventivní ochranu před škodami na majetku pak představuje instalace různých typů přepět'ových ochran.

Vedle zásad správného chování a vývoje přepět'ových ochran se v minulosti začal také vytvářet systém detekce blesků. Jeho cílem bylo vytvořit alespoň určitý podklad pro diagnostiku míst, kde je větší pravděpodobnost výskytu blesků. Prvními výsledky byly tzv. izokeraunické mapy. Jedná se o mapy, které znázorňují počet bouřkových dnů za rok v daném místě. Jedna z takových prvních map pokrývajících území dnešní České republiky byla vytvořena již na počátku 20. století (viz Obr. 6). Přibližně 50 let po ní vytvořil tehdejší Energetický ústav v Brně mapu celého Československa, kterou zachycuje Obr. 7. Ještě novější mapa je součástí starší verze normy ČSN 33 4010 Ochrana sdělovacích

---

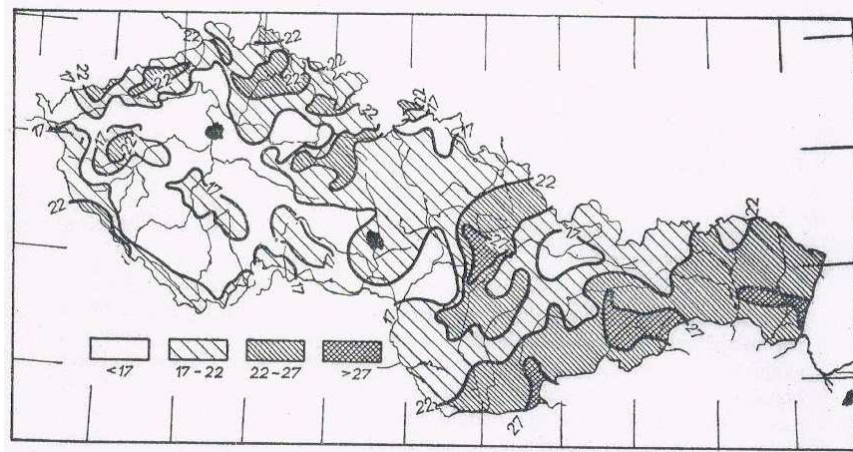
<sup>35</sup> Bartoníček L.: Výroční zpráva za rok 2011 České asociace pojišťoven, cit. 3. 4. 2013

<sup>36</sup> Koudelka, C.; Vrána V.: Ochrana před přepětím, cit. 3. 4. 2013

<sup>37</sup> Viz např. Kulhánek, P.: Blýskání, 2011, str. 23 - 24

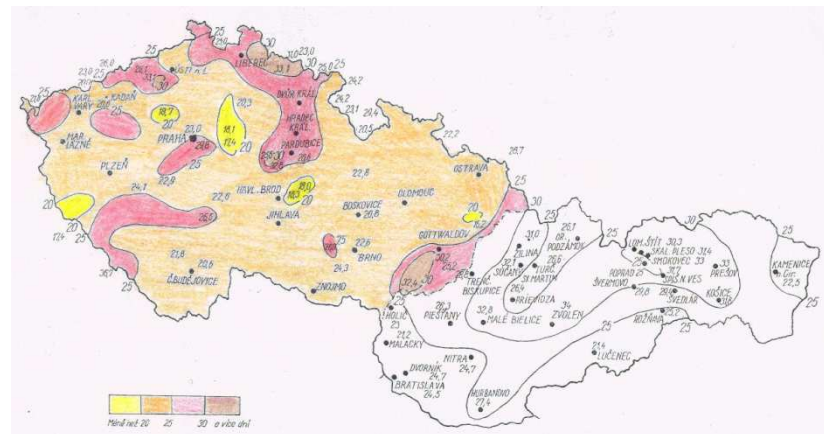
vedení a zařízení proti přepětí a nadproudu atmosférického původu. Nejaktuálnější mapa počtu dní s bouřkou (průměrného) na území České republiky je v současnosti vypracována za období 1981 – 2000 a publikována v Atlasu podnebí Česka (viz Obr. 8). Všechny tyto mapy byly však již v době svého vzniku zastaralé, jelikož vycházely z historických dat. Sloužily tedy spíše jako informativní a podpůrný podklad, který nebylo a dosud není možné k prognostickým účelům využít.

Obr. 6 - Mapa bouřek (1896 - 1905)



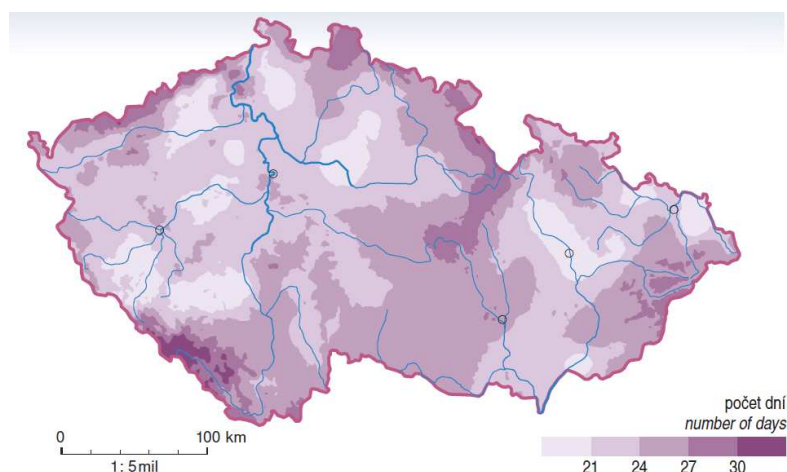
Zdroj: Řihánek, L. V.: Bouřky a ochrana před bleskem, 1957, str. 80

Obr. 7 - Mapa bouřek (1926 - 1950)



Zdroj: Upraveno dle Řihánek, L. V.: Bouřky a ochrana před bleskem, 1957, str. 82

**Obr. 8 - Průměrný počet dní s bouřkou (1981 - 2000)**



**Zdroj: Tolasz, R. et al.: Atlas podnebí Česka, 2007**

Díky rozvoji techniky začal tedy paralelně v průběhu minulého století vznikat moderní systém detekce blesků. Tento systém poskytuje data v reálném čase a izokeraunické mapy, obsahující historické údaje, tak plně nahradil. Tento systém slouží dnes v první řadě veřejnému sektoru. Data získaná detekčními systémy nesoucí informaci o výskytu blesků využívají primárně meteorologové ke krátkodobé předpovědi srážek a počasí (tzv. newcasting). Tyto informace jsou zveřejňovány a široká veřejnost může na základě nich korigovat své schování.

Uživatelem dat je však také privátní sektor, který využívá jak data aktuální, tak data historická. Častými uživateli aktuálních dat jsou především letiště, která data používají v rámci řízení letového provozu za účelem prevence možných škod a vzniku leteckých neštěstí. Historická data pak slouží především pojišťovnám pro ověření bleskové aktivity v místě nahlášení pojistné události způsobené úderem blesku.

V současné době existují dva základní moderní způsoby detekce blesků, a sice detekce pozemní a detekce družicová. Sledování bleskové aktivity pomocí družic pohybujících se na oběžné dráze Země je zdrojem globálních měření poskytujících informace o bleskové aktivitě po celém světě. Na druhé straně se však jedná o detekci polohy blesků s mnohem menší přesností než poskytují pozemní systémy. Jelikož tato práce bude primárně využívat data získaná pozemními systémy, následující kapitola se věnuje právě tomuto druhému způsobu získávání informací o poloze blesků.

#### 1.2.4.1 Pozemní detekce blesků<sup>38</sup>

Systémy pozemní detekce blesků jsou tvořeny detekčními čidly rozmístěnými v různém počtu a vzdálenostech po území, nad nímž je blesková aktivita sledována. V obecné rovině fungují detekční čidla na principu zachycování elektromagnetického záření, které vzniká při bleskovém výboji. Vlastní lokalizace blesků pak může být vyhodnocována různými způsoby v závislosti na počtu čidel využitých k měření a na daném typu detekčních čidel.

Z hlediska počtu využitých detekčních čidel lze rozlišit tzv. autonomní měření, kdy je pro měření použito pouze jedno čidlo, a měření za pomoci většího počtu čidel zapojených do tzv. detekční sítě. Autonomní měření je primárně využíváno například pro armádní účely či pro lokální měření. Detekce za pomoci jednoho čidla poskytuje informace s mnohem menší přesností než měření za pomoci detekční sítě. V současné době se proto pro plošnou pozemní lokalizaci blesků využívají čidla zapojená do tzv. detekční sítě. Podmínkou správného užití takové sítě je přesná časová synchronizace detekčních čidel, která se provádí pomocí družicového systému GPS, a jejich napojení na centrální server. Tento server vyhodnocuje vlastní polohu blesku, pokud je bleskový výboj zaznamenán na větším počtu čidel v jednom časovém okamžiku.

Na základě typu detekčního čidla lze v současné době identifikovat tři základní způsoby využívající se k lokalizaci blesku. První a v současnosti nejpřesnější metoda spočívá v určování polohy blesku na základě časového okamžiku zaznamenání bleskového výboje na jednotlivých čidlech. Využívají se v tomto případě alespoň tři čidla a poloha blesku se určuje pomocí průsečíků křivek sestavených na základě poměru dílčích zaznamenaných časů. Druhým způsobem je vedle času zaznamenání bleskového výboje evidování také jeho směru. Pro tento způsob jsou zapotřebí pouze dvě čidla, jelikož polohu blesku určuje průsečík křivek popisující jednotlivé zaznamenané směry. Třetí a nejméně přesnou metodou lokalizace blesku představuje tzv. autonomní měření (viz také předchozí odstavec). V tomto případě se využívá pouze jedno čidlo, které zaznamenává směr elektrického výboje a jeho sílu, na jejichž základě je odhadována vzdálenost blesku od čidla, tj. jeho poloha.

---

<sup>38</sup> Celá kapitola 1.2.4.1 je zpracována dle Řezáčová, D. et al.: Fyzika oblaků a srážek, 2007, str. 360 - 363

Jak již bylo zmíněno, pro přesnou lokalizaci blesků se využívají detekční sítě, které jsou napojeny na centrální server zpracovávající, vyhodnocující a archivující zaznamenaná data. Aby tato data byla co nejvíce úplná, vznikají ve světě organizace sdružující lokální sítě detekující bleskovou aktivitu v různých částech světa. Jednou z takových organizací je evropské sdružení European Cooperation for Lightning Detection.

#### 1.2.4.2 EUCLID a CELDN

European Cooperation for Lightning Detection, zkráceně EUCLID, je sdružení evropských národních pozemních sítí detekujících bleskovou aktivitu, které vzniklo za účelem identifikace a detekce blesků v rámci celé EU. V současné době síť sdružuje 19 zemí poskytujících informace o bleskové aktivitě. Jedná se o Německo, Francii, Itálii, Belgii, Nizozemí, Lucembursko, Švýcarsko, Finsko, Norsko, Švédsko, Polsko, Rakousko, Maďarsko, Českou republiku, Slovinsko, Chorvatsko, Srbsko, Bosnu a Hercegovinu a Portugalsko.

Země zapojené do této evropské sítě navíc většinou také nevystupují jako samostatní členové sítě disponující vlastními detekčními systémy, nýbrž jsou součástí vlastních dílčích lokálních sítí. Německo a Švýcarsko tak například působí v rámci tzv. BLIDS network (*Blitz Informationsdienst von Siemens*), Slovinsko, Srbsko, Bosna a Hercegovina a Chorvatsko jsou sdruženy v tzv. EIMV network (*Elektroinštitut Milan Vidmar*). Celkem tvoří EUCLID 8 dílčích lokálních sítí<sup>39</sup>.

Česká republika spolu s Polskem a Maďarskem tvoří lokální síť označovanou jako CELDN network (*Central European Lightning Detection Network*). Jedná se o síť detekující a lokalizující bleskovou aktivitu ve střední Evropě. Tato síť vznikla v roce 2002 a disponuje přibližně 20 detekčními přístroji. Tyto přístroje detekují v reálném čase především čas, polohu a typ bleskového výboje. Dále je jimi možné změřit polaritu blesku či velikost proudu protékající bleskovým kanálem. Získaná data jsou primárně zpracována v centrále sítě CELDN nacházející se v Německu, odkud jsou ihned distribuována<sup>40</sup>.

---

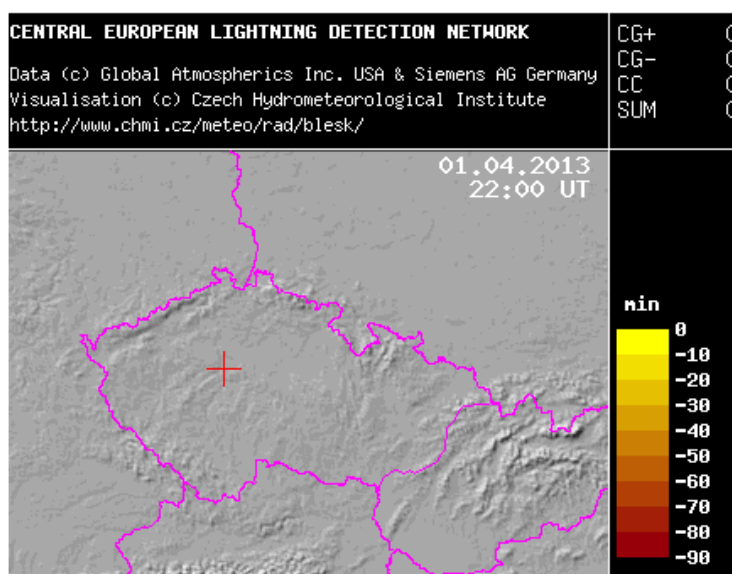
<sup>39</sup> EUCLID: What is EUCLID, cit. 10. 4. 2013

<sup>40</sup> Siemens: Blitz Informationsdienst von Siemens, cit. 10. 4. 2013



Data o bleskové aktivitě na území České republiky získává, zpracovává a zálohuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), konkrétně Odbor distančních měření a informací. Jelikož data nejsou primárně získávána ČHMÚ, je tento ústav vázán smluvními podmínkami sdružení CELDN a větší objemy dat nesoucí informaci o výskytu blesků na území České republiky jsou ve standardních zobrazitelných formátech poskytovány pouze za úplatu. Volně dostupné jsou pouze online snímky aktuální bleskové aktivity na území České republiky (viz Obr. 9).

Obr. 9 - Aktuální data detekce blesků (0:05 h, 2.4. 2013)



Zdroj: ČHMÚ: Aktuální detekce blesků. [online]. [cit. 2. 4. 2013]. Dostupné z [www: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/blesk/data\\_jsclndnview.html](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/blesk/data_jsclndnview.html)

## 1.3 Bodové procesy jako matematický aparát pro zpracování prostorových dat

Bodové procesy jsou matematickým aparátem prostorové statistiky. Prostorová statistika představuje matematickou disciplínu, která se zabývá analýzou a modelováním geometrických struktur složených z objektů náhodně rozmístěných v  $d$ -dimenzionálním prostoru při respektování určitých vlastností objektů<sup>41</sup>. Primární sledovanou vlastností pak zpravidla je poloha objektů v prostoru<sup>42</sup>.

Aplikace bodových procesů nachází praktické uplatnění až v posledních několika letech. Tento vývoj souvisí především s vývojem informační techniky, která dnes poskytuje programové a vizualizační nástroje pro potřebné výpočty. V současné době se bodové procesy využívají například v zemědělství, kdy se sleduje výskyt plevelu, či v epidemiologii v rámci výzkumu šíření chorob na určitém území<sup>43</sup>.

### 1.3.1 Objekty a grafická interpretace bodových procesů

Bodové procesy pracují s tzv. objekty. Objekty představují výskyt určité entity (fyzický útvar, událost, jev) v daném místě v prostoru. Občas mezi nimi existuje jistá prostorová závislost, a to především pokud jsou si vzdáleností blízké. Tato prostorová korelace se pak vyskytuje například mezi počty výskytů objektů v různých lokalitách nebo mezi velikostmi vzájemných vzdáleností mezi objekty. Právě zjištění těchto korelací je jedním z úkolů prostorové statistiky, respektive bodových procesů.

Objekty jsou v praktické aplikaci reprezentovány *body*, které mohou být doplněny *kvótou*. *Bod* reprezentuje polohu jakožto primární informaci, *kvóta* další doplňkovou informaci. Příkladem *kvóty* může být barevné odlišení *bodů* značící velikost objektu, jeho druh atp. Pokud se jedná o body rozmístěné v ploše, využívá se pro jejich vizualizaci tzv. *bodové pole*. Ukázku tří bodových polí zachycuje Obr. 10. V levé části obrázku je

---

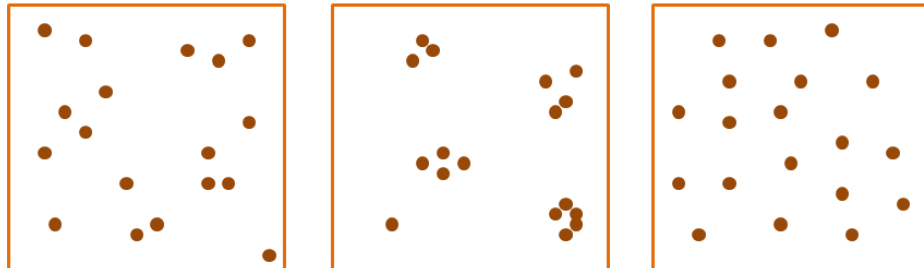
<sup>41</sup> Illian, J. A. et al.: Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Pattern, 2008, str. 3

<sup>42</sup> Někdy se vedle primární sledované vlastnosti – lokalizace – uvažuje ještě další faktor, a sice faktor času. Pak se hovoří o tzv. časoprostorových bodových procesech. Problematika časoprostorových bodových procesů však již přesahuje rámec této práce, proto se další odstavce budou věnovat bodovým procesům uvažujícím pouze faktor polohy a pouze v tomto smyslu bude tento pojem využíván.

<sup>43</sup> Beneš, V.; Prokešová, M: Časoprostorové bodové procesy, cit. 14. 4. 2013

demonstrována poloha objektů, které jsou náhodně rozmístěné v prostoru, uprostřed mají objekty tendenci tvořit shluky, v pravé části zachovávají jistou minimální vzdálenost mezi sebou (tzv. hard-core modely).

Obr. 10 - Bodové pole



Zdroj: Vlastní zpracování dle Illian, J. A. et al.: *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Pattern*, 2008, str. 2

### 1.3.2 Matematická formalizace bodových procesů

Bodové procesy lze definovat v  $d$ -dimenzionálních prostorech. Pro účely této diplomové práce je postačující dvoudimenzionální prostor, pro lepší představivost budou dále popsány také vícedimenzionální prostory. Bodový proces zde tedy představuje rozmístění bodů v prostoru v daném čase.

Následujících několik podkapitol obsahuje matematické vymezení základních teoretických pojmů týkajících se bodových procesů, tak jak je definuje odborná literatura<sup>44</sup>.

#### 1.3.2.1 Bodový proces

Bodový proces  $X$  si lze představit jako konfiguraci bodů  $\{x_1, x_2, x_3, \dots\}$ . Matematicky korektní definice bodového procesu pak vychází z řady dílčích definic vymezujících několik pojmů z teorie pravděpodobnosti potřebných pro definici finální<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Některé z definic v kapitolách 1.3.2.1 - 1.3.2.3 jsou převzaty z anglických originálů

Illian, J. A. et al.: *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Pattern*, 2008 a

Møller J., Waagepetersen R. P.: *Statistical Inference and Simulations for Spatial Point Processes*, 2004

<sup>45</sup> Dupač, V.; Hušková, M : *Pravděpodobnost a matematická statistika*, 2001.

### **Definice I-a:**

Definujeme  $\mathcal{A}$  neprázdný systém podmnožin množiny  $\Omega \neq \emptyset$  tak, že

- a)  $\emptyset \in \mathcal{A}$ ,
- b) je-li  $A \in \mathcal{A}$ , pak  $A^c \in \mathcal{A}$ , kde  $A^c$  značí doplněk množiny  $A$  do  $\Omega$ ,
- c) jsou-li  $A_i \in \mathcal{A}$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$ , pak  $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \in \mathcal{A}$ .

Pak  $\mathcal{A}$  nazýváme  $\sigma$ -algebrou.

### **Definice I-b:**

Nechť  $\Omega = \mathbb{R}$ . Uvažujme  $\sigma$ -algebrou  $\mathcal{B}_0$  generovanou otevřenými intervaly  $\{(a, b) : a < b \in \mathbb{R}\}$ . Tato  $\sigma$ -algebra se nazývá borelovská  $\sigma$ -algebra.

### **Poznámka:**

- a) Stejnou  $\sigma$ -algebrou generují i uzavřené a polouzavřené intervaly a intervaly typu  $(-\infty, a)$ ,  $a \in \mathbb{R}$ .
- b) Borelovská  $\sigma$ -algebra je tedy nejmenší  $\sigma$ -algebra obsahující systém všech otevřených podmnožin  $\mathbb{R}$ . Její prvky jsou označovány jako borelovské množiny.

### **Definice I-c:**

Borelovská  $\sigma$ -algebra v  $\mathbb{R}^d$  je  $\sigma$ -algebra  $\mathcal{B}^d$  generovaná všemi otevřenými množinami  $(a_1, b_1) \times (a_2, b_2) \times \dots \times (a_d, b_d)$ , kde  $a_i < b_i \in \mathbb{R} \quad \forall i = 1, \dots, d$ .

### **Definice I-d:**

Nechť  $\Omega \neq \emptyset$  a  $\mathcal{A}$  je  $\sigma$ -algebra definovaná na  $\Omega$ . Pak pravděpodobností nazveme reálnou funkci  $P$  definovanou na  $\mathcal{A}$ , která splňuje

- a)  $P(\Omega) = 1, P(\emptyset) = 0$ ,
- b)  $P(A) \geq 0, \forall A \in \mathcal{A}$ ,
- c) pro každou posloupnost disjunktních jevů  $\{A_n\}_{n=1}^{\infty}$  platí

$$P\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i\right) = \sum_{i=1}^{\infty} P(A_i).$$

Trojice  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$  se nazývá pravděpodobnostní prostor.

### **Definice I-e:**

Mějme  $\mathcal{B}^d$  systém  $d$ -dimenzionálních borelovských podmnožin,  $\mathcal{B}_0^d \subseteq \mathcal{B}^d$  systém omezených borelovských podmnožin a pravděpodobnostní prostor  $(\Omega, \mathcal{A}, P)$ .

Definujme  $\mathcal{N}$  systém lokálně konečných podmnožin  $\mathbb{R}^d$  tak, že

$$\mathcal{N} = \{ \psi \subseteq \mathbb{R}^d : \#(\psi \cap B) < \infty; \forall B \in \mathcal{B}_0^d \}.$$

Na  $\mathcal{N}$  zavedeme  $\sigma$ -algebru  $\mathfrak{R}$ :

$$\mathfrak{R} = \sigma ( \{ \varphi \in \mathcal{N} : \#(\varphi \cap B) = m \} : m \in \mathbb{N}_0, B \in \mathcal{B}_0^d ).$$

Bodový proces  $\phi$  je měřitelné zobrazení  $\phi : (\Omega, \mathcal{A}, P) \rightarrow (\mathcal{N}, \mathfrak{R})$ .

### **Poznámka:**

- a) Prvky z  $\mathcal{N}$  se označují jako bodová konfigurace. Bodový proces si pak lze představit jako *náhodnou bodovou konfiguraci*.
- b) V Definici I-e navíc většinou předpokládáme, že bodový proces má navíc navzájem různé body, tzn. každý bod je započítán právě jednou. Jedná se o tzv. *jednoduchý bodový proces*.
- c) Bodový proces si lze také představit jako náhodou množinu bodů. Konkrétní množina těchto bodů v rámci definovaného prostoru se označuje jako tzv. *realizace (vzorek) bodového procesu*.

### **Definice I-f:**

Náhodnou veličinu popisující počet bodů bodového procesu  $\Phi$  v množině  $B \in \mathcal{B}^d$  značíme  $\phi(B)$ .

#### **1.3.2.2 Charakteristiky bodových procesů**

Stejně jako klasická statistika také prostorová statistika uvažuje v souvislosti s bodovými procesy jejich popisné charakteristiky. Popisné charakteristiky bodových procesů existují dvojího typu. Jedná se o popisné charakteristiky číselné, popisující vlastnosti bodového procesu číselnou hodnotou, a funkcionální, využívající k popisu

funkční předpis. Pro účely této práce je podstatná charakteristika označovaná jako intenzita.

**Definice II-a:**

Mějme bodový proces  $\phi$ . Míra intenzity je pro  $\phi$  definována jako

$$\Lambda(B) = \mathbb{E} \Phi(B), B \in \mathcal{B}^d,$$

tz. míra intenzity  $\Lambda(B)$  je střední počet bodů procesu  $\Phi$  v množině  $B$ .

**Definice II-b:**

Existuje-li funkce  $\lambda(x)$  pro  $x \in \mathbb{R}^d$  taková, že

$$\Lambda(B) = \int_B \lambda(x) dx, B \in \mathcal{B}^d,$$

pak  $\lambda(x)$  se nazývá funkce intenzity.

**Poznámka:**

$\lambda(x) dx$  je v praktickém významu pravděpodobnost, že se v nekonečně malém prostoru kolem bodu  $x$  s objemem  $dx$  nachází bod. Jedná se o spojitou vyrovňující funkci sloužící k odhadu pravděpodobnosti výskytu náhodné proměnné v daném místě v prostoru.

**Definice II-c:**

Je-li  $\lambda(x)$  konstantní, tj.  $\lambda(x) = \lambda \forall x \in \mathbb{R}^d$ , pak hodnota  $\lambda$  se nazývá intenzita.

**Poznámka:**

Intenzita tedy v praktickém užití značí střední počet objektů na jednotku plochy či objemu.

### 1.3.2.3 Statistika bodových procesů

Při statistice bodových procesů se stejně jako v klasické statistice provádějí různé odhady a korekce. V následujících několika odstavcích budou uvedeny pouze dva zástupci

takovýchto odhadů a korekcí vybraní s ohledem na účel této práce. Jedná se o statistiku okrajových efektů a odhad funkce intenzity.

### Okrajové efekty

V reálných aplikacích bývají analyzovány body, respektive objekty, které se nacházejí v omezené množině. To však nutně neznamená, že se mimo hranice vymezeného prostoru žádné další body nevyskytují. Vyloučením bodů za hranicemi prostoru by tak mohlo dojít ke zkresleným výpočtům charakteristik bodového procesu. Je tedy vždy třeba posoudit daný soubor analyzovaných bodů stejně jako množinu, v rámci níž jsou body podrobeny analýze, a pro statistiku bodového procesu zvolit vhodný přístup.

### Odhad funkce intenzity

Odhad funkce intenzity se provádí pro určitou realizaci bodového procesu  $\phi$  na množině  $W \in \mathcal{B}_0^d$ . Množina  $W$  značí tzv. okno pozorování.

Jedním z možných přístupů k odhadu funkce intenzity je tzv. *jádrový odhad funkce intenzity*. Tato metoda získala název podle funkcí zvaných jádra či *jádrové (kernelové) funkce*<sup>46</sup>, které se využívají pro přenesení informace získané v daném bodě do plošné podoby. Pro výsledný odhad funkce intenzity se volí jádrová funkce  $k_b$ , kde  $b$  označuje *šířku pásma* a  $k$  pravděpodobnostní hustotu. *Šířka pásma* ve své podstatě představuje poloměr  $d$ -dimenzionální koule, který pokrývá body přispívající do výpočtu funkce intenzity<sup>47</sup>. *Pravděpodobnostní hustota* je zde chápána tak, jak ji standardně chápe teorie pravděpodobnosti<sup>48</sup>. Jde tedy o funkci definovanou pro spojitou náhodnou veličinu (označme  $T$ ), která udává pravděpodobnost, že náhodná veličina  $T$  bude nabývat hodnot z intervalu  $[a, b]$ , tedy platí

$$P[a \leq T \leq b] = \int_a^b f(t) dt, \forall a, b \in \mathbb{R}, a \leq b,$$

přičemž  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt = 1$ .

---

<sup>46</sup> Pro bližší vhléd do problematiky odhadu jádrových funkcí viz např. Bailey, T., Gatrell, A.: *Interactive spatial data analysis*. Essex, Longman Scientific & Technical, 1995, 413 s.

<sup>47</sup> Orava, Jan: *Jádrové odhady a binární data*, cit. 20. 4. 2013

<sup>48</sup> Anděl, J.: *Matematická statistika*, 1978, str. 12

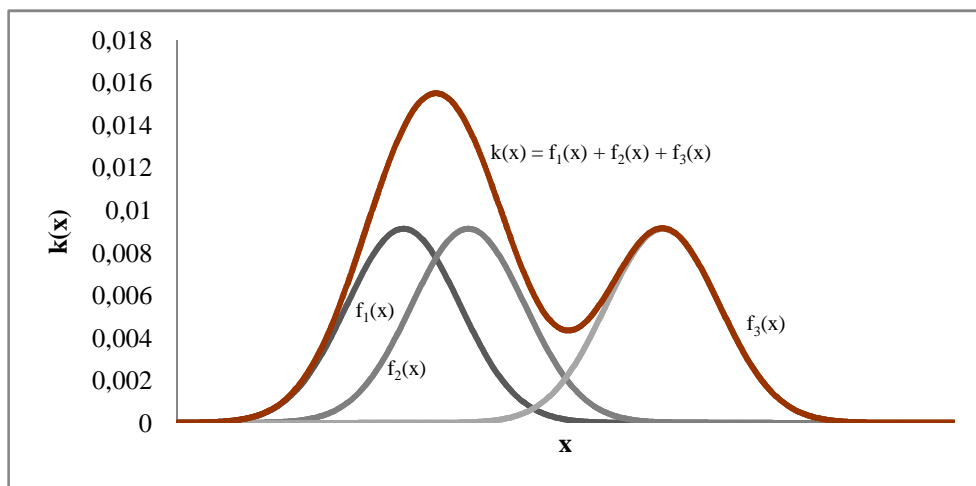
Odhad funkce intenzity pak má obecný tvar

$$\hat{\lambda}(x) = c_{W,b}(x) \sum_{Y \in \Phi \cap W} k_b(x - Y),$$

kde  $c_{W,b}(x)$  je korekce okrajových efektů.

Funkce intenzity se tedy vždy stanovuje pro každý zvolený bod mřížky daného prostoru  $W$ , přičemž jemnost mřížky je volena s ohledem na řešený problém. S odhlédnutím od parametru  $c_{W,b}(x)$  a při uvažování jednorozměrné jádrové funkce tedy praktická aplikace vypadá tak, že se stanoví interval hodnot, v němž se pohybují analyzované body, pro každý bod se sestrojí vhodně zvolená kernelová funkce a následně se provede sumace všech funkčních hodnot přes zvolený rozsah. Funkci intenzity, kdy kernelová funkce odpovídá normálnímu rozdělení, ukazuje Obr. 11.

Obr. 11 - Funkce intenzity pro  $k \sim N[\mu, \sigma^2]$



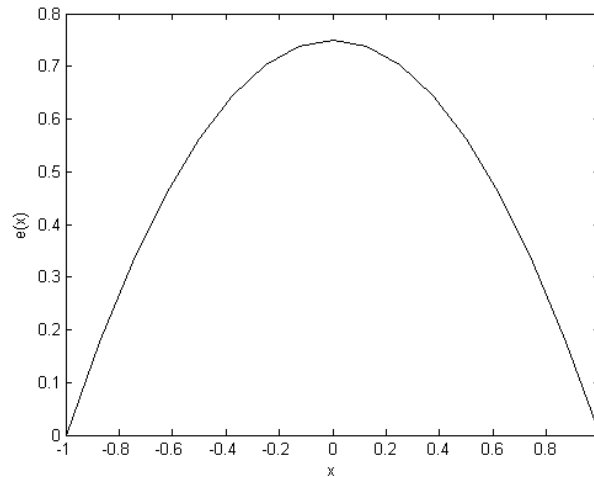
Zdroj: Vlastní zpracování (EXCEL 2007)

Klíčová pro účely této práce je tedy v souvislosti s funkcí intenzity volba jádrové funkce  $k_b(x - Y)$ . V praxi se využívají takové kernelové funkce jako předpis pro hustotu pravděpodobnosti již zmíněného normálního rozdělení, často se také používá rozdělení trojúhelníkové a jiné. Jednou z nejběžnějších jednorozměrných jádrových funkcí je pak funkce zvaná Epanečnikovo jádro (viz Obr. 12) s předpisem

$$e(x) = \frac{3}{4} (1 - x^2), x \in [-1; 1].$$



Obr. 12 - Epanečnikovo jádro



Zdroj: Vlastní zpracování (MATLAB 2009)

Obecnější verzí Epanečnikova jádra je v jednorozměrném prostoru funkce s předpisem

$$e(x) = c_1 (c_2 - x^2), \quad x \in [-\sqrt{c_2}; \sqrt{c_2}],$$

kde  $c_1$  je normalizační konstanta. Ve vícerozměrném prostoru pak lze vycházet z předpisu

$$e(x_1, \dots, x_d) = c_1 (c_2 - x_1^2 - x_2^2 - \dots - x_d^2),$$

kde  $x_1^2 + \dots + x_d^2 < c_2$  a  $c_1$  je opět normalizační konstanta. Normalizační konstanta je přitom hodnota  $c_1 \in \mathbb{R}$  zaručující, že

$$\int_{(x_1, \dots, x_d): x_1^2 + \dots + x_d^2 < c_2} e(x_1, \dots, x_d) d(x_1, \dots, x_d) = 1.$$

#### 1.3.2.4 Klasická statistika využívaná v rámci statistiky bodových procesů

V rámci statistiky bodových procesů bývá častou situací, že realizace bodového procesu v konkrétním prostoru je porovnávána s dalším relevantním souborem dat. V matematickém vyjádření se jedná o testování stochastické závislosti mezi dvěma náhodnými veličinami. K tomuto účelu se často využívá tzv. koeficient korelace, který měří míru lineární stochastické závislosti; respektive jeho statistický test.

### Test korelačního koeficientu<sup>49</sup>

Test korelačního koeficientu  $\rho$  se zpravidla provádí ve třech následujících krocích:

- a) Výpočet výběrového korelačního koeficientu  $r$  dle předpisu

$$r = \frac{\Sigma(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 \Sigma(Y_i - \bar{Y})^2}},$$

kde  $X, Y$  jsou náhodné veličiny,  $\bar{X}, \bar{Y}$  jejich průměry a platí  $-1 \leq r \leq 1$ .

- b) Výpočet náhodné veličiny  $T$  pro  $n$  pozorování :

$$T = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{n - 2}$$

kde  $T$  má Studentovo rozdělení  $t_{n-2}$ .

- c) Otestování hypotézy  $H_0: \rho = 0$  při alternativní hypotéze  $H_1: \rho \neq 0$  tak, že pokud

$$|T| > t_{n-2}(\alpha)$$

zamítáme nulovou hypotézu  $\rho = 0$  na zvolené hladině významnosti  $\alpha$  (zpravidla 5%).

Nenulovost korelačního koeficientu přitom značí, že vstupní náhodné veličiny nejsou nezávislé.

---

<sup>49</sup> Anděl, J.: Matematická statistika, 1978, str. 115 – 117

## **1.4 Vizualizace geografických a prostorových dat**

Předchozí tři kapitoly teoretické části práce se zabývaly vymezením tří základních disciplín, jichž se tematicky tato diplomová práce dotýká. Jednalo se o oblast pojištění a pojišťovnictví, podstaty blesků čerpající z poznatků meteorologie a elektrotechniky a jednu část prostorové statistiky, bodových procesů, jakožto matematického aparátu potřebného pro účely této práce. Všechny tyto oblasti jsou teoretickým pozadím, z nichž bude aplikační část práce vycházet.

Aby však teoretická část byla úplná, je nutno zmínit ještě jednu problematiku. Jak již bylo zmíněno v úvodu, tato diplomová práce si, zjednodušeně řečeno, klade za cíl vytvořit obdobu povodňové mapy, tj. mapy bleskové. Aby však bylo možné vytvořit hmatatelný výstup práce v podobě mapy, je třeba zabývat se také otázkou, jak data o pojistných událostech, záznamech o výskytu blesků a výsledné výpočty vizualizovat.

Vizualizací prostorových a geografických dat se primárně zabývá obor informatiky zvaný geoinformatika. Následujících několik podkapitol je tedy věnováno této disciplíně, zúžené s ohledem na účel této práce pouze na ty její oblasti, které jsou pro splnění jejího cíle relevantní.

### **1.4.1 Geoinformatika, geografické informační systémy**

Před vlastním vymezením podstaty geoinformatiky je vhodné stručně zmínit několik základních pojmů z obecné informatiky. Jedná se především o takové pojmy jako jsou data, informace a informační systém.

#### **1.4.1.1 Informatika – data, informace, informační systém**

Informatika je v současné době oborem, který zasahuje do všech oblastí lidského života. Definovat informatiku lze dle současné české i zahraniční literatury z různých úhlů pohledu; jedním z možných a především prostých pojetí tohoto odvětví je vymezení informatiky jako oboru, který se věnuje zpracování informací. Informace pak představují

data, jimž v procesu interpretace připisuje jejich uživatel význam. Data sama o sobě představují vše, co člověk může zaregistrovat svými smysly<sup>50</sup>.

Informační systém stejně jako informatika je možné vymezit různými způsoby. Jedno z možných pojetí uvádí Merunka<sup>51</sup>, kdy definuje informační systém jako souhrn informačních technologií (software a hardware), zabezpečení (IT pracovníky) a uživatelů s jejich požadavky na funkcionalitu informačního systému. Informační systémy lze pak v reálném světě rozlišovat podle jejich aplikace v určité oblasti. Může se jednat o podnikové informační systémy, navigační informační systému nebo pro účely této práce podstatné geografické informační systémy.

#### **1.4.1.2 Geoinformatika a geodata, geoinformace, geografické informační systémy**

Geografické informační systémy jsou jedním z předmětů geoinformatiky. Geoinformatika představuje vědní obor, jehož předmětem je práce s geografickými daty (geodaty) a geografickými informacemi (geoinformacemi)<sup>52</sup>.

##### ***Geodata a geoinformace***

Geodata jsou podmnožinou tzv. prostorových dat. Prostorová data jsou data, která se vztahují k určitému místu v prostoru. Jsou tedy lokalizovaná. Z těchto dat získané informace se označují jako prostorové informace. Pokud se místo v prostoru lokalizuje do blízkosti Země, tj. vyskytuje se na zemském povrchu nebo v jeho blízkosti, hovoří se o tzv. geodetech a geoinformacích<sup>53</sup>.

##### ***Geografický informační systém***

Geografický informační systém (zkráceně GIS) lze v návaznosti na obecné vymezení informačního systému definovat jako soubor hardware, software, personálního zabezpečení a uživatelů, který slouží k získávání, zálohování, zpracování a analyzování geografických dat vedoucích k extrakci potřebných geoinformací.

---

<sup>50</sup> Veber, J. a kol.: Management: základy, moderní manaž. přístupy, výkonnost s prosperita, 2009, str. 588

<sup>51</sup> Merunka, V. : Datové modelování, 2006, s.135.

<sup>52</sup> Machalová, J.: Prostorově orientované systémy pro podporu rozhodování, 2007, str. 13

<sup>53</sup> Kolář, J.: Geografické informační systémy, 2003, str. 11

Přes své teoretické a v první řadě široké vymezení je GIS ve své podstatě určitý typ software. Každý GIS jako softwarový produkt se pak skládá z různých komponentů. Robustnější systémy jsou standardně tvořeny databází geodat s určitým typem řídicího databázového systému a dotazovacím jazykem nad těmito daty, souborem funkčních nástrojů pro uživatele (například výpočty v rámci prostorové statistiky) a uživatelské, zpravidla grafické, rozhraní sloužící pro vizualizaci výsledků práce s daty. Příkladem GIS, který je tvořen všemi zmíněnými částmi, je ArcGIS, který bude dále více přiblížen v aplikační části této práce (viz podkapitola 2.2.5). Z dalších zástupců více či méně robustních geografických systémů lze jmenovat OCAD, Quantum GIS, gvSIG nebo GPSMapEdit.

Zjednodušeně řečeno, výsledkem práce GIS tedy primárně je zobrazení určitého souboru geodat, který může, ale nemusí, být mezi svým vstupem do GIS a převedením do vizuální podoby určitým způsobem zpracován. Základními dvěma schopnostmi každého GIS tedy je jednak načtení potřebných geodat, jednak jejich vizualizace v rámci GIS, ve většině případů v podobě mapy.

#### **1.4.1.3 Geodata jako vstup geografických informačních systémů**

Geodata v databázi každého geografického informačního systému jsou zpravidla dvojího typu. Jedná se o tzv. geometrická data a negeometrická data. Geometrická data nesou informaci o poloze určitého objektu v prostoru, kdy je jeho poloha ve vizuální podobě zpravidla reprezentována grafickým útvarem. Nejjednodušším takovým útvarem je bod. Všechny ostatní vlastnosti objektu kromě jeho polohy jsou popisovány tzv. negeometrickými daty<sup>54</sup>.

#### ***Získávání geodat***

Prostorová data se zpravidla získávají různými metodami. Základními třemi způsoby jsou<sup>55</sup>:

- a) digitalizace stávajících map,
- b) nákup,
- c) měření.

---

<sup>54</sup> Kolář, J.: Geografické informační systémy, 2003, str. 27

<sup>55</sup> Kolář, J.: Geografické informační systémy, 2003, str. 62 - 79

Digitalizace stávajících map představuje náročnou činnost – především z hlediska času a vybavení potřebným technickým zařízením. Přesto je tento způsob v současné době stále využíván, a to v první řadě pro převod historických map do digitální podoby.

Druhým způsobem získávání geodat je jejich nákup. Příkladem mohou být sady dat týkající se map České republiky nabízené za úplaty Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním<sup>56</sup>.

Třetí způsob – měření – představuje sběr dat v terénu. V současné době se v převažující míře využívá systému GPS, využívajícího snímání zemského povrchu družicovým navigačním systémem. Měření s využitím družicových systémů umožňuje získávání geodat vztažených k povrchu Země, stejně jako objektům pod a nad zemským povrchem (atmosféře).

#### **1.4.1.4 Vizualizace geodat**

Geodata lze v geografickém informačním systému zobrazit jako tzv. vektorová nebo rastrová data. Pokud se jedná o vektorový popis, daný objekt je definován s využitím geometrických konstrukčních prvků. Rastrový způsob záznamu dat využívá k popisu shluk bodů. Příkladem může být úsečka, která při vektorovém zobrazení bude popsána polohou klíčových bodů (počátečního a koncového) doplněnou zpravidla o informaci o dalších atributech a pravidlech pro vykreslení. V rastrovém vyjádření bude úsečka popsána množinou bodů (bitmapou)<sup>57</sup>.

Polohu objektu v prostoru, který má být, ať už rastrově nebo vektorově, vykreslen, charakterizuje obecně zeměpisná šířka a zeměpisná délka vyjádřené v zeměpisných stupních. Tyto stupně jsou také výsledkem měření GPS systémů, jejichž základem je geocentrický souřadný systém WGS-84.

Důležité pro správnou práci s geodaty v GIS je tedy podstatná také skutečnost, že je poloha objektu na elektronické mapě vyjadřována zpravidla v předem zadaném souřadnicovém systému. Světově rozšířený je přitom již zmíněný geodetický standard

---

<sup>56</sup> Viz <http://geoportal.cuzk.cz>.

<sup>57</sup> Machalová, J.: *Prostorově orientované systémy pro podporu rozhodování*, 2007, str. 123

WGS-84 (*World Geodetic System*), který vydalo ministerstvo obrany USA v roce 1984. V České republice je však často užívaný souřadnicový systém S-JTKS (*Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální*).

Pro zobrazení objektů v GIS do podoby mapy se v současné době využívá tzv. vrstvý přístup, kdy se data, která jsou si obsahem blízká, zobrazují v jakýchsi rovinných řezech na sebe. Pro správné zobrazení všech objektů v jedné mapě je tedy nutno zajistit, aby byl pro všechny vrstvy geodat použit jednotný souřadný systém<sup>58</sup>.

---

<sup>58</sup> Machalová, J.: *Prostorově orientované systémy pro podporu rozhodování*, 2007, str. 19

## 2 Aplikační část práce

Teoretická část práce obsahovala vymezení základních pojmů a principů, jichž se zaměření diplomové práce dotýká. Přiblížila oblast pojišťovnictví, bleskové aktivity v atmosféře Země, bodových procesů a ve svém závěru také oblast geografických informačních systémů. Tato teoreticky zaměřená první polovina práce slouží jako základ, na kterou navazuje část druhá, aplikačně zaměřená. V rámci ní budou teoretické poznatky a postupy z teoretické části práce aplikovány na reálná data s cílem splnit v úvodu práce definovaný cíl spočívající v sestavení tzv. bleskové mapy.

Prvním krokem vedoucím ke splnění cíle je získání a přiblížení vstupních dat, nad kterými budou prováděny veškeré výpočty. Popisu získaných vstupních dat se věnuje úvodní podkapitola aplikační části. Druhým krokem spočívá ve vlastním zpracování dat, které je obsahem podkapitoly druhé. Závěrečná podkapitola aplikační části této diplomové práce se pak věnuje vyhodnocení získaných výsledků a formulaci závěrů využitelných v pojišťovnické praxi.

### 2.1 Analyzovaná vstupní data

Vstupní data, jež jsou zpracovávána v rámci této diplomové práce, je možno rozdělit do několika kategorií. Celkem se jedná o čtyři skupiny dat. První z nich představují data o pojistných událostech způsobených zásahem blesku. Druhá skupina obsahuje data nesoucí informaci o bleskové aktivitě v ovzduší nad územím České republiky. Třetí a čtvrtá skupina dat představuje již spíše doplňková data. Třetí skupinu tvoří data týkající se hustoty obyvatel v České republice a čtvrtou skupinou jsou data obsahující informaci o státních hranicích a hranicích krajů České republiky.

#### 2.1.1 Data o pojistných událostech

Data o pojistných událostech způsobených úderem blesku poskytla pro účely této práce jedna z předních pojišťoven působících na českém trhu. Konkrétně se jedná o pojišťovnu Generali pojišťovna a.s. Před tím, než bude popsán charakter těchto dat, je vhodné tento pojišťovací ústav stručně představit.



### 2.1.1.1 Generali pojišťovna a.s.

Generali Pojišťovna a.s. je pojišťovacím ústavem, který patří mezi zakládající členy korporátního sdružení Generali PPF Holding. Generali PPF Holding představuje největší pojišťovací skupinu ve střední a východní Evropě. V roce 2011 jí patřil podíl na tomto pojistném trhu ve výši 49%. Tomuto podílu odpovídalo předepsané pojistné, které přesáhlo 3,3 miliard Euro<sup>59</sup>.

Generali PPF Holding patří mezi pojišťovací skupiny nabízející na trhu široké portfolio produktů. Členské společnosti holdingu se zaměřují na nabídku pojištění jak pro drobné klienty a občany (tzv. retailové pojištění), a to životního i neživotního, tak pro velké podniky (tzv. korporátní pojištění). Holding zaujímá pozici největšího evropského pojistitele v oblasti životního pojištění<sup>60</sup>.

V České republice působí Generali PPF Holding především prostřednictvím České pojišťovny, a.s., která je na zdejšímu trhu z hlediska objemu předepsaného pojistného nejvýznamnějším pojišťovacím ústavem. Ke dni 28. 1. 2013 činil objem předepsaného pojistného České pojišťovny, a.s. přibližně 29,92 mld. Kč, což odpovídalo tržnímu podílu ve výši 25,9%. Z toho životní pojištění dosáhlo výše 10,94 mld. Kč a odpovídalo tržnímu podílu 23,1%, neživotní pojištění se pohybovalo ve výši 18,97 mld. Kč a tvořilo podíl o velikosti 27,9%. Generali Pojišťovna a.s. zaujímá na českém pojistném trhu pozici čtvrté největší pojišťovny z hlediska objemu předepsaného pojistného. K 28. 1. 2013 činil objem jejího předepsaného pojištění 7,88 mld. Kč, což odpovídalo tržnímu podílu ve výši 6,8%. Životní pojištění se přitom na tomto předepsaném pojistném podílelo výši 2,66 mld. Kč a tržním podílem dosahujícím 5,6%, neživotní pojištění se pohybovalo ve výši 5,22 mld. Kč, což korespondovalo s tržním podílem 7,7%<sup>61</sup>.

Generali pojišťovna a.s. je v České republice organizačně členěna do úseků a odborů (viz Příloha 3). Data týkající se pojistných událostí způsobených úderem bleskem jsou soustředěna v databázích odboru Likvidace neživotních pojištění.

---

<sup>59</sup> PPF: Generali PPF Holding, cit. 25. 4. 2013

<sup>60</sup> Generali Pojišťovna a.s.: O Generali, cit. 25. 4. 2013

<sup>61</sup> ČAP: Statistiky – Vývoj pojistného trhu, cit. 25. 4. 2013

V rámci neživotního pojištění totiž nabízí Generali pojišťovna a.s. pojištění, kdy je pojistným nebezpečím tzv. přímý úder blesku a nepřímý úder blesku. Přímý úder blesku Generali pojišťovna a.s. v rámci svých Všeobecných pojistných podmínek pojišťovny<sup>62</sup> vymezuje jako bezprostřední přechod atmosférického výboje – blesku – na pojištěnou věc. A to takovým způsobem, že místo zásahu blesku na pojištěné věci je zjevně patrné díky tepelným účinkům blesku nebo jím zanechaných mechanických stop. Nepřímým úderem blesku se rozumí především účinky přepětí na pojištěnou věc.

### **2.1.1.2 Datový soubor s pojistnými událostmi způsobenými úderem blesku**

Na základě podepsané Smlouvy o zpracování osobních údajů (viz Příloha 7 – Smlouva o zpracování osobních údajů a elektronická příloha diplomové práce) byl pracovníky odboru Likvidace neživotních pojištění poskytnut datový soubor v obecně rozšířeném formátu \*.xls, tj. formátu Microsoft Office Excel 1997 – 2003. Jednalo se o soubor obsahující data o pojistných událostech způsobených přímým a nepřímým úderem blesku, které byly nahlášený v letech 2010, 2011 a v prvním kvartále roku 2012.

Data byla rozdělena do tří listů odpovídajících vždy jednomu ze sledovaných roků. Každý řádek těchto listů obsahoval podrobné údaje o nahlášené pojistné události. Jelikož se jedná o citlivé údaje, je zde konkrétní popis sloupců, tj. atributů pojistných událostí, v listech vynechán. Pro účely této práce hrála podstatnou roli skutečnost, že daný datový soubor obsahoval u každé nahlášené pojistné události také rok vzniku pojistné události a adresu, kde ke škodě způsobené zásahem blesku došlo. Jednalo se o klasický formát adresy, tj. slovní uvedení ulice škody, místa popisného, města, PSČ, okresu a kraje.

### **2.1.2 Data o výskytu blesků**

V rámci teoretické práce bylo zmíněno, že data o bleskové aktivitě nad územím České republiky disponuje Odbor distančních měření Českého hydrometeorologického ústavu. Konkrétně se jedná o Oddělení radarové. V rámci této problematiky byla uvedena také zmínka, že ČHMÚ není původcem dat a data pouze zpracovává. Dle smlouvy se svým

---

<sup>62</sup> Viz např. Generali Pojišťovna a.s.: Všeobecné podmínky pro pojištění domácností, cit. 26. 4. 2013

dodavatelem tedy nebylo Oddělení radarové oprávněné poskytnout prvotní naměřená data, tj. přesný čas a polohu bleskového výboje.

### **2.1.2.1 Datový soubor s informacemi o bleskové aktivitě v ovzduší nad územím ČR**

Pro účely této práce byla tedy na základě Žádosti o poskytnutí dat (viz Příloha 8 – Žádost o poskytnutí dat a elektronická příloha diplomové práce) Oddělením radarovým zaslána data v binární podobě. Jednalo se o tzv. binární gridovou informaci obsahující zakódovanou informaci o počtu blesků do Země v určité předem definované ortogonální mřížce za období 2002 – 2010. Fakticky bylo tedy poskytnuto jedno dvourozměrné pole s rozlišením 1x1 km, které v jednotlivých bodech obsahovalo množství detekovaných blesků do Země za dané období.

Data byla zaslána v radarovém formátu s příponou \*.rpd. Soubory typu \*.rpd představují soubory otevřeného univerzálního formátu užívaný 2D radary, který je nezávislý na výrobci radaru. Nicméně bez speciálního programového vybavení, běžným uživatelům nedostupného, nejsou tyto soubory čitelné. Aby bylo možné takto zakódovaný soubor pro účely této práce zpracovat, byl spolu se souborem v tomto formátu zaslán Oddělením radarovým dokument obsahující definice formátů různých radarových dat, včetně možných způsobů dekodování jejich jednotlivých typů.

#### ***.\* rpd formát***

Formát \*.rpd je formát dat využívaný radary generujícími záznamy ve 2D. Datové soubory obsahují data uložená v kartézských souřadnicích a sestávají zpravidla ze dvou částí. V úvodu souboru je textová hlavička, která obsahuje základní údaje o provedeném měření. Jedná se o data typu čas měření, fyzikální jednotka uložených dat, zda jsou data zkomprimovaná či nikoliv atp. Po textové hlavičce následuje binární obsah, tj. počty blesků. Počty blesku jsou přitom zapisovány postupně do jednotlivých řádků shora dolů, v rámci řádku zleva doprava<sup>63</sup>.

Náhled binární části souboru obsahující počty blesků ukazuje Obr. 13.

---

<sup>63</sup> V diplomové práci jsou uvedeny především vlastnosti \*.rpd formátu podstatné pro základní představu o poskytnutém datovém souboru. Podrobný popis \*.rpd formátu není uveden z důvodu důvěrnosti poskytnutých dat.

Obr. 13 - Binární soubor s počty blesků poskytnutý ČHMÚ

	0001	0203	0405	0607	0809	0A0B	0C0D	0E0F
00000	0600	0500	0900	0700	0400	0B00	0B00	0500
00010	0B00	0B00	0600	1000	0A00	0E00	0B00	0600
00020	0700	0900	0500	0D00	1000	0B00	0900	0600
00030	0700	0C00	0B00	0E00	0F00	0800	0A00	0E00
00040	0C00	0300	0700	0500	0C00	1200	0500	0E00
00050	0700	0600	0E00	0C00	0900	0300	0600	0700
00060	0700	0900	0700	0D00	0C00	0E00	0D00	0800
00070	0B00	0500	0A00	0E00	0B00	0700	0D00	0A00
00080	0F00	0F00	0700	0800	0B00	0B00	0700	0E00
00090	0D00	0800	0800	0600	0D00	0A00	0900	0A00
000A0	0600	0D00	0600	0A00	0900	0B00	0500	0900
000B0	0C00	0A00	0B00	0B00	0400	0900	0A00	0800

Zdroj: Vlastní zpracování dat poskytnutých ČHMÚ

### 2.1.3 Data týkající se hustoty obyvatel v České republice

Data o hustotě obyvatel na území České republiky byla získána z veřejné databáze Českého statistického úřadu<sup>64</sup>. Jednalo se o soubor ve formátu \*.xls obsahující jeden list s několika sloupci. V souboru se nacházel sloupec s hodnotami hustoty zalidnění v jednotlivých krajích a okresech na 1 km<sup>2</sup>, počet obcí v dané oblasti, stejně jako podíl obyvatel ve věku 0 – 14 let a starších 65 let v % a index maskulinity. Data byla zpracována k 1.1.2011 a jsou obsahem elektronické přílohy této diplomové práce.

Pro účely této práce je podstatný sloupec s hodnotami o hustotě zalidnění v jednotlivých okresech. Touto hodnotou budou aproximovány výpočty v závěru zpracování dat. Bližší popis a podrobnější vysvětlení postupu bude uvedeno v podkapitole 2.2. Zde je zmínka o tomto souboru z důvodu popisu úplného souboru vstupních dat.

### 2.1.4 Data týkající se státních hranic a hranic krajů České republiky

Stejně jako data týkající se hustoty obyvatel, i data nesoucí informaci o státních hranicích a hranicích okresů České republiky jsou v této části práce zmíněny pro úplnost.

<sup>64</sup> ČSÚ: Demografická příručka 2011, cit. 30. 4. 2013

Cíleným výstupem této práce je vytvoření tzv. bleskové mapy. Klíčová jsou přitom analyzovaná data o výskytu pojistných událostí a bleskové aktivity v ovzduší. Aby však vizualizovaná podoba dat byla pro jakéhokoliv uživatele přínosná, je vhodné data, ať už zpracovaná či nikoliv, zobrazit v rámci hranic České republiky. Z toho důvodu je potřeba disponovat daty nesoucími informaci i o českých hranicích.

Datový soubor, na základě něhož jsou zobrazeny hranice státu a krajů České republiky, byl získán z databáze Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního<sup>65</sup>. Jednalo o tzv. shapefile soubor s příponou \*.shp<sup>66</sup>. Tento typ formátu se používá pro ukládání vektorových geodat, který je schopna zpracovat většina geografických informačních systémů. Data byla získána k 30. 6. 2012.

## 2.1.5 Shrnutí vstupních dat

Všechny potřebné vstupní soubory dat shrnuje Tab. 2. V ní jsou ještě jednou krátce uvedeny formáty získaných souborů a časová období, k nimž se data v souborech vztahují. Připojen je také sloupec zdůrazňující pro tuto diplomovou práci potřebný obsah jednotlivých souborů, stejně jako faktický formát dat, v němž jsou data zaznamenána.

Tab. 2 - Vstupní data

	Formát souboru	Časové období	Potřebný obsah	Formát dat
Data o pojistných událostech způsobených úderem blesku	*.xls	2010, 2011, 2012 (1. kvartál)	Adresa pojistných událostí způsobených úderem blesku	Text
Data o bleskové aktivitě v ovzduší	*.rpd	2002 - 2010	Ortogonální mřížka s počtem blesků v každém jejím bodě	Binární data
Data o hustotě obyvatel ČR	*.xls	k 1.1.2011	Hustota zalidnění v okresech ČR na 1 km <sup>2</sup>	Číselná hodnota
Data o hranicích ČR	*.shp	k 30.6.2012	Obrys ČR a jednotlivých krajů	Vektorová data

Zdroj: Vlastní zpracování dat poskytnutých ČHMÚ

<sup>65</sup> ČÚZK: Vektorový soubor správních hranic a hranic katastrálních území, cit. 30. 4. 2013

<sup>66</sup> Ve skutečnosti je potřebný soubor čtyř souborů pro správnou práci jednoho souboru shapefile. Všechny soubory jsou obsahem elektronické přílohy této diplomové práce.

## 2.2 Zpracování dat

Druhým krokem směřujícím ke splnění cíle této práce je vlastní zpracování vstupních získaných dat. Tento krok se sám o sobě skládá z několika na sebe navazujících úkonů.

První z nich spočívá v předestření základního principu analýzy vstupních dat. Tento úkon, jakožto klíčový a výchozí prvek stanovující rámec komplexního zpracování dat, je předmětem úvodní podkapitoly. Druhá podkapitola ve svém úvodu v návaznosti na základní princip identifikuje základní vztahy, které je nutno odvodit pro provedení potřebných výpočtů a dále obsahuje vlastní odvození těchto fundamentálních vztahů. V podkapitole třetí je uveden popis provedené přípravy dat do programově zpracovatelné podoby. Navazující, čtvrtá, podkapitola obsahuje konkrétní programové zpracování připravených dat využívající poznatky z podkapitol předchozích. Získané výsledky jsou pak vizualizovány v podkapitole páté.

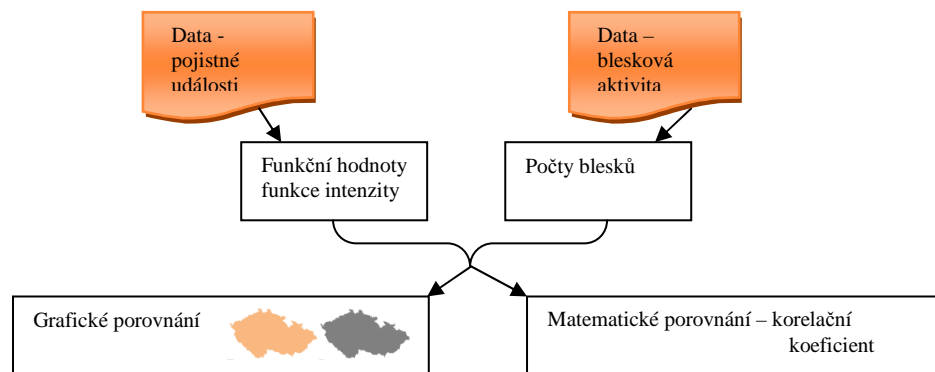
### 2.2.1 Princip analýzy vstupních dat

Jak již bylo několikrát zmíněno, hlavními dvěma datovými soubory, ze kterých tato práce vychází, jsou soubory obsahující data o pojistných událostech způsobených úderem blesku a data o bleskové aktivitě v ovzduší. Analýza vstupních dat se tedy primárně vztahuje k těmto dvěma datovým sadám, přičemž základní úkol spočívá v sestavení dvou dílčích map České republiky, které budou mezi sebou porovnány. Porovnání bude provedeno dvěma způsoby, a sice graficky a matematicky, přičemž jeho výsledky budou základem doporučení užitečných v pojišťovnické praxi formulovaných v závěru této diplomové práce.

První z map České republiky bude zobrazovat funkční hodnoty funkce intenzity vypočtené z dat týkajících se pojistných událostí. Pojistné události způsobené úderem blesku totiž představují v matematickém pojetí realizaci bodového procesu, kdy každý bod procesu, respektive pojistná událost, je jednoznačně určen svojí polohou (poštovní adresou). Pro analýzu tohoto souboru dat budou proto, jak již bylo zmíněno, využity poznatky z prostorové statistiky, konkrétně bude na data aplikována funkce intenzity. Druhá z vytvořených map České republiky bude zachycovat počty blesků nad územím České republiky. Tato mapa tedy bude čerpat data z druhého klíčového datového souboru.

Grafické porovnání bude provedeno na základě vizualizace obou map ČR v geografickém informačním systému. Pro matematické porovnání bude využito korelačního koeficientu. Pro názornost zachycuje hlavní princip zpracování dat Obr. 14.

Obr. 14 - Základní princip zpracování dat



Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.2.2 Odvození základních vztahů

Z předchozí podkapitoly a uvedeného Obr. 14 plyne potřeba odvození dvou potřebných matematických vztahů. První z nich byl již nepřímo zmíněn a jedná se o odhad předpisu kernelové funkce vstupující do předpisu funkce intenzity. Druhý se vztahuje k zajištění porovnatelnosti obou souborů dat. Pro vizualizaci map je potřeba disponovat GPS souřadnicemi jednotlivých událostí, ať už pojistných nebo úderů blesku. Pro matematické porovnání je naopak vhodné zajistit, aby obě skupiny událostí byly lokalizovány v ortogonální mřížce, která bude s ohledem na zpracovávání dat nesoucí informaci o poloze bleskových událostí, uvažována v kilometrech. Je tedy nutno odvodit skupinu vztahů pro převod mezi polohou vyjádřenou zeměpisnými stupni (GPS) a polohou vyjádřenou v kilometrické ortogonální mřížce.

### 2.2.2.1 Funkce intenzity

Pro odhad předpisu funkce intenzity je klíčovým odhad kernelové funkce, proto se následující text bude primárně věnovat tomuto odhadu.

Výchozím tvarem pro kernelovou funkci  $k$  je zvolena obecnější verze Epanečnikova jádra

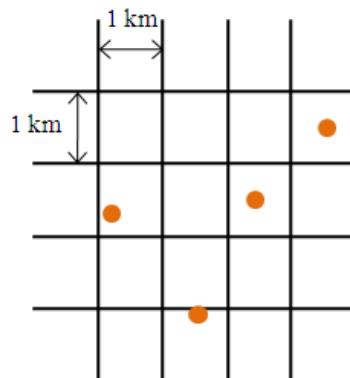
$$k(x, y) = c_1 (c_2 - x^2 - y^2), \text{ kde } x^2 + y^2 < c_2.$$

### *Odvození normalizační konstanty*

Pro odvození normalizační konstanty se využije skutečnosti, že kernelová funkce je ve své podstatě funkcí hustoty pravděpodobnosti, jejíž integrace přes interval  $(-\infty, \infty)$  odpovídá jedné. Aby bylo možné integraci provést, je nejprve nutno stanovit dvě základní východiska. Prvním z nich je skutečnost, že z důvodu operací s funkcí dvou proměnných bude využit dvojný integrál. Druhé východisko se týká rozsahu hodnot, přes něž bude integrováno.

Pro stanovení integračních mezí je nutno nejprve zvolit rozlišení ortogonální mřížky, nad kterou budou matematické výpočty prováděny, především pak matematické porovnání funkčních hodnot funkce intenzity a počtu blesků. Jelikož data o výskytu blesků nad územím České republiky jsou v \*.rpd formátu zaznamenána v mřížce s rozlišením 1x1 km, bude toto rozlišení zachováno a poloha pojistných událostí do něj přepočtena (dle převodních vztahů odvozených v kapitole 2.2.2.2). Pro názornost je daný problém zachycen na Obr. 15 který zobrazuje část mřížky s rozlišením 1x1 km a několik bodů reprezentujících polohu pojistných událostí v takto zvolené mřížce.

Obr. 15 - Zvolená ortogonální mřížka



Zdroj: Vlastní zpracování

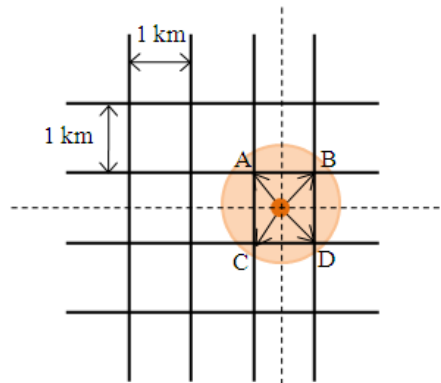
Dále je pro správnou volbu integračních mezí nutno uvést, že podstata aplikace funkce intenzity spočívá ve vyhlazení okolí každého bodu funkční hodnotou funkce intenzity. Podstatná je přitom volba tvaru a velikosti tohoto okolí.

V kolmém průmětu do roviny má zvolená výchozí kernelová funkce, potažmo také funkce intenzity, podobu kruhu. Poloměr kruhu  $r$  přitom závisí především na charakteru



vstupních dat. Funkční hodnoty obou funkcí jsou pak v diskrétním vyjádření počítány pouze pro zvolené body mřížky, které jsou součástí tohoto kruhu. V prvním odhadu byl poloměr kruhu zvolen o velikosti 1 km. Funkční hodnoty kernelové funkce tak pro bod na Obr. 16 byly počítány pro body A, B, C a D.

Obr. 16 - Princip vyhlazení mapy funkcí intenzity pro  $r = 1$  km



Zdroj: Vlastní zpracování

Rozsah  $\pm 1$  km do všech směrů od místa pojistné události se však testováním ukázal být příliš úzký. Funkce intenzity stanovená pro okolí každé pojistné události  $\pm 1$  km totiž vyhlazovala ve výsledku jen malou část povrchu mapy celé České republiky. Vyhlazená plocha téměř splývala se zaznamenanými původními pojistnými událostmi v mapě, neprobíhaly téměř žádné součty funkčních hodnot kernelové funkce, a funkce intenzity tak neposkytovala odhad výskytu pojistné události pro místa, kde pojistné události zaznamenány nebyly. Experimentálně byl tedy kilometrický rozsah, pro něž budou funkční hodnoty pro každou pojistnou událost počítány, stanoven na  $\pm 20$  km. Při uvažování analytického vyjádření kruhu ve tvaru

$$x^2 + y^2 \leq r^2, r = 20 \text{ km}$$

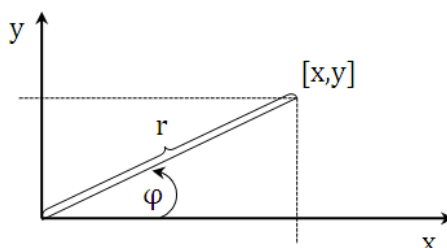
bude stanovení normalizační konstanty  $c_1$  odvozováno z rovnice

$$c_1 \int_{-20}^{20} \int_{-\sqrt{(20^2-x^2)}}^{\sqrt{(20^2-x^2)}} (400 - x^2 - y^2) dy dx = 1. \quad !$$

Transformací souřadnic do polárního tvaru (viz také Obr. 17)

$$x = r \cdot \cos \varphi, y = r \cdot \sin \varphi,$$

Obr. 17 - Transformace na polární souřadnice



Zdroj: Vlastní zpracování

zjednodušením

$$400 - r^2 \cos^2 \varphi - r^2 \sin^2 \varphi = 400 - r^2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = 400 - r^2$$

a využitím jakobiánu<sup>67</sup> (předpis viz Příloha 4 – Jakobián)

$$J(r, \varphi) = \begin{vmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -r \cdot \sin \varphi & r \cdot \cos \varphi \end{vmatrix} = r \cdot \cos^2 \varphi + r \cdot \sin^2 \varphi = r \cdot (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = r$$

vypadá tedy rovnice pro normalizační konstantu  $c_1$  následovně:

$$c_1 \int_0^{2\pi} \int_0^{20} (400 - r^2) r \, dr \, d\varphi = 1$$

$$\int_0^{2\pi} \int_0^{20} (400 - r^2) r \, dr \, d\varphi = \int_0^{2\pi} \int_0^{20} (400r - r^3) \, dr \, d\varphi = \int_0^{2\pi} \left[ \frac{400r^2}{2} - \frac{r^4}{4} \right]_0^{20} d\varphi =$$

$$\int_0^{2\pi} \left[ 80\,000 - \frac{160\,000}{4} \right] d\varphi = \int_0^{2\pi} [40\,000] \, d\varphi = [40\,000 \varphi]_0^{2\pi} = 80\,000\pi$$

$$c_1 \cdot 80\,000\pi = 1$$

$$c_1 = \frac{1}{80\,000\pi}$$

---

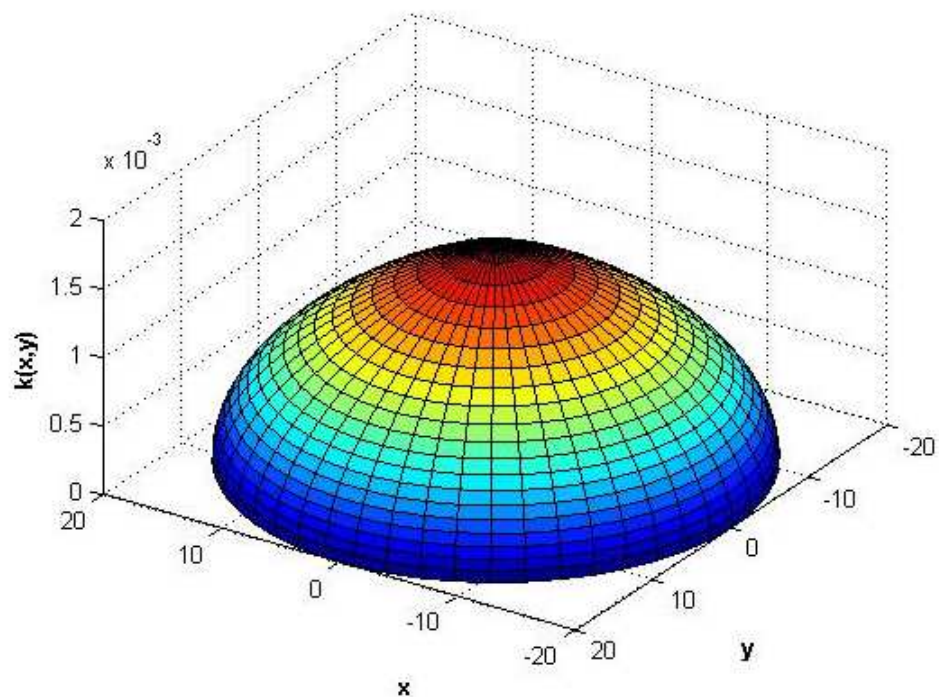
<sup>67</sup> Brabec, J.: Matematická analýza II, 1986, str. 334 - 339

Po dosazení této konstanty do výchozí obecnější verze Epanečnikova jádra odpovídá kernelové funkci odhad

$$k(x, y) = \frac{1}{80\,000\pi} (400 - x^2 - y^2),$$

který je zachycen na Obr. 18.

Obr. 18 - Kernelová funkce



Zdroj: Vlastní zpracování (MATLAB 2009)

Pro výsledný odhad kernelové funkce je potřeba ještě zohlednit skutečnost, že body reprezentující pojistné události se nacházejí mimo počátek ortogonální mřížky. Výpočet funkčních hodnot kernelové funkce pro každou pojistnou událost bude zajištěn zavedením proměnných  $x_0$  a  $y_0$  realizujících posuv souřadnic pojistné události vzhledem k počátku ortogonální mřížky. Výsledná podoba odhadu kernelové funkce v daném bodě mřížky se souřadnicemi  $x$  a  $y$  a pro pojistnou událost reprezentovanou bodem se souřadnicemi  $x_0$  a  $y_0$  tedy je

$$k(x, y) = \frac{1}{80\,000\pi} (400 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2).$$

Pro výsledný odhad funkce intenzity po odhadu kernelové funkce zbývá vzít do úvahy korekce na okraj mapy. Jelikož je ale poloměr kernelové funkce 20 km z pohledu území České republiky relativně krátká vzdálenost a v této vzdálenosti od hranic je hustota obyvatel (a tudíž i vzniklých pojistných událostí) nízká, byly tyto korekce zanedbány.

Funkce intenzity vyhlazující celé území České republiky pak bude sestrojena tak, že budou sestrojeny kernelové funkce pro každou pojistnou událost, a to v podobě  $k(x, y)$ , tj. do rovinného zobrazení se promítajících jako kruh o poloměru 20 km. Ve všech bodech ortogonální mřížky pak budou sečteny funkční hodnoty všech dané místo pokrývajících kernelových funkcí.

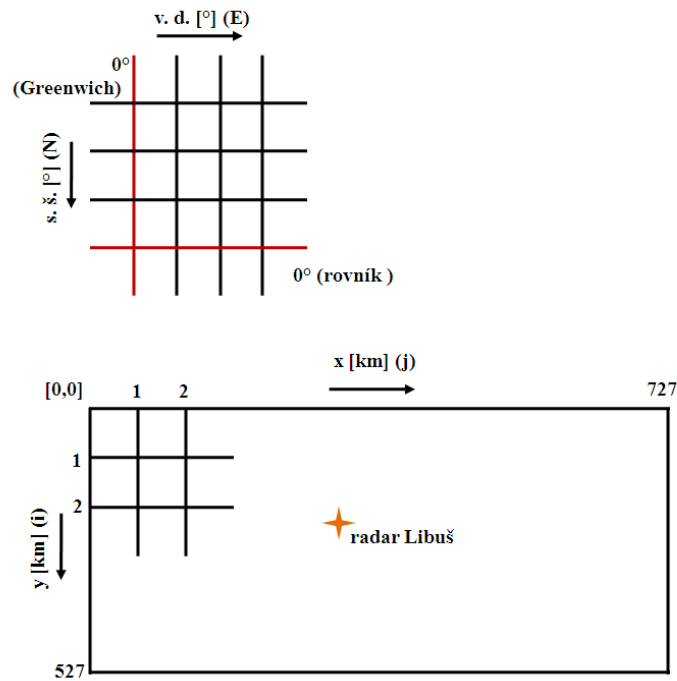
#### **2.2.2.2 Převod mezi GPS a kilometrickou ortogonální mřížkou**

Druhým vztahem, který je potřebný pro účely této práce odvodit, je vztah pro převod mezi polohou vyjádřenou zeměpisnými stupni (GPS) a polohou vyjádřenou v kilometrické ortogonální mřížce. Jedná se ve výsledku o celou skupinu převodních vztahů.

V rámci předchozích kapitol již bylo zmíněno, že pro vizualizaci událostí, ať už pojistných či týkajících se výskytu blesku jsou potřeba zeměpisné souřadnice vyjádřené zeměpisnou šířkou a zeměpisnou délkou – GPS. Pro matematické zpracování dat je však vhodné disponovat daty v kilometrické ortogonální mřížce s rozlišením 1x1 km.

Vlastní převodní vztahy vycházejí ze struktury datového souboru obsahujícího data o výskytu blesků nad územím České republiky. Již bylo zmíněno rozlišení ortogonální mřížky 1x1 km, v jejímž každém poli je uložen počet blesků v daném místě. Pro převod do zeměpisných stupňů je však zapotřebí disponovat dalšími údaji. V doplňkovém souboru poskytnutém ČHMÚ byl datový soubor definován jako matice o rozsahu 528 řádků x 728 sloupců. Dále bylo pracovníkem ČHMÚ potvrzeno, že bod [0,0] této soustavy se nachází v levém horním rohu. Jako vztažný bod pro přepočítání byla uvedena poloha radaru v Praze Libuši se zeměpisnými souřadnicemi 50,008° severní šířky (s.š./North/N) a 14,447° východní délky (v.d./East/E), od bodu [0,0] vzdáleného 301,5 km ve směru osy  $x$  a 217,5 km ve směru osy  $y$ . Jako poloměr Země byla uvedena pro přepočítání do GPS konstanta 6 379 km. Protože uvedené konstanty byly v doplňkovém souboru uvedeny bez komentářů, bylo třeba také je ověřit u pracovníků ČHMÚ. Pro názornost jsou obě souřadné soustavy schematicky znázorněny na Obr. 19.

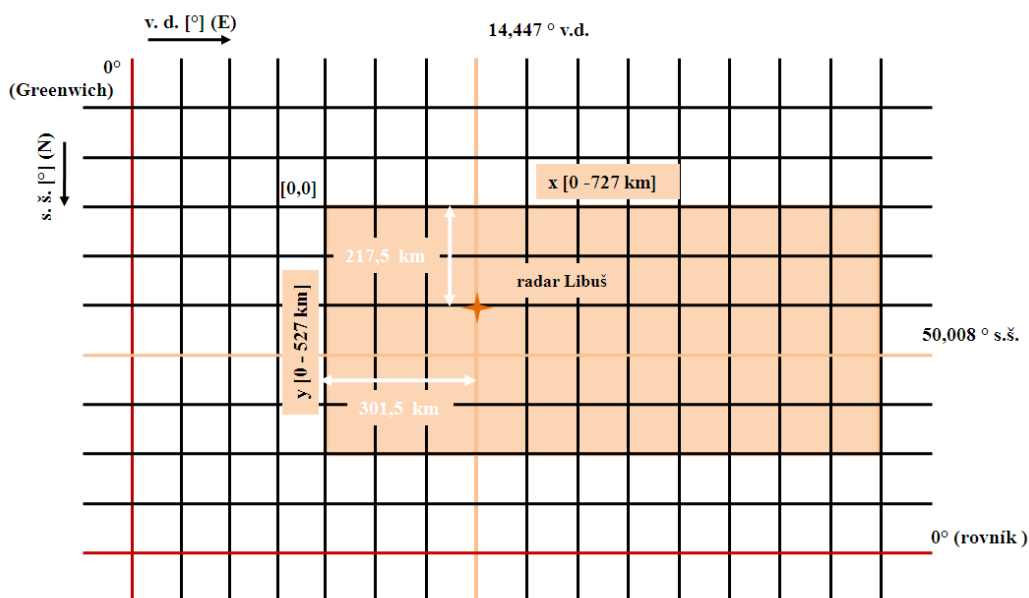
Obr. 19 - Vztažné souřadné soustavy



Zdroj: Vlastní zpracování

Ve skutečnosti bylo potřeba vytvořit čtyři převodní vztahy. Z uvedených schémat plyne, že se jednalo o přepočítání severní šířky v zeměpisných stupních na souřadnici  $y$  v km a naopak a o přepočítání východní délky v zeměpisných stupních na souřadnici  $x$  v km a naopak. Základní úkol byl tedy, zjednodušeně řečeno, sloučit obě schematické mapy zakreslené na Obr. 19. Se zaznamenáním ověřených údajů ukazuje daný problém Obr. 20.

Obr. 20 - Schematické sloučení vztažných soustav



Zdroj: Vlastní zpracování

Z uvedeného schématu na Obr. 20 vyplývá, že stěžejním bodem pro odvození potřebných převodních vztahů je bod reprezentující polohu radaru v Praze Libuši. Pro tento bod je totiž známa poloha jak v km, tak v zeměpisných stupních. Jinak řečeno, je známa jeho poloha ve vztahu k bodu [0,0] v kilometrické ortogonální mřížce, i ve vztahu k rovníku ( $0^\circ$  zeměpisné šířky) a Greenwichskému poledníku ( $0^\circ$  zeměpisné délky).

Odvození převodních vztahů bylo nejprve provedeno pro převod z ortogonální kilometrické mřížky do GPS souřadnic. Tento postup byl zvolen z toho důvodu, že bylo možné jednoduše nasimulovat vstupní hodnoty v podobě celých přirozených čísel (souřadnic v km). Následně pak byly odvozeny zpětné převody, tj. z GPS souřadnic do ortogonální kilometrické mřížky.

Pro účely této práce je uvažována ortogonální mřížka. Ve skutečnosti se poledníky k pólům sbíhají a v rovinném zobrazení by se jednalo o lichoběžník. Jelikož je ale plocha ČR v porovnání s povrchem Země velmi malá, je tato korekce zanedbaná. Při porovnání s přesným výpočtem vzniká zanedbatelná chyba v řádu jednotek %.

### *Odvození GPS N [°] z y [km] a zpětný vztah*

První vztah, který byl odvozen, se týkal převodu polohy ve vertikálním směru v kilometrických souřadnicích  $y$  na severní šířku, zkráceně a především mezinárodně označovanou jako  $N$  (z anglického North). Pro tento převod bylo nejprve nutno určit délku  $1^\circ$  na poledníku. Pro tento údaj byla využita konstanta doplňkového souboru týkající se poloměru Země  $r_{Země}$ .

Jestliže tedy platí

$$r_{Země} = 6\,379 \text{ km},$$

pak je obvod Země

$$o_{Země} = 2\pi r_{Země} = 2\pi \cdot 6\,379 \doteq 40\,080 \text{ km}.$$

Při uvažování zeměkoule jako prostorového tělesa koule je obvodem Země kružnice. Jeden poledníkový zeměpisný stupeň pak odpovídá délce

$$1^\circ \sim \frac{40\,080}{360^\circ} \doteq 111,33 \text{ km}.$$

Převodní konstantou mezi stupni a kilometry je převodní konstantou konstanta

$$\frac{2\pi \cdot 6\,379 [\text{km}]}{360^\circ} = \frac{\pi \cdot 6\,379 [\text{km}]}{180^\circ}.$$

Do výsledného vztahu je však potřebná její převrácená hodnota, tedy

$$\frac{180^\circ}{\pi \cdot 6\,379 [\text{km}]}$$

Tato konstanta navíc bude násobena číslem  $(-1)$ , a to z toho důvodu, že zatímco  $y$  souřadnice v [km] směrem od severního pólu rostou, severní šířka se směrem od severního pólu k rovníku snižuje.

Zápornou konstantou bude násobena souřadnice  $y$  posunutá o vzdálenost radaru od bodu  $[0,0]$  v kilometrické ortogonální mřížce. Pro zahrnutí vztahu k rovníku bude závěrem

celý výpočet přičten k zeměpisné šířce rovnoběžky, na které se radar nachází. Výsledný vztah pro převod  $y$  [km] do GPS N [°] je tedy

$$GPS\ N\ [^\circ] = 50,008^\circ + (y - 217,5)[km] \cdot (-1) \cdot \frac{180^\circ}{\pi \cdot 6\,379\ [km]}.$$

Analogicky pak pro zpětný převod platí

$$y\ [km] = 217,5\ [km] - (GPS\ N^\circ - 50,008^\circ) \cdot \frac{\pi \cdot 6\,379\ [km]}{180^\circ}.$$

### ***Odvození GPS E [°] z x [km] a zpětný vztah***

Druhý vztah, který byl odvozen, sloužil k převodu polohy v kilometrických souřadnicích v horizontálním směru  $x$  na východní délku, zkráceně a především mezinárodně označovanou jako E (z anglického East).

Oproti předchozímu vztahu týkajícího se severní zeměpisné šířky vycházející z délky  $1^\circ$  na každém poledníku, zde nebylo obecně možné vycházet z délky  $1^\circ$  na rovnoběžce, a to z toho důvodu, že rovnoběžky nemají stejný obvod. Jejich poloměr se směrem od rovníku k pólům zmenšuje. S ohledem na malou plochu České republiky bylo však pro účely této práce přijato určité zjednodušení<sup>68</sup> a bylo uvažováno, že  $1^\circ$  zeměpisné šířky má po celém území České republiky přibližně stejnou délku. Za vztaznou rovnoběžku byla přitom uvažována „průměrná“ rovnoběžka, tj. severní zeměpisná šířka odpovídající průměru severní zeměpisné šířky rovnoběžky protínající bod [0,0] (respektive [0,727]) a rovnoběžky protínající bod [527,0] (respektive [527,727]) v kilometrickém vyjádření. Jednalo se tedy o dvě rovnoběžky tvořící horní a spodní okraj mapy v kilometrickém vyjádření. Pro zjištění jejich zeměpisných šířek byl přitom využit předchozí odvozený převodní vztah.

---

<sup>68</sup> V rámci zpracování diplomové práce byl definován také přesný vztah – viz Příloha 5.



Rovnoběžce protínající bod [0,0] (respektive [0,727]) odpovídá severní zeměpisná šířka

$$GPS N [^\circ] = 50,008^\circ + (0 - 217,5)[km] \cdot (-1) \cdot \left( \frac{180^\circ}{\pi \cdot 6\,379 [km]} \right) \doteq 51,96^\circ,$$

rovnoběžce protínající bod [527,0] (respektive [527,727]) odpovídá severní zeměpisná šířka

$$GPS N [^\circ] = 50,008^\circ + (527 - 217,5)[km] \cdot (-1) \cdot \left( \frac{180^\circ}{\pi \cdot 6\,379 [km]} \right) \doteq 47,23^\circ,$$

„průměrné“ rovnoběžce tedy odpovídá severní zeměpisná šířka

$$(51,96^\circ + 47,22^\circ)/2 = 49,59^\circ \text{ s.š.}$$

Za přijetí výše uvedeného zjednodušení lze tedy délku 1° zeměpisné šířky odvodit z obvodu Země na rovnoběžce 49,59°s.š. Jestliže tedy platí

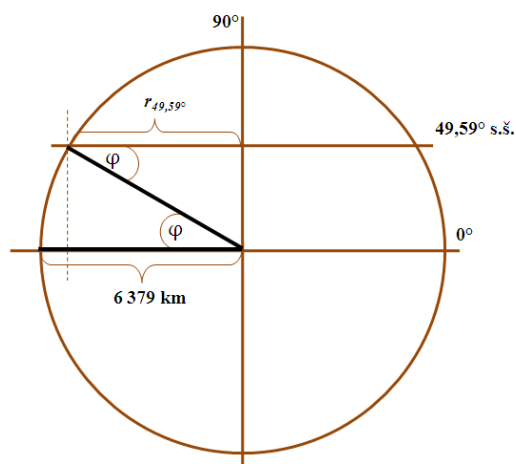
$$r_{Země} = 6\,379 \text{ km}$$

a obvod rovnoběžky 49,59°s.š.

$$O_{49,59^\circ} = 2\pi r_{49,59^\circ},$$

pak z Obr. 21

**Obr. 21 - Odvození délky 1 km na 49,59°s.š.**



**Zdroj: Vlastní zpracování**

platí

$$r_{49,59^\circ} = r_{Země} \cdot \cos\varphi$$

$$r_{49,59^\circ} = 6\,379 \cdot \cos(49,59^\circ) \doteq 4\,135 \text{ km}$$

$$o_{49,59^\circ} = 2\pi r_{49,59^\circ} = 2\pi \cdot 4\,135 \doteq 25\,982 \text{ km}.$$

Jeden rovnoběžkový zeměpisný stupeň na rovnoběžce 49,59° s.š. pak odpovídá délce

$$1^\circ \sim \frac{25\,982}{360^\circ} \doteq 72,17 \text{ km} .$$

Převodní konstantou mezi stupni a kilometry je tedy konstanta

$$\frac{2\pi \cdot 6\,379 \cdot \cos(49,59^\circ)[km]}{360^\circ} = \frac{\pi \cdot 6\,379 \cdot \cos(49,59^\circ)[km]}{180^\circ}.$$

Do výsledného vztahu je opět potřebná její převrácená hodnota, tedy

$$\frac{180^\circ}{\pi \cdot 6\,379 \cdot \cos(49,59^\circ)[km]}.$$

V tomto případě se souřadnice  $x$  posunutá o vzdálenost radaru od bodu [0,0] ortogonální mřížky násobí konstantou v této podobě. Zeměpisná délka stejně jako kilometrické hodnoty  $x$  rostou a klesají ve stejném směru.

Pro odvozené konečné podoby převodního vztahu zbývá, podobně jako v odvození předchozího vztahu, zahrnout vztah ke Greenwichskému poledníku. Výsledný vztah pro převod  $x$  [km] do GPS E [°] je tedy

$$GPS E [^\circ] = 14,447^\circ + (x - 301,5)[km] \cdot \left( \frac{180^\circ}{\pi \cdot 6\,379 \cdot \cos(49,59^\circ)[km]} \right).$$

Analogicky pak pro zpětný převod platí

$$x [km] = 301,5 [km] + (GPS E^\circ - 14,447^\circ) \cdot \frac{\pi \cdot 6\,379 \cdot \cos(49,59^\circ)[km]}{180^\circ}.$$

Simulace GPS souřadnic byly prováděny v programu MS Excel 2007 v souboru GPS.xlsx, který je elektronickou přílohou této diplomové práce. Správnost výpočtů byla ověřována pomocí internetového portálu <http://www.mapy.cz>. Ukázka testovacího souboru je zachycena na Obr. 22.

Obr. 22 - Přepočítání souřadnic v [km] na [°]

y (i) [km od LH rohu]	x (j) [km od LH rohu]	GPS N [°]	GPS E [°]
0	0	51,96157141	10,05216272
0	1	51,96157141	10,0667393
0	2	51,96157141	10,08131587
0	3	51,96157141	10,09589245
0	4	51,96157141	10,11046902
0	5	51,96157141	10,1250456
0	6	51,96157141	10,13962217
0	7	51,96157141	10,15419875
0	8	51,96157141	10,16877532
0	9	51,96157141	10,1833519
0	10	51,96157141	10,19792847
0	11	51,96157141	10,21250505
0	12	51,96157141	10,22708162
0	13	51,96157141	10,24165819
0	14	51,96157141	10,25623477
0	15	51,96157141	10,27081134
0	16	51,96157141	10,28538792
0	17	51,96157141	10,29996449
0	18	51,96157141	10,31454107
0	19	51,96157141	10,32911764
0	20	51,96157141	10,34369422
0	21	51,96157141	10,35827079
0	22	51,96157141	10,37284737
0	23	51,96157141	10,38742394
...	...	...	...

Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.2.3 Příprava dat do programově zpracovatelné podoby

Po odvození potřebných vztahů pro výpočty je dalším krokem příprava dat do programově zpracovatelné podoby. Jednak je nutno zanalyzovat obsah všech potřebných, datových souborů a upravit je tak, aby obsahoval konzistentní data, jednak je potřeba datové soubory a data převést do formátu zpracovatelného výpočetním programem.

### 2.2.3.1 Datový soubor s pojistnými událostmi způsobenými úderem blesku

V případě datového souboru obsahující informace o pojistných událostech způsobených úderem blesku bylo v prvním kroku nutno zvolit, která data budou přesně analyzována. Soubor obsahoval data o pojistných událostech způsobených přímým a nepřímým úderem blesku, které byly nahlášeny v letech 2010, 2011 a v prvním kvartále roku 2012. Pro účely této práce byla za analyzovanou, jakožto nejvíce úplnou skupinu dat,

zvolen soubor pojistných událostí, které vznikly v roce 2010. Jelikož se rok nahlášení nemusel nutně shodovat s rokem vzniku pojistné události, byly ze všech tří listů odpovídajících vždy jednomu roku ze sledovaných tří let, získány tyto pojistné události pomocí filtru. Jednalo se celkem o 629 pojistných událostí, přičemž se jednalo o pojistné události unikátní.

U těchto pojistných událostí byly předmětem zájmu především údaje o adrese, na které pojistná událost vznikla. Jelikož se jednalo se o klasický formát adresy, tj. slovní uvedení místa škody (ulice, číslo popisné, město, PSČ, okres, kraj), bylo nutno tyto údaje převést do souřadnic GPS. K tomuto účelu lze využít tzv. geocoding. Jedná se o metodu pro hromadný převod velkého počtu adres na jejich GPS souřadnice<sup>69</sup>. Nicméně tento postup se testováním několika zkušebních převodů ukázal jako nepřesný, protože obecně dostupné online nástroje nedisponují databází přesných GPS souřadnic pro tak malé území jako je Česká republika. Adresy všech 629 analyzovaných pojistných událostí tedy byly získány opět pomocí online nástroje <http://www.mapy.cz/> ručním zadáním jednotlivých adres. Tyto adresy pak byly získány ve formátu *xx.xxxxxxxN,yy.yyyyyyyE*, kde první souřadnice značí zeměpisnou severní šířku, druhá zeměpisnou východní délku. Příkladem může být převod adresy Zikova 4, Praha 6, kdy by výsledným převodem byla získána poloha GPS 50.1021739N, 14.3884692E. Pouze z důvodu pozdějšího využívání indexů v programovém zpracování byly takto získané hodnoty upraveny do podoby *xx.xxxxxxx,yy.yyyyyyy*.

Po převodu adres pojistných událostí do podoby GPS souřadnic bylo nutné provést ještě jeden úkon využívající záznam o adrese pojistné události. Jak již bylo zmíněno v předchozích částech práce, cílem matematického zpracování dat bylo vyhlazení mapy České republiky funkcí intenzity pro bodový proces, jehož realizací byly právě pojistné události. Aby toto vyhlazení bylo co nejvíce vypovídající, bylo provedeno vynormování funkčních hodnot funkce intenzity hustotou obyvatel<sup>70</sup>. Funkční hodnota funkce intenzity pro každou pojistnou událost tedy v praktické aplikaci byla vydělena hustotou obyvatel v okrese, kde pojistná událost vznikla. Aby tento výpočet bylo v rámci programového

---

<sup>69</sup> Viz například <http://www.gpsfrance.net/address2gps>

<sup>70</sup> Bylo využito dat týkajících se hustoty obyvatel vztahované k celému okresu, jelikož data týkající se hustoty obyvatel v každém bodě mapy nebyla ČSÚ poskytnuta.

zpracování možné zrealizovat, bylo nutno ke každé z 629 analyzovaných pojistných událostí přiřadit ze souboru týkajícího se dat o hustotě obyvatel České republiky hustotu zalidnění na 1 km<sup>2</sup>. K tomuto účelu byla využita funkce SVYHLEDAT() integrovaná v programu MS EXCEL 2007.

Upravené zeměpisné souřadnice míst v podobě *xx.xxxxxx,yy.yyyyyyy*, kde vznikly pojistné události v roce 2010, byly uloženy do samostatného souboru *gps\_2010\_cpp.xlsx*. Tento soubor bylo potřebné vytvořit pro vizualizaci vzniklých pojistných událostí (viz dále). Tytéž upravené zeměpisné souřadnice míst, kde vznikly pojistné události v roce 2010, doplněné navíc o údaje týkající se relevantní hustoty obyvatel byly uloženy do samostatného souboru s názvem *gps\_2010\_cpp+\_okresy.xlsx*. Dále byl tento soubor převeden do textového souboru *gps\_2010\_cpp\_txt+\_okresy.txt*, jakožto prvního z klíčových vstupních souborů programu zpracovávající analyzovaná data (viz dále). Ukázkou tohoto souboru zachycuje Obr. 23.

Obr. 23 – Soubor s GPS souřadnicemi a relevantní hustotou obyvatel

The image shows a screenshot of a text editor window titled "gps\_2010\_cpp\_txt+\_okresy - Poznámkový blok". The window contains a list of data points, each consisting of three comma-separated values representing coordinates and population density. The data is as follows:

Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda
13.9761547; 50.5416569; 90.1629867215155				
17.9569372; 49.4163939; 127.10067302348				
14.2709742; 50.4253861; 115.387983484181				
14.2709742; 50.4253861; 115.387983484181				
14.4752811; 49.0185439; 114				
13.9574992; 50.7326050; 298				
14.4562508; 48.9811600; 114				
18.5726889; 49.8718469; 744.60635553738				
12.6426711; 50.1852742; 121.962652047288				
14.3940200; 49.9598031; 2487				
18.3014608; 49.6690742; 174.95524202009				
14.3755658; 50.4571742; 115.387983484181				
16.7568208; 49.4703061; 123.304623735585				
14.3645150; 49.0669400; 113.764851359333				
16.2634931; 50.2677331; 80.6031322260674				
14.4732919; 50.3508439; 148.329877174021				
12.7164589; 49.7236619; 39				
14.1117981; 50.5014081; 115.387983484181				
18.3014608; 49.6690742; 174.95524202009				
16.2577822; 49.5248061; 75.3559161327689				
17.0003497; 48.9549022; 142.739800981963				
14.4291828; 49.5229019; 62.4655017830915				
13.1699942; 49.2960181; 45.1269477999601				
18.0206428; 49.7652650; 172.779480644359				
13.4836861; 49.3617428; 45				
15.2299342; 50.9249250; 172				
14.4202203; 50.0656361; 2487				
17.2081603; 49.4022100; 142.324987312531				
14.4488950; 49.9664678; 208.420972358534				
13.3882631; 49.7386850; 62.556225436733				
18.2372711; 49.8020842; 1000.98689026784				
18.5451928; 49.8624928; 744.60635553738				
16.8923400; 48.8476550; 110.427143833392				
18.5451928; 49.8624928; 744.60635553738				

Zdroj: Vlastní zpracování

### 2.2.3.2 Datový soubor s informacemi o bleskové aktivitě v ovzduší nad územím ČR

Druhým klíčovým souborem pro programové zpracování byl soubor obsahující data o počtech blesků zaznamenaných nad území České republiky. Tento soubor byl vytvořen z binárního \*.rpd souboru poskytnutého Oddělením radarovým ČHMÚ.

Soubor \*.rpd byl, jak bylo zmíněno v kapitole 2.1.2.1, tvořen textovou hlavičkou a binárním obsahem, klíčovým pro účely této práce. Pro vytvoření vstupního souboru pro programové zpracování bylo tedy ze souboru \*.rpd nutné oddělit textovou hlavičku, což bylo provedeno v operačním systému Ubuntu za pomoci konzolových příkazů uvedených v doplňkovém souboru poskytnutém taktéž Oddělením radarovým ČHMÚ. Z informace v hlavičce bylo navíc zjištěno, že binární data byla poskytnuta v komprimované podobě, tj. následně bylo třeba provést dekomprimaci binárních dat. K tomu byl využit další z příkazů uvedených v doplňkovém souboru. Vznikly tak dva soubory – header.txt obsahující textovou hlavičku a flashes1.bin obsahující dekomprimovaná binární data nesoucí informaci o počtech blesků. Soubor flashes1.bin byl druhým z klíčových souborů pro programové zpracování řešeného problému.

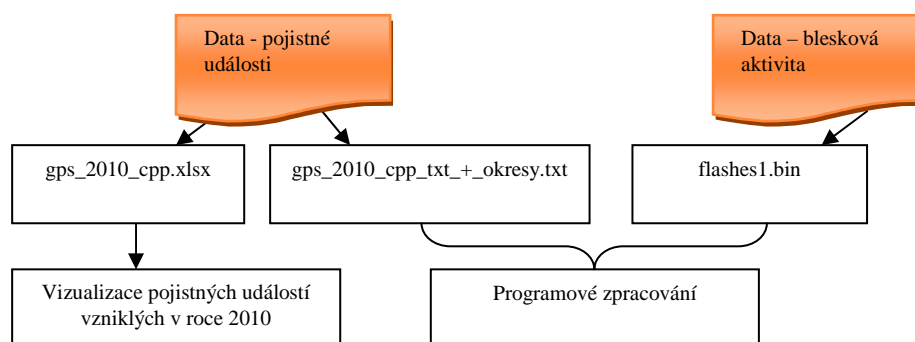
### 2.2.3.3 Přehled vstupních souborů

Z předchozích dvou podkapitol tedy plyne, že data o pojistných událostech poskytnutá Generali Pojišťovnou, a.s. byla spolu s daty získanými z online databáze ČSÚ týkající se hustoty obyvatel v České republice využita pro vytvoření souboru gps\_2010\_cpp.xlsx, výchozího souboru pro vizualizaci poskytnutých pojistných událostí. Dále tento soubor sloužil k vytvoření souboru gps\_2010\_cpp\_txt+\_okresy.txt, jakožto jednoho ze dvou vstupních souborů programového zpracování. Jako druhý vstupní soubor programového zpracování byl vytvořen soubor flashes1.bin, který představoval dekomprimovaný binární soubor nesoucí informaci o počtech blesků zaznamenaných nad územím České republiky v letech 2002 – 2010. Schematicky zmíněné soubory zachycuje Obr. 24<sup>71</sup>.

---

<sup>71</sup> Klíčové vstupní soubory nemohly být zařazeny do elektronické přílohy této diplomové práce, a to z důvodu jejich citlivosti a smluvních vztahů, na základě nichž byla data poskytnuta. Taktéž výstupní soubory nesoucí informace generované ze vstupních souborů, z nichž by bylo možné odvodit informace původní, nejsou součástí elektronické přílohy.

Obr. 24 - Vstupní soubory



Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.2.4 Programové zpracování připravených dat

V předchozích kapitolách bylo zmíněno, že vstupní data byla programově zpracována. Před uvedením realizovaného programu, které je hlavním obsahem této podkapitoly, je však ještě potřeba zmínit několik východisek vlastní tvorby programu.

Pro celkové zpracování řešeného problému byl zvolen programovací jazyk C/C++ a vývojové prostředí Dev-C++. Program pracoval se dvěma vstupními soubory uvedenými v předchozí kapitole. Cílem programu přitom bylo provést veškeré potřebné výpočty a vyprodukovat opět dva výstupní (tentokrát oba textové) soubory. Jeden z výstupních souborů měl obsahovat zeměpisné souřadnice zaznamenaných počtů blesků, druhý informace o funkčních hodnotách funkce intenzity pro zvolený rozsah bodů, nad kterými byly dle dřívějšího odvození funkce intenzity sestrojovány, a to včetně zeměpisných souřadnic těchto bodů.

V následujících několika odstavcích budou uvedeny části programu s potřebným komentářem vztahujícím se k těmto částem. Program ve své kompletní podobě obsahuje Příloha 6 – Programové zpracování a také elektronická příloha této diplomové práce.

### 2.2.4.1 Deklarace proměnných a definování potřebných funkcí

V úvodní části programu byly zavedeny potřebné knihovny, definována konstanta  $\pi$  a především potřebné matice, nad nimiž budou dále v programu prováděny veškeré výpočty, a funkce potřebné k těmto výpočtům.

Potřebnými maticemi jsou matice `matrixf` a `matrixk`, obě o rozsahu 528 x 728. Matice `matrixf[528][728]` obsahuje dále v programu cílově údaje o počtech blesků v každém poli matice. Matice `matrixk[528][728]` cílově nese v každém svém poli informaci o funkční hodnotě funkce intenzity. Potřebné funkce představují čtyři převodní vztahy pro přepočet polohy v zeměpisných souřadnicích na polohu v ortogonální kilometrické mřížce a předpis kernelové funkce, který bude využit pro výpočet funkčních hodnot funkce intenzity. Úvodní část programu zachycuje Obr. 25.

Obr. 25 - Úvodní část programu

```
#include <cstdlib>
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <sstream>
#include <cmath>
#define PI 3.14159265359

using namespace std;

float matrixf [528][728];
float matrixk [528][728];
int k;

double ypsilon (double n) {
    return (217.5 - ((n - 50.008) * 6379.0 * PI) / 180.0);
}

double ix (double e) {
    return (301.5 + (e - 14.447) * (6379.0 * PI / 180.0) * cos(49.59));
}

double north (double y) {
    return (50.008 + (217.5 - y) * (180.0 / (PI * 6379.0)));
}

double east (double x) {
    return (14.447 + (x - 301.5) * (180.0 / (PI * 6379.0 * cos(49.59))));
}

float kernelf (int x, int y, float x0, float y0) {
    return (1. / (80000. * PI) * (400. - (x - x0) * (x - x0) - (y - y0) * (y - y0))); //x ~ j; y ~ i;
}
```

Zdroj: Vlastní zpracování



#### 2.2.4.2 Funkce main() – 1. část

Po úvodní části programu již začíná funkce main(), v rámci níž jsou veškeré výpočty prováděny, a to včetně volání již definovaných funkcí a práce s globálními proměnnými `matrixf[528][728]` a `matrixk[528][728]`.

První část funkce main() uvedená na Obr. 26 obsahuje deklarace lokálních proměnných potřebných v běhu celého programu. Následně je v rámci ní zpracován vstupní binární soubor `flashes1.bin` nesoucí binární informace o počtech blesků v ortogonální mřížce 1x1 km. Obsah tohoto binárního souboru je načten do paměti, následně je v paměti přeuložen tak, že se vždy vynechá vyšší, jak plyne z Obr. 13 vždy nulový, byte a obsah paměti je uložen do binárního výstupního souboru `flashes2.bin`. Následně je tento soubor načten a jeho obsah uložen do matice `matrixk[528][728]`.

Před tímto uložením však dojde k vydělení hodnoty v každém poli matice číslem 9. Důvodem je snaha o zajištění porovnatelnosti dat o bleskové aktivitě a pojistných událostech, a to z hlediska stejné délky sledovaného časového úseku. Data poskytnutá ČHMÚ se vztahují k časovému období v délce 9 let, zatímco analyzovaná data týkající se pojistných událostí se vztahují k roku jednomu. Počet blesků v každém místě mapy představující kumulovaný počet blesků za 9 let je tedy vydělením touto hodnotou převeden na průměrný roční počet blesků v daném místě.

Konverzí mezi uvedenými datovými typy proměnných, s nimiž se pracuje, je docíleno toho, že se binární data převedou na číselnou hodnotu reprezentující počet blesků. Matice `matrixf[i][j]` obsahuje potřebný údaj o počtech blesků za rok v daném místě ortogonální mřížky.

Obr. 26 – Funkce main – 1. část

```
int main (void) {
    ifstream fileIn;
    ofstream fileOut;
    int length1, length2, length3;
    char *buffer;
    char *gps;
    int i,j;
    int xj, yi;
    int x_max, x_min, y_max, y_min;
    float kern;
    float kernR;

    fileIn.open("flashes1", ios::binary);
    fileOut.open("flashes2", ios::binary);

    if (fileIn.is_open()) {
        fileIn.seekg(0, ios::end);
        length1 = fileIn.tellg();
        fileIn.seekg(0, ios::beg);
        buffer = new char[length1];
        fileIn.read(buffer, length1);
        fileIn.close();

        cout << "The complete binary content is in memory.";
        cout << endl;
    }
    else cout << "It was unable to open the binary file.";

    for(i = 0; i < length1; i = i+2) {
        fileOut << buffer[i];
    }
    fileOut.close();

    /* ----- Matrix of average counted flashes by CHMU ----- */
    length2 = length1/2;
    fileIn.open("flashes2", ios::binary);
    fileIn.read(buffer, length2);

    i = 0;
    j = 0;
    for(k = 0; k < length2; k++){
        matrixf[i][j] = buffer[k]/9.0;
        j++;
        if (j > 727) {
            i++;
            j = 0;
        }
    }

    fileIn.close();
}
```

Zdroj: Vlastní zpracování

### 2.2.4.3 Funkce main() – 2. část

Další část funkce main() se věnuje zpracování pojistných událostí, tedy souboru gps\_2010\_cpp\_txt+\_okresy.txt.

Tato část ve svém úvodu obsahuje deklaraci potřebných proměnných. Dále je v rámci ní načten uvedený vstupní soubor obsahující GPS souřadnice pojistných událostí spolu s hustotou. Tyto tři hodnoty jsou programově načteny jako řetězec, který je následně rozdělen, převeden na číselnou hodnotu a tyto číselné hodnoty uloženy do vlastních proměnných – x\_gps[i], y\_gps[i] a R[i]. Dále jsou GPS souřadnice pomocí vztahových funkcí přepočteny do kilometrické ortogonální mřížky, nad níž budou vzápětí probíhat potřebné výpočty funkčních hodnot funkce intenzity.

V dalším oddílu této části programu probíhá vlastní výpočet těchto funkčních hodnot. Nejprve jsou počítány funkční hodnoty kernelové funkce pro každou pojistnou událost, přičemž funkční hodnoty jsou „drženy“ na mřížce v okruhu +/- 20 km dané pojistné události. Následně jsou funkční hodnoty kernelové funkce normovány příslušnou hodnotou hustoty zalidnění. V každém bodě mřížky jsou pak sečteny všechny „podržené“ funkční hodnoty každé znormované kernelové funkce. Výsledkem jsou funkční hodnoty funkce intenzity tohoto bodového procesu v každém bodě mřížky, které jsou obsahem matice matrixk[i][j].

Obr. 27 - Funkce main – 2. část

```
/* ----- Matrix of reported insured events ----- */
ifstream GPSfile ("gps_2010_cpp_txt+_okresy.txt");
string line;
string str1, str2, str3;
size_t pos;

double helpX;
double helpY;
double helpR;
double x_gps [650];
double y_gps [650];
double R [650];
double x_km [650];
double y_km [650];

if (GPSfile.is_open()){
    i = 0;
    for (;;) {
        getline (GPSfile,line);

        if (!GPSfile.good()) break;

        pos = line.find(";");
        str1 = line.substr(0,pos);
        str2 = line.substr(pos+1,pos);
        str3 = line.substr(pos+12);

        stringstream helpStream1 (str1);
        helpStream1 >> helpX ;

        stringstream helpStream2 (str2);
        helpStream2 >> helpY;

        stringstream helpStream3 (str3);
        helpStream3 >> helpR;

        x_gps[i] = helpX;
        y_gps[i] = helpY;
        R[i] = helpR;

        x_km[i] = ix (x_gps[i]);
        y_km[i] = ypsilon (y_gps[i]);

        i++;
    }

    GPSfile.close();
}
else cout << "Unable to open file";
```

```

/* ----- Matrix of insured events - kernel function ----- */
for (i = 0; i < 528; i++) {
    for (j = 0; j < 728; j++) {
        matrixk [i][j] = 0;
    }
}

for (k = 0; k < 629; k++) {
    xj = (int) x_km[k]; // nalezeni cele casti cisla
                        // - posun na mritzku
    yi = (int) y_km[k];

    x_min = xj - 20;
    if (x_min < 0) x_min = 0; //okraj mapy

    x_max = xj + 20;
    if (x_max > 727) x_max = 727;

    y_min = yi - 20;
    if (y_min < 0) y_min = 0;

    y_max = yi + 20;
    if (y_max > 527) y_max = 527;

    for (i = y_min; i < y_max; i++) {
        for (j = x_min; j < x_max; j++) {
            kern = kernelf (j, i, x_km[k], y_km[k]);
            kernR = kern/R[k];
            if (kern > 0) {
                matrixk [i][j] = matrixk [i][j] + kernR;
            }
        }
    }
}

```

Zdroj: Vlastní zpracování

#### 2.2.4.4 Funkce main() – 3. Část

Poslední částí programu a zároveň funkce main() je příprava obsahu obou matic pro vizualizaci. Do tohoto místa programu je poloha funkční hodnoty funkce intenzity stejně jako poloha místa s daným počtem blesků určena pozicí v příslušné matici. Aby bylo možné oba typy těchto hodnot zobrazit na mapě České republiky, je potřeba převést jejich polohu na GPS souřadnice. K tomuto účelu jsou opět využity vztahové funkce.

Výstupem této části programu jsou pak dva textové soubory s názvy fileOutDisplayKernel.txt (celkem 93 929 řádků) a fileOutDisplayFlashes.txt (celkem 384 047 řádků), které v prvním sloupci obsahují informaci o zeměpisné východní délce a ve druhém sloupci údaj týkající se zeměpisné severní šířky. Třetí sloupec nese informaci o průměrném počtu blesků v daném místě v případě bleskových událostí, v případě pojistných událostí hodnotu funkce intenzity. Ukázky obou souborů zachycují Obr. 29 a Obr. 28.

Obr. 29 - fileOutDisplayKernel.txt

```
fileOutDisplayKernel - Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
14. 5093; 51.1622; 1.26846e-007
14. 5232; 51.1622; 5.95497e-007
14. 5371; 51.1622; 9.52264e-007
14. 5509; 51.1622; 1.19715e-006
14. 5648; 51.1622; 1.33015e-006
14. 5786; 51.1622; 1.35127e-006
14. 5925; 51.1622; 1.2605e-006
14. 6063; 51.1622; 1.05785e-006
14. 6202; 51.1622; 7.43323e-007
14. 6341; 51.1622; 3.16909e-007
14. 2184; 51.1532; 2.20777e-007
14. 2322; 51.1532; 4.56633e-007
14. 2461; 51.1532; 6.38095e-007
14. 2599; 51.1532; 7.65164e-007
14. 2738; 51.1532; 8.37837e-007
14. 2877; 51.1532; 8.56117e-007
14. 3015; 51.1532; 8.20003e-007
14. 3154; 51.1532; 7.29494e-007
14. 3292; 51.1532; 5.84591e-007
14. 3431; 51.1532; 3.85294e-007
14. 3569; 51.1532; 1.31602e-007
14. 4678; 51.1532; 1.62422e-007
14. 4816; 51.1532; 9.66722e-007
14. 4955; 51.1532; 1.65914e-006
14. 5093; 51.1532; 2.23967e-006
14. 5232; 51.1532; 2.70832e-006
14. 5371; 51.1532; 3.06509e-006
14. 5509; 51.1532; 3.30997e-006
14. 5648; 51.1532; 3.44298e-006
14. 5786; 51.1532; 3.46409e-006
14. 5925; 51.1532; 3.37333e-006
14. 6063; 51.1532; 3.17068e-006
14. 6202; 51.1532; 2.85615e-006
14. 6341; 51.1532; 2.42974e-006
14. 6479; 51.1532; 1.89144e-006
```

Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 28 - fileOutDisplayFlashes.txt

```
fileOutDisplayFlashes - Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
10.2695; 51.9616; 0.666667
10.2834; 51.9616; 0.555556
10.2972; 51.9616; 1
10.3111; 51.9616; 0.777778
10.325; 51.9616; 0.444444
10.3388; 51.9616; 1.22222
10.3527; 51.9616; 1.22222
10.3665; 51.9616; 0.555556
10.3804; 51.9616; 1.22222
10.3942; 51.9616; 1.22222
10.4081; 51.9616; 0.666667
10.4219; 51.9616; 1.77778
10.4358; 51.9616; 1.11111
10.4497; 51.9616; 1.55556
10.4635; 51.9616; 1.22222
10.4774; 51.9616; 0.666667
10.4912; 51.9616; 0.777778
10.5051; 51.9616; 1
10.5189; 51.9616; 0.555556
10.5328; 51.9616; 1.44444
10.5466; 51.9616; 1.77778
10.5605; 51.9616; 1.22222
10.5744; 51.9616; 1
10.5882; 51.9616; 0.666667
10.6021; 51.9616; 0.777778
10.6159; 51.9616; 1.33333
10.6298; 51.9616; 1.22222
10.6436; 51.9616; 1.55556
10.6575; 51.9616; 1.66667
10.6713; 51.9616; 0.888889
10.6852; 51.9616; 1.11111
10.6991; 51.9616; 1.55556
10.7129; 51.9616; 1.33333
10.7268; 51.9616; 0.333333
10.7406; 51.9616; 0.777778
```

Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.2.5 Vizualizace zpracovaných dat

Po programovém zpracování dat je možné přistoupit k jedné z klíčových částí této práce, a sice k vizualizaci analyzovaných dat. Před uvedením výstupů v podobě vykreslených map České republiky je vhodné krátce zmínit program, pomocí něhož byla vizualizace dat provedena, stejně jako ještě jednou připomenout všechny soubory, které byly vykreslovány.

Vykreslování map bylo provedeno v geografickém informačním systému ArcGIS vyvíjeném americkou společností Esri<sup>72</sup>. Geografický systém ArcGIS je nabízen v různých formách, od základní desktopové aplikace přes specializované nástavby a mobilní aplikace až po vývojářské produkty. Pro účely této práce byla využita desktopová aplikace ArcGIS a její funkcionality v podobě zobrazování dat a tvorby mapových výstupů.

V rámci této práce bylo vhodné zobrazit celkem tři mapy České republiky. Jedná se o mapu zobrazující polohu analyzovaných pojistných událostí a dále o mapu zobrazující výskyt blesků nad územím České republiky, respektive jejich průměrný roční počet. Poslední z map zachycuje vyhlazený povrch České republiky funkcí intenzity. Dvě poslední zmíněné mapy přitom slouží ke grafickému porovnání a vyvození ekonomicky využitelných závěrů pro Generali Pojišťovnu, a.s.<sup>73</sup>

Aby bylo možné data v ArcGIS zobrazit, bylo nejprve nutno převést tato data do formátu rozeznatelného tímto geografickým informačním systémem. Při prostudování ArcGIS Desktop Help bylo zjištěno, že lze načíst celý soubor GPS souřadnic, tento soubor však musí být ve speciálním formátu \*.dbf. Dále byl proto hledán způsob, jak převést textový soubor do tohoto formátu. Dostupné řešení nabídl program MS Excel 97-2003, který umožňuje export dat do tohoto formátu. Textové soubory byly tedy pomocí tohoto programu do potřebného formátu převedeny.

V rámci vizualizace dat je vhodné také připomenout, že v této fázi zpracování zadaného problému, byla využita data týkající se státních hranic a hranic krajů České

---

<sup>72</sup> Viz <http://www.esri.com/>

<sup>73</sup> Tyto mapy včetně podkladových souborů jsou obsahem elektronické přílohy této diplomové práce.

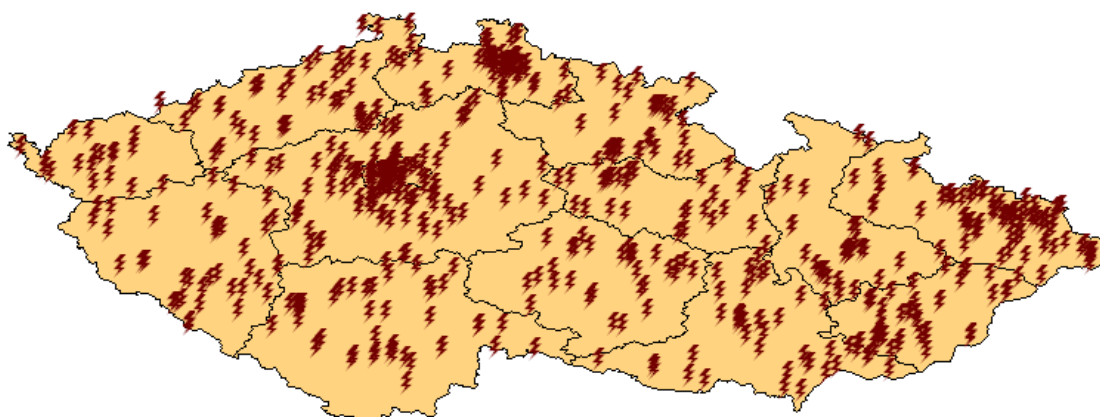
republiky. Tato data ve formátu shapefile byla načtena a vykreslila tak potřebný podklad vizualizovaných bodů v podobě mapy hranic České republiky.

Pro úplnost je vhodné také zmínit, že veškeré vykreslování probíhalo v souřadném systému WGS-84, se kterým jsou kompatibilní souřadnice GPS. Také shapefile mapy České republiky proto musel s tímto formátem korespondovat.

### 2.2.5.1 Pojistné události vzniklé v roce 2010

První z vizualizovaných map, jak již bylo zmíněno výše, zobrazuje pojistné události způsobené úderem blesku, které vznikly v roce 2010. Podkladem pro vizualizace dat sloužil soubor `gps_2010_cpp.xlsx` uvedený v kapitole 2.2.3.1. Vykreslenou mapu zachycuje níže uvedený Obr. 30. Z tohoto obrázku plyne, že největší počet vzniklých pojistných událostí byl zaznamenán v okolí hlavního města Prahy, Ostravy a v oblasti Jizerských hor.

Obr. 30 - Pojistné události způsobené zásahem blesku v roce 2010



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat poskytnutých Generali Pojišťovnou a.s. (ArcGIS)

### 2.2.5.2 Průměrný roční počet blesků nad územím České republiky

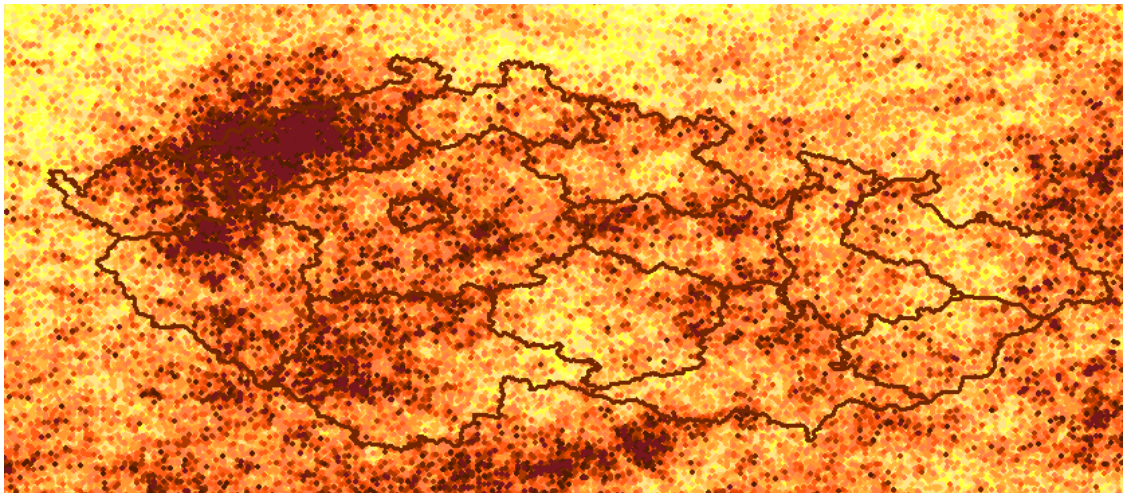
Druhá z vykreslených map představuje mapu zobrazující průměrný roční počet blesků zaznamenaných nad územím České republiky. Výchozím souborem pro tuto mapu byl soubor `fileOutDisplayFlashes.txt` uvedený v kapitole 2.2.4.4 obsahující zeměpisné



souřadnice bodů původně ortogonální mřížky o rozměrech 528 x 728 km a průměrný roční počet blesků evidovaný v každém bodě mřížky.

Tento průměrný počet blesků byl vizualizován pomocí rozdělení zaznamenaných počtů blesků do několika intervalů a přiřazení unikátní barvy či symbolu každému z těchto intervalů. Výslednou mapu zachycuje obrázek Obr. 31, přičemž legendu barevného rozlišení obsahuje Tab. 3. Z této mapy plyne, že největší blesková aktivita nad územím České republiky je ročně zaznamenávána nad oblastí Krušných hor.

**Obr. 31 - Průměrný roční počet blesků nad územím ČR**



**Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat poskytnutých ČHMÚ (ArcGIS)**

Tab. 3 – Průměrný roční počet blesků nad územím ČR - legenda

Počet blesků	Barevné rozlišení / symbol
$\langle 0;0,8 \rangle$	
$\langle 0,8;1,0 \rangle$	
$\langle 1,0;1,2 \rangle$	
$\langle 1,2;1,4 \rangle$	
$\langle 1,4;1,6 \rangle$	
$\langle 1,6;1,8 \rangle$	
$\langle 1,8;2,0 \rangle$	
$\langle 2,0;2,2 \rangle$	
$\langle 2,2;2,4 \rangle$	
$\langle 2,4;2,6 \rangle$	
$\langle 2,6;2,8 \rangle$	
$\langle 2,8;3,0 \rangle$	
$\langle 3,0;3,2 \rangle$	
$\langle 3,2;3,4 \rangle$	
$\langle 3,4;3,6 \rangle$	
$\langle 3,6;\infty \rangle$	

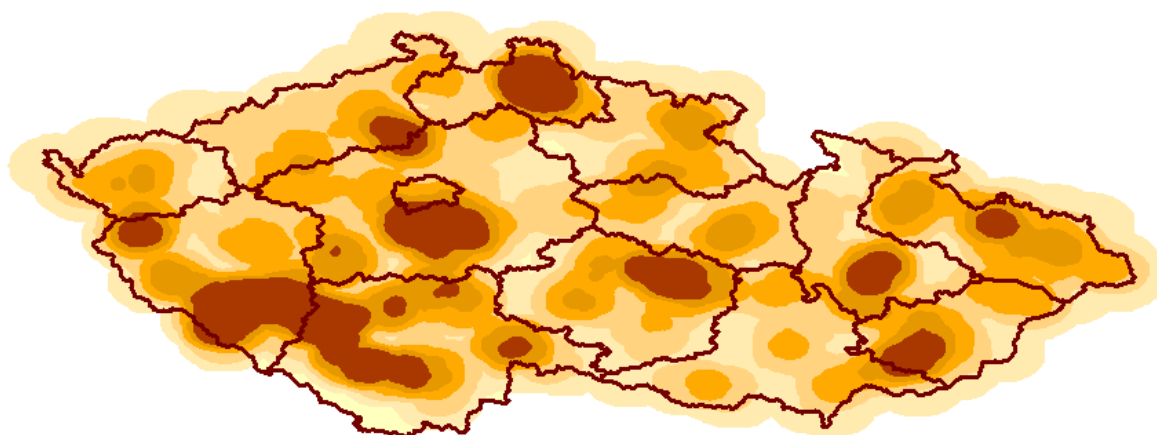
Zdroj: Vlastní zpracování

### 2.2.5.3 Funkce intenzity pojistných událostí

Třetí z vizualizovaných map vykresluje funkční hodnoty funkce intenzity sestrojené pro realizaci bodového procesu, tj. sestrojené nad místy, kde v roce 2010 vznikly zásahem blesku pojistné události. Jednalo se tedy o sestrojení tzv. bleskové mapy, což bylo hlavním cílem této diplomové práce.

Výchozím souborem pro tuto mapu byl soubor fileOutDisplayKernel.txt uvedený v kapitole 2.2.4.4, který obsahoval zeměpisné souřadnice bodů, ve kterých byla vypočtena funkční hodnota funkce intenzity vyhlazující celý povrch České republiky znormovaná hustotou obyvatel. Výslednou mapu zachycuje obrázek Obr. 32, přičemž legendu barevného rozlišení obsahuje Tab. 4. Z této mapy plyne, že největší intenzita pojistných událostí byla pro rok 2010 nad územím České republiky zaznamenána v oblasti jihozápadních a západních Čech, okolí hlavního města Prahy, na hranici Ústeckého a Středočeského kraje, v oblasti Jizerských hor, Žďáru nad Sázavou, Olomouce, v okolí Brna a Zlína a v Moravskoslezském kraji v okolí Opavy a Ostravy.

Obr. 32 – Funkce intenzity pojistných událostí – blesková mapa



Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat poskytnutých Generali Pojišťovnou a.s. (ArcGIS)

Tab. 4 – Blesková mapa – legenda

Intezita blesků	Barevné rozlišení / symbol
$\langle 0;0,3\rangle$	
$\langle 0,3;0,6\rangle$	
$\langle 0,6;0,9\rangle$	
$\langle 0,9;1,2\rangle$	
$\langle 1,2;\infty\rangle$	

Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.3 Vyhodnocení získaných výsledků a formulace závěrů

Předchozí dvě podkapitoly obsahovaly popis a zpracování analyzovaných dat. Vytvořily tak vždy dva porovnatelné výstupy – dvě mapy České republiky a dva textové soubory, na základě nichž byly mapy vykresleny.

Následující dvě podkapitoly tedy obsahují po řadě grafické a statistické porovnání těchto dvou map, respektive dat, která tvořila podklad pro jejich konstrukci. Na základě grafického porovnání je formulován předběžný závěr, který je dále statisticky otestován a dále upřesněn. V závěru kapitoly obsahující statistický test je formulovaný závěr využitelný v pojišťovnické praxi.

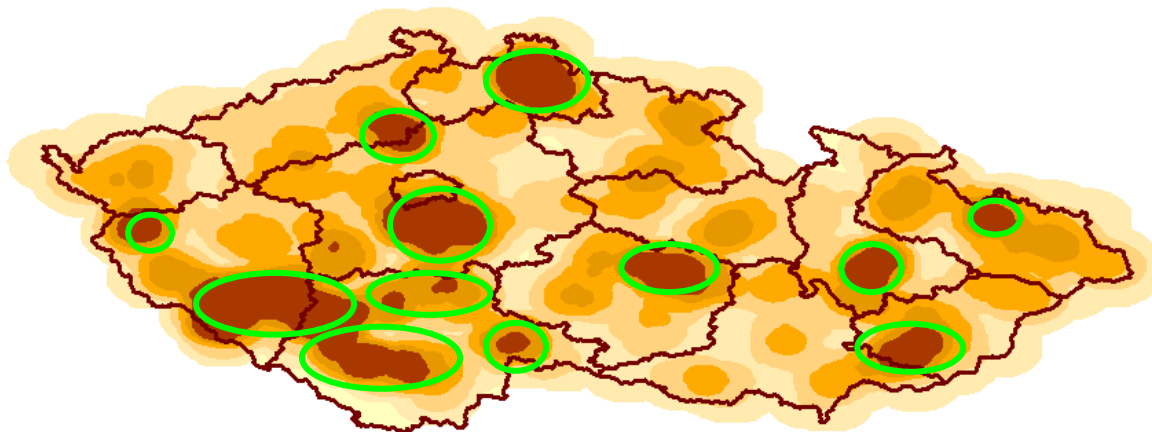
### 2.3.1 Porovnání map na základě grafické vizualizace

Vykreslení map uvedených v kapitolách 2.2.5.2 a 2.2.5.3 je podkladem pro posouzení jejich grafické podobnosti. Na základě tohoto srovnání je možné vyslovit předběžný závěr pro pojišťovnu týkající se závislosti pravděpodobnosti vzniku pojistných událostí způsobených zásahem blesku na výskytu blesků v daném místě.

Po provedení porovnání lze říci, že je možné usuzovat na existenci vzájemné závislosti mezi mapami, tedy mezi mapou zobrazující průměrné roční počty blesků nad územím ČR a mapou vykreslující funkci intenzity pojistných událostí. Zajímavou výjimkou je oblast Krušných hor, kde navzdory největší bleskové aktivitě nebyly zaznamenány vyšší počty pojistných událostí. Tato skutečnost může být způsobena například tím, že nebyla analyzována data od všech pojišťoven působících na českém trhu.

S výjimkou Krušných hor se však zdá, že v oblastech, kde se více blýská, je vyšší pravděpodobnost vzniku pojistných událostí, tj. větší blesková aktivita ukazuje na vyšší počet vzniklých pojistných událostí v daném místě České republiky. Největší pravděpodobnost se přitom týká dvanácti oblastí, které pro názornost zdůrazňuje Obr. 33.

Obr. 33 - Největší intenzita pojistných událostí



Zdroj: Vlastní zpracování (ArcGIS)

### 2.3.2 Statistické vyhodnocení získaných výsledků a formulace závěrů

Ze závěru předchozí podkapitoly vyplývá, že při předvídání vzniku pojistných událostí lze vycházet z průměrného výskytu blesků. Tento předběžný závěr založený na

vizuálním porovnání obou map byl tedy ještě podroben statistickému porovnání, aby mohl být potvrzen či vyvrácen. K tomuto účelu posloužil test korelačního koeficientu zmíněný v podkapitole 1.3.2.4.

Vlastní výpočet korelačního testu byl proveden ve statistickém programu R. Vstupními hodnotami korelačního koeficientu byly funkční hodnoty funkce intenzity v daném bodě a jim odpovídající průměrné roční počty blesků, které byly získány z výstupních souborů programu C/C++ uvedených výše v textu, tj. fileOutDisplayKernel.txt a fileOutDisplayFlashes.txt.

Data z těchto dvou výstupních souborů byla zpracována v programu MS EXCEL 2007 za pomoci funkce SVYHLEDAT(), tj. ke každé z 93 929 funkčních hodnot funkce intenzity byl nalezen odpovídající průměrný roční počet blesků. Následně byl takto vzniklý soubor převeden do textového formátu. Vznikl tak soubor dataForR.txt obsahující 93 929 hodnot, který v prvním a druhém sloupci obsahoval po řadě zmíněné hodnoty. Začátek tohoto souboru ukazuje Obr. 34.

Obr. 34 - dataForR.txt

Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení
0,000000126846			1,66667
0,000000595497			0,888889
0,000000952264			0,222222
0,000001197150			0,444444
0,000001330150			0,888889
0,000001351270			1
0,000001260500			1,77778
0,000001057850			1
0,000000743323			1,55556
0,000000316909			1,44444
0,000000220777			1,88889
0,000000456633			1,55556
0,000000638095			1,11111
0,000000765164			1,22222
0,000000837837			1,22222
0,000000856117			0,777778
0,000000820003			1,33333
0,000000729494			0,888889
0,000000584591			1,22222
0,000000385294			1

Zdroj: Vlastní zpracování

Nad takto připravenými daty byl v programu R proveden korelační test na 5% hladině významnosti, jehož výstup ukazuje Obr. 35 a je také obsažen v elektronické příloze této práce.

### Obr. 35 - Korelační test

```
data: a[, 1] and a[, 2]
t = 29.3682, df = 93927, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.08904848 0.10172243
sample estimates:
cor 0.09538932
```

**Zdroj: Vlastní zpracování (program R)**

Z Obr. 35 plyne, že test korelačního koeficientu nepotvrdil nulovost korelačního koeficientu. V programu R byl jeho odhad stanoven ve výši 0,09538932 a  $p$ -value byla menší než zvolená hladina významnosti, což vede k zamítnutí hypotézy o nulovosti korelačního koeficientu. Provedený test korelačního koeficientu tedy vyvrátil nezávislost mezi testovanými daty a potvrzuje závěr z grafického porovnání dat.

Lze tedy konstatovat, že v místech České republiky, kde je vysledovaný vyšší průměrný počet blesků, je vyšší pravděpodobnost vzniku pojistných událostí, tj. že větší blesková aktivita ukazuje na vyšší počet pojistných událostí v daném místě České republiky.

# Závěr

Tato diplomová práce vznikla s cílem rozšířit nástroje pojišťoven pro identifikaci rizikových oblastí České republiky, a to z pohledu bleskové aktivity v ovzduší. Konkrétním cílem bylo získání a analýza hydrometeorologických údajů o výskytech blesků na území ČR, reálných dat pojišťovny týkajících se pojistných událostí způsobených zásahem blesku a vyvození ekonomických závěrů využitelných v ekonomické praxi. Z praktického pohledu se jednalo o sestavení analogie povodňové mapy, tj. mapy bleskové.

Tento cíl byl postupně realizován v několika krocích, seskupených dle svého charakteru do teoretické a aplikační části práce. Teoretická část práce se věnovala relevantní problematice a ve čtyřech podkapitolách vymezila hlavní oblasti, jichž se tato diplomová práce dotkla.

První podkapitola přiblížila oblast pojišťovnictví a pojištění, především se jednalo o definování základních pojmů, pojistného trhu a pojistných produktů v České republice. Druhá podkapitola obsahovala problematiku blesků, především se zaměřila na jejich fyzikální podstatu, typy, nebezpečí pro člověka a způsob jejich detekce. Třetí podkapitola vymezovala matematický aparát pro zpracování prostorových dat. Jednalo se především o aplikaci bodových procesů, aparátu prostorové statistiky. Ve čtvrté kapitole byla přiblížena problematika vizualizace prostorových dat v prostředí geografických informačních systémů.

Na teoretickou část práce plynule navázala část aplikační. Ve třech podkapitolách, do kterých byla rozdělena, byly uvedeny veškeré praktické kroky vedoucí ke splnění této práce.

První podkapitola se věnovala popisu analyzovaných dat. Jednalo se celkem o čtyři skupiny dat, a sice data o pojistných událostech způsobených zásahem blesku získaných od Generali Pojišťovny a.s., data o výskytech blesků nad územím České republiky poskytnutých Českým hydrometeorologickým ústavem, data o hustotě obyvatel v České republice a data nesoucí informaci o státních hranicích a hranicích krajů České republiky.

Druhá podkapitola aplikační části práce obsahovala popis vlastního zpracování získaných a popsáných dat. Jednalo se o klíčovou kapitolu, ve které byly především odvozeny vztahy pro potřebné výpočty, příprava dat do programově zpracovatelné podoby, vlastní programové zpracování v programu C/C++ a vizualizace získaných výsledků v geografickém informačním systému ArcGIS mimo jiné do podoby bleskové mapy.

Ve třetí podkapitole aplikační části práce byly pak získané výsledky vyhodnoceny. Především se jednalo o grafické a statistické porovnání získaných výsledků a formulování klíčových závěrů. Bylo konstatováno, že v místech České republiky, kde je vysledovaný vyšší průměrný počet blesků, je vyšší pravděpodobnost vzniku pojistných událostí, tj. že větší blesková aktivita ukazuje na vyšší počet pojistných událostí v daném místě České republiky.

Provedením všech uvedených kroků, které vyústily především v sestrojení bleskové mapy, byl tedy splněn cíl této diplomové práce. Tato blesková mapa může dále sloužit pojišťovně jako podklad pro výpočet ceny pojistného v daném místě České republiky. Pro generalizaci této mapy lze doporučit postoupit ji k dalším zpřesňujícím výpočtům, a to především vycházejícím z delší časové řady zaznamenaných pojistných událostí či pojistných událostí evidovaných všemi pojišťovnami operujícími na území České republiky.



# Seznam odborné literatury a zdrojů

## Odborná tištěná literatura

- ANDĚL, J.: *Matematická statistika*. Praha: SNTL; Bratislava: Alfa, 1978. 346 s.
- BAILEY, T., GATRELL, A.: *Interactive spatial data analysis*. Essex, Longman Scientific & Technical, 1995, 413 s.
- BIČÍK, I. et al.: *Školní atlas světa*. 1. opravené a rozšířené vydání. Praha: TERRA, 2001. 175 s. ISBN 80-902282-2-4.
- BRABEC, J.: *Matematická analýza II*. Praha: SNTL; Bratislava: Alfa, 1986. 580 s.
- DAŇHEL, J.: *Pojistná teorie*. 2. vydání. Praha: Professional Publishing, 2006. 338 s. ISBN 80-86946-00-2.
- DUCHÁČKOVÁ, E.: *Principy pojištění a pojišťovnictví*. 2. vydání. Praha: Ekopress, 2005. 178 s. ISBN 80-86119-92-0.
- DUPAČ, V.; HUŠKOVÁ, M.: *Pravděpodobnost a matematická statistika*. 1. vydání. Praha: Karolinum, 2001. 162 s. ISBN 80-246-0009-9.
- FOTR, J.: *Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje*. 2. vydání. Praha: Ekopress, 2010. 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0.
- HRADEC, M.: *Pojištění a pojišťovnictví*. 1. vydání. Praha: VŠFS, 2005. 215 s. ISBN 80-86754-48-0.
- ŘEZÁČOVÁ, D. et al.: *Fyzika oblaků a srážek*. 1. vydání. Praha: Academia, 2007. 574 s. ISBN 978-80-200-1505-1.
- IILIAN, J. A. et al.: *Statistical Analysis and Modeling of Spatial Point Patterns*. John Wiley & Sons, Ltd., 2008. 534 s. ISBN 978-0-470-01491-2
- KOLÁŘ, J.: *Geografické informační systémy 10*. 2. vydání. Praha : ČVUT, 2003. 161 s. ISBN 80-01-02687-6.

- KOŘENÁŘ, B.: *Stochastické procesy*. 2. vydání. Praha: Oeconomica, 2010. 228 s. ISBN 978-80-245-1646-2.
- KOTLER, P.: *Marketing management*. 1. vydání. Harlow: Pearson Prentice Hall, 2009. 889 s. ISBN 978-0-273-71856-7.
- KULHÁNEK, P.: *Blýskání*. 1. vydání. Aldebaran Group for Astrophysics, 2011. 304 s. ISBN 978-80-904582-3-9.
- MACHALOVÁ, J.: *Prostorově orientované systémy pro podporu manažerského rozhodování*. 1. vydání. Praha: Beck, 2007. 141 s. ISBN 978-80-7179-463-9.
- MERUNKA, V.: *Datové modelování*. 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, 2006. 180 s. ISBN 80-86851-54-0.
- MØLLER, J.; WAAGEPETERSEN, R. P. : *Statistical Inference and Simulations for Spatial Point Processes*. Boca Raton : Chapman & Hall/CRC, 2004. 300 s. ISBN 1-58488-265-4.
- RAKOV, V.; UMAN, M. A.: *Lightning : physics and effects*. 1. vydání. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 687 s. ISBN 0-521-58327-6.
- ŘEZÁČOVÁ, D. et al.: *Fyzika oblaků a srážek*. 1. vydání. Praha: Academia, 2007. 574 s. ISBN 978-80-200-1505-1.
- ŘIHÁNEK, L. V.: *Bouřky a ochrana před bleskem*. Praha : Československá akademie věd, 1957. 507 s. ISBN neuvedeno.
- TOLASZ, R. et al.: *Atlas podnebí Česka*. 1. vydání. Praha : Český hydrometeorologický ústav, 2007. 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.
- VIRIUS, M.: *Jazyky C a C++ : kompletní kapesní průvodce programátora*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2006. 518 s. ISBN 80-247-1494-9.
- VEBER, J. a kol.: *Management: základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost s prosperita*. 2. aktualizované vydání. Praha: Management Press, 2009. 734 s. ISBN 978-80-7261-200-0.

## Elektronické zdroje

- BARTONÍČEK, L.: *Výroční zpráva za rok 2011 České asociace pojišťoven*. [online]. [cit. 3. 4. 2013]. Praha: ČAP, 2012. Dostupné z www: [http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY\\_01&view=pro+web+V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD+zpr%C3%A1vy](http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY_01&view=pro+web+V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD+zpr%C3%A1vy)
- BENEŠ, V.; PROKEŠOVÁ, M.: *Časoprostorové bodové procesy*. [online]. [cit. 14. 4. 2013]. Dostupné z www: <http://www.statspol.cz/robust/robust2004/benes.pdf>
- BOLDIŠ, P.: *Bibliografické citace dokumentu podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2, Část 1 – Citace: metodika a obecná pravidla, verze 3.3*. [online]. Dostupné z www: <http://www.boldis.cz/citace/citace1.pdf>
- BOLDIŠ, P.: *Bibliografické citace dokumentu podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2, Část 2 – Modely a příklady citací u jednotlivých typů dokumentů, verze 3.3*. [online]. Dostupné z www: <http://www.boldis.cz/citace/citace2.pdf>
- ČAP: *Statistiky – Vývoj pojistného trhu*. [online]. [25. 4. 2013]. Praha: Česká asociace pojišťoven, 2013. Dostupné z www: <http://www.cap.cz/statistics.aspx>
- ČAP: *Vývoj předepsaného pojistného a HDP*. [online]. [cit. 8.4. 2013]. Praha: Česká asociace pojišťoven, 2013. Dostupné z www: <http://www.cap.cz/Folder.aspx?folder=Lists%2fMenu%2fPojistn%C3%BD+trh>
- ČHMÚ: *Aktuální detekce blesků*. [online]. [cit. 2. 4. 2013]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2013. Dostupné z www: [http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/blesk/data\\_jsceldnview.html](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/blesk/data_jsceldnview.html)
- ČNB: *Slovník pojmů*. [online]. [cit. 8. 4. 2013]. Praha: Česká národní banka, 2013. Dostupné z www: <http://www.cnb.cz/cs/obecne/slovník/p.html>
- ČSÚ: *Demografická příručka*. [online]. [cit. 30. 4. 2013]. Praha: Český statistický úřad, 2013. Dostupné z www: <http://www.czso.cz/csu/2012ediciplan.nsf/p/4032-12>

- ČSÚ: *Klasifikace ekonomických činností*. [online]. [cit. 6. 4. 2013]. Praha: Český statistický úřad, 2013. Dostupné z www:  
[http://www.czso.cz/csu/klasifik.nsf/i/klasifikace\\_ekonomickych\\_cinnosti\\_%28cz\\_nace%29](http://www.czso.cz/csu/klasifik.nsf/i/klasifikace_ekonomickych_cinnosti_%28cz_nace%29)
- ČÚZK: *Geoportál – přístup k mapovým produktům a službám resortu*. [online]. Praha: Český úřad zeměměřičský a katastrální. Dostupné z www:  
<http://geoportal.cuzk.cz>
- ČÚZK: *Vektorový soubor správních hranic a hranic katastrálních území*. [online]. [cit. 30. 4. 2013]. Praha: Český úřad zeměměřičský a katastrální. Dostupné z www:  
[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(mpzjhf55hd5oswnwmqbwvntnt\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&side=dSady\\_hranice10&metadataID=CZ-CUZK-SH10-OBCE-V&mapid=5&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=2527](http://geoportal.cuzk.cz/(S(mpzjhf55hd5oswnwmqbwvntnt))/default.aspx?mode=TextMeta&side=dSady_hranice10&metadataID=CZ-CUZK-SH10-OBCE-V&mapid=5&head_tab=sekce-02-gp&menu=2527)
- EUCLID: *What is EUCLID?* [online]. [cit. 10. 4. 2013]. Dostupné z www:  
[http://www.euclid.org/what\\_is.html](http://www.euclid.org/what_is.html)
- GENERALI POJIŠŤOVNA A.S.: *O pojišťovně*. [online]. [cit. 25. 4. 2013]. Dostupné z www: <http://www.generalic.cz/stranky/o-generalic/>
- GENERALI POJIŠŤOVNA A.S.: *Všeobecné pojistné podmínky pro pojištění domácnosti*. [online]. [cit. 26. 4. 2013]. Dostupné z www:  
<http://www.generalic.cz/soubory/82XEAG/VPP%20Dom%C3%A1cnost.pdf>
- Koudelka, C.; Vrána V.: *Ochrana před přepětím*. [online]. [cit. 3. 4.2013]. Ostrava: Vysoká škola báňská, 2013. Dostupné online:  
[feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC\\_FBI/Prednasky/prepeti\\_pres.pdf](http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/prepeti_pres.pdf)
- ORAVA, J.: *Jádrové odhady a binární data*. [online]. [cit. 20. 4. 2013]. Brno: Masarykova univerzita 2006. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Dostupné online:  
[http://is.muni.cz/th/106721/prif\\_b/Jadrove\\_odhady.pdf](http://is.muni.cz/th/106721/prif_b/Jadrove_odhady.pdf)

- PPF: *Generali PPF Holding*. [online]. [cit. 25. 4. 2013]. Dostupné z www: <http://www.ppf.cz/cz/spolecnosti-v-portfoliu-skupiny-ppf/pojistovnictvi/generali-ppf-holding.html>
- Siemens: *Blitz Informationsdienst von Siemens*. [online]. [cit. 10. 4. 2013]. Dostupné z www: <http://www.industry.siemens.com/services/global/de/blids/seiten/Default.aspx>
- ÚFA: *Fyzika ionosféry*. [online]. [cit. 20. 3. 2013]. Praha: Ústav fyziky atmosféry, 2012. Dostupné z www: <http://www.ufa.cas.cz/html/climaero/topics/cionosphere.html>
- World Health Organisation: *Victim of lightning by country*. [online]. [cit. 2.4.2013]. Dostupné z www: [http://www.nationmaster.com/graph/mor\\_vic\\_of\\_lig-mortality-victim-of-lightning](http://www.nationmaster.com/graph/mor_vic_of_lig-mortality-victim-of-lightning)
- *Zákon č. 37/2004 Sb., o pojistné smlouvě*. [online]. [cit. 6. 4. 2013]. Dostupné z www: [http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY\\_01&view=pro+web+pr%C3%A1vn%C3%AD+p%C5%99edpisy+C4%8CR](http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY_01&view=pro+web+pr%C3%A1vn%C3%AD+p%C5%99edpisy+C4%8CR)
- *Zákon č. 38/2004 Sb., o pojišťovacích zprostředkovatelích a samostatných likvidátorech pojistných událostí*. [online]. [cit. 6. 4. 2013]. Dostupné z www: [http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY\\_01&view=pro+web+pr%C3%A1vn%C3%AD+p%C5%99edpisy+C4%8CR](http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY_01&view=pro+web+pr%C3%A1vn%C3%AD+p%C5%99edpisy+C4%8CR)
- *Zákon č. 277/2009 Sb., o pojišťovníctví*. [online]. [cit. 7. 4. 2013]. Dostupné z www: [http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY\\_01&view=pro+web+pr%C3%A1vn%C3%AD+p%C5%99edpisy+C4%8CR](http://www.cap.cz/ItemF.aspx?list=DOKUMENTY_01&view=pro+web+pr%C3%A1vn%C3%AD+p%C5%99edpisy+C4%8CR)
- 20th International Lightning Detection Conference (ILDC): *Annual Rates of Lightning Fatalities by Country*. [online]. [cit. 2.4.2013]. Dostupné online: [http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Scientific%20papers/Annual\\_rates\\_of\\_lightning\\_fatalities\\_by\\_country.pdf](http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Scientific%20papers/Annual_rates_of_lightning_fatalities_by_country.pdf)

# Seznam obrázků

Obr. 1 - Cíl práce a teoretické disciplíny, jichž se dotýká .....	12
Obr. 2 - Cumulonimbus .....	20
Obr. 3 - Vrstvy atmosféry .....	22
Obr. 4 - Mechanismus vzniku blesku .....	24
Obr. 5 - Varianty vzniku blesku do Země .....	26
Obr. 6 - Mapa bouřek (1896 - 1905).....	29
Obr. 7 - Mapa bouřek (1926 - 1950).....	29
Obr. 8 - Průměrný počet dní s bouřkou (1981 - 2000) .....	30
Obr. 9 - Aktuální data detekce blesků (0:05 h, 2.4. 2013).....	33
Obr. 10 - Bodové pole.....	35
Obr. 11 - Funkce intenzity pro $k \sim N[\mu, \sigma^2]$ .....	40
Obr. 12 - Epanečnikovo jádro.....	41
Obr. 13 - Binární soubor s počty blesků poskytnutý ČHMÚ .....	52
Obr. 14 - Základní princip zpracování dat .....	55
Obr. 15 - Zvolená ortogonální mřížka .....	56
Obr. 16 - Princip vyhlazení mapy funkcí intenzity pro $r = 1$ km.....	57
Obr. 17 - Transformace na polární souřadnice .....	58
Obr. 18 - Kernelová funkce .....	59
Obr. 19 - Vztažné souřadné soustavy .....	61
Obr. 20 - Schematické sloučení vztažných soustav .....	62
Obr. 21 - Odvození délky 1 km na $49.59^\circ$ s.š.....	65
Obr. 22 - Přepočtení souřadnic v [km] na $[\circ]$ .....	67
Obr. 23 – Soubor s GPS souřadnicemi a relevantní hustotou obyvatel.....	69
Obr. 24 - Vstupní soubory .....	71
Obr. 25 - Úvodní část programu .....	72
Obr. 26 – Funkce main – 1. část .....	74
Obr. 27 - Funkce main – 2. část.....	76
Obr. 28 - fileOutDisplayFlashes.txt.....	78
Obr. 29 - fileOutDisplayKernel.txt.....	78
Obr. 30 - Pojistné události způsobené zásahem blesku v roce 2010 .....	80
Obr. 31 - Průměrný roční počet blesků nad územím ČR.....	81

Obr. 32 – Funkce intenzity pojistných událostí – blesková mapa .....	83
Obr. 33 - Největší intenzita pojistných událostí .....	84
Obr. 34 - dataForR.txt.....	85
Obr. 35 - Korelační test.....	86
Obr. 36 - Organizační struktura společnosti Generali pojišťovna a.s.....	105

## Seznam grafů

Graf 1 - Vývoj předepsaného pojistného a HDP (meziroční změny v %)	19
--	----

## Seznam tabulek

Tab. 1- Typické fyzikální charakteristiky blesku .....	24
Tab. 2 - Vstupní data.....	53
Tab. 3 – Průměrný roční počet blesků nad územím ČR - legenda .....	82
Tab. 4 – Blesková mapa – legenda .....	83

# Přílohy

## Příloha 1

### ZÁKON

ze dne 17. prosince 2003

**o pojišťovacích zprostředkovatelích a samostatných likvidátorech  
pojistných událostí a o změně živnostenského zákona  
(zákon o pojišťovacích zprostředkovatelích a likvidátorech pojistných událostí)**

#### § 4

##### Pojišťovací zprostředkovatelé

- (1) Zprostředkovatelskou činnost v pojišťovnictví může za podmínek stanovených tímto zákonem provozovat na území České republiky právnická nebo fyzická osoba jako
  - a) vázaný pojišťovací zprostředkovatel (§ 5),
  - b) podřízený pojišťovací zprostředkovatel (§ 6),
  - c) pojišťovací agent (§ 7),
  - d) výhradní pojišťovací agent (§ 6a),
  - e) pojišťovací makléř (§ 8), nebo
  - f) pojišťovací zprostředkovatel, jehož domovským členským státem není Česká republika (§ 9).
- (2) Zprostředkovatel může provozovat zprostředkovatelskou činnost pouze v postavení, v jakém byl registrován.

#### § 5

##### Vázaný pojišťovací zprostředkovatel

- (1) Vázaný pojišťovací zprostředkovatel vykonává zprostředkovatelskou činnost v pojišťovnictví jménem a na účet jedné nebo více pojišťoven, neinkasuje pojistné a nevyplácí plnění z pojistných nebo zajišťovacích smluv. V případě nabídky pojistných produktů více pojišťoven nesmí být tyto produkty vzájemně konkurenční.
- (2) Vázaný pojišťovací zprostředkovatel je ve své činnosti vázán písemnou smlouvou s pojišťovnou, jejímž jménem a na jejíž účet jedná, a jejími pokyny. Pojišťovna, jejíž pojistný produkt vázaný pojišťovací zprostředkovatel nabízí, odpovídá za škodu jím způsobenou při výkonu zprostředkovatelské činnosti v pojišťovnictví.



- (3) Za vázaného pojišťovacího zprostředkovatele se považuje i osoba, která vykonává zprostředkovatelskou činnost v pojišťovnictví za podmínek podle odstavce 1, pokud je v rámci této činnosti nabízeno pojištění, které je doplňkovou službou pojišťovacím zprostředkovatelem dodávaného zboží nebo poskytované služby.
- (4) Vázaný pojišťovací zprostředkovatel musí být zapsán do registru, splňovat podmínky důvěryhodnosti a podmínky stanovené tímto zákonem pro základní kvalifikační stupeň odborné způsobilosti.

## **§ 6**

### **Podřízený pojišťovací zprostředkovatel**

- (1) Podřízený pojišťovací zprostředkovatel spolupracuje s pojišťovacím agentem nebo výhradním pojišťovacím agentem nebo pojišťovacím makléřem na základě písemné smlouvy, neinkasuje pojistné a nezprostředkovává plnění z pojistných nebo zajišťovacích smluv. Ve své činnosti je vázán pokyny pojišťovacího zprostředkovatele, jehož jménem a na jehož účet jedná. Podřízený pojišťovací zprostředkovatel je odměňován pojišťovacím zprostředkovatelem, jehož jménem a na jehož účet jedná.
- (2) Podřízený pojišťovací zprostředkovatel musí být zapsán do registru, splňovat podmínky důvěryhodnosti a podmínky stanovené tímto zákonem pro základní kvalifikační stupeň odborné způsobilosti.
- (3) Pojišťovací zprostředkovatel, jehož jménem a na jehož účet jedná podřízený pojišťovací zprostředkovatel, odpovídá za škodu jím způsobenou při výkonu zprostředkovatelské činnosti v pojišťovnictví.

## **§ 6a**

### **Výhradní pojišťovací agent**

- (1) Výhradní pojišťovací agent vykonává zprostředkovatelskou činnost v pojišťovnictví na základě písemné smlouvy jménem a na účet jedné pojišťovny.
- (2) Výhradní pojišťovací agent je ve své činnosti vázán vnitřními předpisy pojišťovny, jejímž jménem a na jejíž účet jedná; bylo-li tak dohodnuto, je oprávněn vybírat pojistné nebo zprostředkovávat plnění z pojistných smluv. Pojišťovací agent je odměňován pojišťovnou, jejímž jménem a na jejíž účet jedná.
- (3) Výhradní pojišťovací agent musí být zapsán do registru, splňovat podmínky důvěryhodnosti a podmínky stanovené tímto zákonem pro základní kvalifikační stupeň odborné způsobilosti. Osoba zapsaná do registru jako výhradní pojišťovací agent a

současně jako vázaný pojišťovací zprostředkovatel, podřízený pojišťovací zprostředkovatel, pojišťovací agent nebo pojišťovací makléř může zprostředkovávat uzavírání pojistných smluv spadajících do pojistných odvětví, která jsou předmětem smlouvy podle odstavce 1, pouze jako výhradní pojišťovací agent.

- (4) Pojišťovna, jejímž jménem a na jejíž účet výhradní pojišťovací agent jedná, odpovídá za škody způsobené touto jeho činností.
- (5) Byl-li výhradní pojišťovací agent zmocněn vybírat od pojistníka pojistné nebo zprostředkovávat výplaty pojistného plnění, je povinen
  - a) udržovat trvale likvidní finanční jistinu ve výši 4 % z ročního objemu jím inkasovaného pojistného, nejméně však ve výši odpovídající hodnotě 17 000 EUR, nebo
  - b) používat pro převody pojistného a pojistného plnění výhradně zvlášť k tomu zřízené a od vlastního hospodaření oddělené bankovní účty. Tímto účtem může být i bankovní účet pojišťovny, pokud je z něj patrné, který výhradní pojišťovací agent a jakou částku pojistného na tento bankovní účet vložil.
- (6) Pro činnost výhradního pojišťovacího agenta jinak platí obdobná úprava týkající se vázaného pojišťovacího zprostředkovatele stanovená v tomto zákoně a ve zvláštních právních předpisech.

## § 7

### **Pojišťovací agent**

- (1) Pojišťovací agent vykonává zprostředkovatelskou činnost v pojišťovnictví na základě písemné smlouvy, jménem a na účet jedné nebo více pojišťoven. V případě nabídky pojistných produktů více pojišťoven mohou být tyto produkty vzájemně konkurenční.
- (2) Pojišťovací agent je ve své činnosti vázán vnitřními předpisy pojišťovny, jejímž jménem a na jejíž účet jedná, bylo-li tak dohodnuto, je oprávněn přijímat pojistné nebo zprostředkovávat plnění z pojistných smluv. Pojišťovací agent je odměňován pojišťovnou, jejímž jménem a na jejíž účet jedná.
- (3) Pojišťovací agent musí být zapsán do registru, splňovat podmínky důvěryhodnosti a podmínky stanovené tímto zákonem pro střední kvalifikační stupeň odborné způsobilosti.
- (4) Pojišťovací agent musí být po celou dobu výkonu činnosti pojišťovacího zprostředkovatele pojištěn pro případ odpovědnosti za škodu způsobenou výkonem této činnosti účinnou na celém území Evropského hospodářského prostoru, s limitem

pojistného plnění nejméně ve výši odpovídající hodnotě 1 200 000 eur na každou pojistnou událost, v případě souběhu více pojistných událostí v jednom roce nejméně ve výši odpovídající hodnotě 1 700 000 eur, pokud se pojišťovna, jejímž jménem a na jejíž účet pojišťovací agent jedná, písemně nezavázala převzít odpovědnost za škody způsobené touto jeho činností.

- (5) Byl-li pojišťovací agent zmocněn přijímat od pojistníka pojistné nebo od pojišťovny výplaty pojistného plnění, je povinen
- a) udržovat trvale likvidní finanční jistinu ve výši 4 % z ročního objemu jím inkasovaného pojistného, nejméně však ve výši odpovídající hodnotě 17 000 eur, nebo
  - b) používat pro převody pojistného a pojistného plnění výhradně zvlášť k tomu zřízené a od vlastního hospodaření oddělené bankovní účty.

## **§ 8**

### **Pojišťovací makléř**

- (1) Pojišťovací makléř je ve své činnosti vázán obsahem smlouvy uzavřené se zájemcem o pojištění nebo zajištění (dále jen „klient“).
- (2) V závislosti na obsahu smlouvy s klientem pojišťovací makléř zpracovává komplexní analýzy pojistných rizik, návrhy pojistných nebo zajišťovacích programů, poskytuje konzultační a poradenskou činnost, provádí správu uzavřených pojistných nebo zajišťovacích smluv, sleduje lhůty k jejich revizi, spolupracuje při likvidaci pojistných událostí.
- (3) Pojišťovací makléř musí být zapsán do registru, splňovat podmínky důvěryhodnosti a podmínky stanovené tímto zákonem pro vyšší kvalifikační stupeň odborné způsobilosti.
- (4) Pojišťovací makléř je odměňován pojišťovnou nebo zajišťovnou, nebylo-li s příslušnou pojišťovnou a pojistníkem dohodnuto jinak.
- (5) Pojišťovací makléř musí být po celou dobu výkonu činnosti pojišťovacího zprostředkovatele pojištěn pro případ odpovědnosti za škodu způsobenou výkonem této činnosti účinnou na celém území Evropského hospodářského prostoru, s limitem pojistného plnění nejméně ve výši odpovídající hodnotě 1 200 000 eur na každou pojistnou událost, v případě souběhu více pojistných událostí v jednom roce nejméně ve výši odpovídající hodnotě 1 700 000 eur.

- (6) Byl-li pojišťovací makléř zmocněn přijímat od pojistníka pojistné nebo od pojišťovny výplaty pojistného plnění, je povinen
- a) udržovat trvale likvidní finanční jistinu ve výši 4 % z ročního objemu jím inkasovaného pojistného, nejméně však ve výši odpovídající hodnotě 17 000 eur, nebo
  - b) používat pro převody pojistného a pojistného plnění výhradně zvlášť k tomu zřízené a od vlastního hospodaření oddělené bankovní účty.

## **§ 9**

### **Pojišťovací zprostředkovatel s domovským členským státem jiným, než je Česká republika**

- (1) Pojišťovací zprostředkovatel s domovským členským státem jiným, než je Česká republika, může na území České republiky provozovat zprostředkovatelskou činnost v pojišťovnictví v rozsahu, v jakém je tuto činnost oprávněn provozovat v domovském členském státě, a to po splnění informačních povinností podle § 14 odst. 3 až 5.
- (2) Pojišťovací zprostředkovatel podle odstavce 1 může zprostředkovatelskou činnost v pojišťovnictví provozovat na území České republiky na základě práva zřizovat pobočky nebo na základě svobody dočasně poskytovat služby.

## **Příloha 2**

# **ZÁKON** **ze dne 22. července 2009** **o pojišťovnictví**

## **Příloha č. 1**

### **Odvětví a skupiny pojištění**

#### **Část A**

#### **Odvětví životních pojištění**

- I. Pojištění
  - a) pro případ smrti, pro případ dožití, pro případ dožití se stanoveného věku nebo dřívější smrti, spojených životů, s výplatou zaplaceného pojistného,
  - b) důchodu,
  - c) pojištění úrazu nebo nemoci jako doplňkové pojištění k pojištění podle této části.
- II. Svatební pojištění nebo pojištění prostředků na výživu dětí.
- III. Pojištění uvedená v bodě I písm. a) a b) a bodě II, která jsou spojena s investičním fondem.
- IV. Trvalé zdravotní pojištění podle čl. 2 odst. 1 písm. d) směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/83/ES upravující životní pojištění 1).
- V. Kapitalizace příspěvků hrazených skupinou přispěvatelů a následné rozdělování akumulovaných aktiv mezi přeživší přispěvatele nebo mezi osoby oprávněné po zemřelých přispěvatelích.
- VI. Umořování kapitálu založené na pojistně matematickém výpočtu, jimiž jsou proti jednorázovým nebo periodickým platbám dohodnutým předem přijaty závazky se stanovenou dobou trvání a ve stanovené výši.
- VII. Správa skupinových penzijních fondů, případně včetně pojištění zabezpečujícího zachování kapitálu nebo platbu minimálního úrokového výnosu.
- VIII. Činnosti podle čl. 2 odst. 2 písm. e) směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/83/ES upravující životní pojištění 1).

- IX. Pojištění týkající se délky lidského života, které je upraveno právními předpisy z oblasti sociálního pojištění, pokud zákon umožňuje jeho provádění pojišťovnou na její vlastní účet.

## **Část B**

### **Odvětví neživotních pojištění**

1. Úrazové pojištění
  - a) s jednorázovým plněním,
  - b) s plněním povahy náhrady škody,
  - c) s kombinovaným plněním,
  - d) cestujících.
2. Pojištění nemoci
  - a) s jednorázovým plněním,
  - b) s plněním povahy náhrady škody,
  - c) s kombinovaným plněním,
  - d) soukromé zdravotní pojištění.
3. Pojištění škod na pozemních dopravních prostředcích jiných než drážních vozidlech
  - a) motorových,
  - b) nemotorových.
4. Pojištění škod na drážních vozidlech.
5. Pojištění škod na leteckých dopravních prostředcích.
6. Pojištění škod na plavidlech
  - a) říčních a průplavových,
  - b) jezerních,
  - c) námořních.
7. Pojištění přepravovaných věcí včetně zavazadel a jiného majetku bez ohledu na použitý dopravní prostředek.
8. Pojištění škod na majetku jiném než uvedeném v bodech 3 až 7 způsobených
  - a) požárem,
  - b) výbuchem,
  - c) vichřicí,
  - d) přírodními živly jinými než vichřicí (např. blesk, povodeň, záplava),
  - e) jadernou energií,

- f) sesuvem nebo poklesem půdy.
9. Pojištění jiných škod na majetku jiném než uvedeném v bodech 3 až 7 vzniklých krupobitím nebo mrazem, anebo jinými pojistnými nebezpečími (např. loupeží, krádeží nebo škody způsobené lesní zvěří), nejsou-li tato zahrnuta v bodě 8, včetně pojištění škod na hospodářských zvířatech způsobených nákazou nebo jinými pojistnými nebezpečími.
  10. Pojištění odpovědnosti za škodu vyplývající
    - a) z provozu pozemního motorového a jeho přípojného vozidla,
    - b) z činnosti dopravce,
    - c) z provozu drážního vozidla.
  11. Pojištění odpovědnosti za škodu vyplývající z vlastnictví nebo užití leteckého dopravního prostředku, včetně odpovědnosti dopravce.
  12. Pojištění odpovědnosti za škodu vyplývající z vlastnictví nebo užití říčního, průplavového, jezerního nebo námořního plavidla, včetně odpovědnosti dopravce.
  13. Všeobecné pojištění odpovědnosti za škodu jinou než uvedenou v odvětvích č. 10 až 12
    - a) odpovědnost za škodu na životním prostředí,
    - b) odpovědnost za škodu způsobenou jaderným zařízením,
    - c) odpovědnost za škodu způsobenou vadou výrobku,
    - d) ostatní.
  14. Pojištění úvěru
    - a) obecná platební neschopnost,
    - b) vývozní úvěr,
    - c) splátkový úvěr,
    - d) hypoteční úvěr,
    - e) Zemědělský úvěr.
  15. Pojištění záruky (kauce)
    - a) přímé záruky,
    - b) nepřímé záruky.
  16. Pojištění různých finančních ztrát vyplývajících
    - a) z výkonu povolání,
    - b) z nedostatečného příjmu,
    - c) ze špatných povětrnostních podmínek,

- d) ze ztráty zisku,
- e) ze stálých nákladů,
- f) z nepředvídaných obchodních výdajů,
- g) ze ztráty tržní hodnoty,
- h) ze ztráty pravidelného zdroje příjmu,
- i) z jiné nepřímé obchodní finanční ztráty,
- j) z ostatních finančních ztrát.

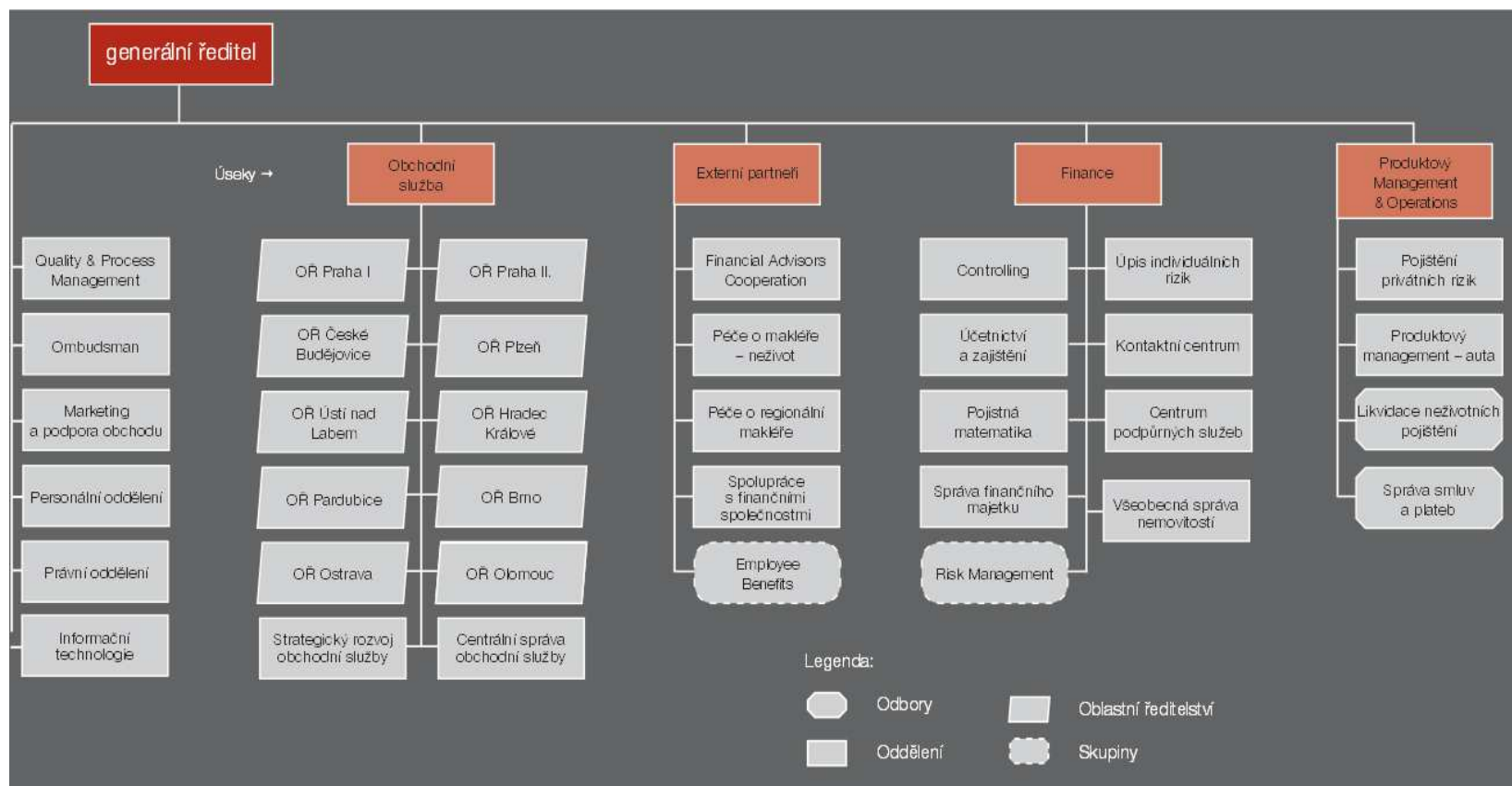
17. Pojištění právní ochrany.

18. Pojištění pomoci osobám v nouzi během cestování nebo pobytu mimo místa svého bydliště, včetně pojištění finančních ztrát bezprostředně souvisejících s cestováním.



### Příloha 3

Obr. 36 - Organizační struktura společnosti Generali pojišťovna a.s.



Zdroj: Výroční zpráva společnosti Generali pojišťovna a.s. za rok 2011

#### Příloha 4 – Jakobián

$$J(y_1, \dots, y_n) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial y_1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_1}{\partial y_n} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial y_n} \end{bmatrix}$$

#### Příloha 5 – Přesný vztah pro převod GPS E [°] z x [km]

$$GPS E [^\circ] = 14,447^\circ + (x - 301,5)[km] \cdot \left( \frac{180^\circ}{\pi \cdot 6\,379 [km] \cdot \cos\left(\frac{GPS N^\circ \cdot \pi}{180^\circ}\right)} \right)$$

$$x [km] = 301,5 [km] + (GPS E^\circ - 14,447^\circ) \cdot \frac{\pi \cdot 6\,379 [km]}{180^\circ} \cdot \cos\left(\frac{GPS N^\circ \cdot \pi}{180^\circ}\right)$$

## Příloha 6 – Programové zpracování

```
#include <cstdlib>
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <string>
#include <sstream>
#include <cmath>
#define PI 3.14159265359

using namespace std;

float matrixf [528][728];
float matrixk [528][728];
int k;

double ypsilon (double n) {
    return (217.5 - ((n - 50.008)* 6379.0 * PI)/180.0);
}

double ix (double e) {
    return (301.5 + (e - 14.447)*(6379.0*PI/180.0)*cos(49.59*PI/180));
}

double north (double y) {
    return (50.008 + (217.5 - y)*(180.0/(PI*6379.0)));
}

double east (double x) {
    return (14.447 + (x - 301.5)*(180.0/(PI*6379.0*cos(49.59*PI/180))));
}

float kernelf (int x, int y, float x0, float y0) {
    return (1./(80000.*PI) * (400. - (x - x0)*(x - x0) - (y - y0)*(y -
y0))); //x ~ j; y ~ i;
}

int main (void) {
    ifstream fileIn;
    ofstream fileOut;
    int length1, length2, length3;
    char *buffer;
    char *gps;
    int i, j;
    int xj, yi;
    int x_max, x_min, y_max, y_min;
    float kern;
    float kernR;

    fileIn.open("flashes1", ios::binary);
    fileOut.open("flashes2", ios::binary);

    if (fileIn.is_open()) {
        fileIn.seekg(0, ios::end);
        length1 = fileIn.tellg();
        fileIn.seekg(0, ios::beg);
        buffer = new char[length1];
        fileIn.read(buffer, length1);
        fileIn.close();
    }
}
```

```

        cout << "The complete binary content is in memory.";
        cout << endl;
    }
    else cout << "It was unable to open the binary file.";

    for(i = 0; i < length1; i = i+2) {
        fileOut << buffer[i];
    }
    fileOut.close();

/* ----- Matrix of average counted flashes by CHMU ----- */
length2 = length1/2;
fileIn.open("flashes2", ios::binary);
fileIn.read(buffer,length2);

i = 0;
j = 0;
for(k = 0; k < length2; k++){
    matrixf[i][j] = buffer[k]/9.0;
    j++;
    if (j > 727) {
        i++;
        j = 0;
    }
}

fileIn.close();

/* ----- Matrix of reported insured events ----- */
ifstream GPSfile ("gps_2010_cpp_txt+_okresy.txt");
string line;
string str1, str2, str3;
size_t pos;

double helpX;
double helpY;
double helpR;
double x_gps [650];
double y_gps [650];
double R [650];
double x_km [650];
double y_km [650];

if (GPSfile.is_open()){
    i = 0;
    for (;;) {
        getline (GPSfile,line);

        if (!GPSfile.good()) break;

        pos = line.find(";");
        str1 = line.substr(0,pos);
        str2 = line.substr(pos+1,pos);
        str3 = line.substr(pos+12);

        stringstream helpStream1 (str1);

```

```

helpStream1 >> helpX ;

stringstream helpStream2 (str2);
helpStream2 >> helpY;

stringstream helpStream3 (str3);
helpStream3 >> helpR;

x_gps[i] = helpX;
y_gps[i] = helpY;
R[i] = helpR;

x_km[i] = ix (x_gps[i]);
y_km[i] = ypsilon (y_gps[i]);

i++;
}

GPSfile.close();
}
else cout << "Unable to open file";

/* ----- Matrix of insured events - kernel function ----- */
for (i = 0; i < 528; i++) {
    for (j = 0; j < 728; j++) {
        matrixk [i][j] = 0;
    }
}

for (k = 0; k < 629; k++) {
    xj = (int) x_km[k]; // nalezeni cele casti cisla
                        // - posun na mritzku
    yi = (int) y_km[k];

    x_min = xj - 20;
    if (x_min < 0) x_min = 0; //okraj mapy

    x_max = xj + 20;
    if (x_max > 727) x_max = 727;

    y_min = yi - 20;
    if (y_min < 0) y_min = 0;

    y_max = yi + 20;
    if (y_max > 527) y_max = 527;

    for (i = y_min; i < y_max; i++) {
        for (j = x_min; j < x_max; j++) {
            kern = kernelf (j, i, x_km[k], y_km[k]);
            kernR = kern/R[k];
            if (kern > 0) {
                matrixk [i][j] = matrixk [i][j] + kernR;
            }
        }
    }
}
}

```

```

/* ----- Display to map ----- */
    float NORTH;
    float EAST;
    float value;
    int a = 0;
    ofstream fileOutF;
    ofstream fileOutK;
    fileOutF.open("fileOutDisplayFlashes.txt");
    fileOutK.open("fileOutDisplayKernel.txt");

    for (i = 0; i < 528; i++) {
        for (j = 0; j < 728; j++) {
            if (matrixf[i][j] != 0) {
                a++;
                EAST = east(j);
                NORTH = north(i);
                value = matrixf [i][j];
                fileOutF << EAST << ';' << NORTH << ';' << value <<
                endl;
            }
        }
    }

    a = 0;
    for (i = 0; i < 528; i++) {
        for (j = 0; j < 728; j++) {
            if (matrixk[i][j] != 0) {
                a++;
                EAST = east(j);
                NORTH = north(i);
                value = matrixk [i][j];
                fileOutK << EAST << ';' << NORTH << ';' << value <<
                endl;
            }
        }
    }

    fileOutF.close();
    fileOutK.close();

    delete[] buffer;
    system ("PAUSE");
    return true;
}

```

## Příloha 7 – Smlouva o zpracování osobních údajů

### Smlouva o zpracování osobních údajů

---

#### Smluvní strany :

##### **Generali Pojišťovna a.s.**

se sídlem Bělehradská 132, 120 84 Praha 2

IČ: 618 59 869

zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze,  
oddíl B, vložka 2866

společnost je členem Skupiny Generali, zapsané v italském registru pojišťovacích skupin, vedeném  
ISVAPem pod číslem 26,

zastoupená Markem Heydou a Ing. Janem Řezníčkem, ředitelem odboru likvidace NŽP

(dále také jen „Pojišťovna“)

a

##### **Zuzana Hynoušová**

bydliště Líšnice 84, Sepekov, 399 01 Milevsko

(dále také jen "student")

uzavřely níže uvedeného dne dohodu o zpracování osobních údajů (dále také jen „Dohoda“)

#### I. Účel Dohody

Účelem této Dohody je taková úprava vzájemných práv a povinností, která i prostřednictvím stanovených povinností, podmínek zabezpečení, odpovědnosti a smluvních sankcí zajistí trvalé plnění zákonných povinností Pojišťovny a Studenta na úseku ochrany osobních údajů (dále jen „Účel“).

#### II. Předmět Dohody

Předmětem Dohody je ujednání o zpracování a ochraně osobních údajů v souvislosti se zpracováním diplomové práce.

### III. Povinnosti smluvních stran podle zákona č. 101/2000 Sb.

1. Smluvní strany shodně konstatují, že při činnostech, které Student vykonává pro Pojišťovnu, je nevyhnutelné, že se dostává do styku s osobními údaji spravovanými Pojišťovnou, zejm. s osobními údaji klientů (např. pojistníků, pojištěných, oprávněných osob, poškozených, atp.). Osobní údaje jsou spravovány Pojišťovnou pro účely pojišťovací činnosti a dalších činností Pojišťovny vymezených zákonem o pojišťovnictví a zpracovávat je bude Student pouze za účelem plnění smluvních povinností, a to nejdéle po dobu trvání vzájemných práv a povinností vyplývajících z této Dohody a po dobu vyplývajících z obecně závazných právních předpisů.
2. Zpracování osobních údajů se řídí podmínkami stanovenými příslušnými právními předpisy, zejména zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, v účinném znění. Student si je vědom, že zpracovává osobní údaje a výslovně prohlašuje a zavazuje se, že poskytuje dostatečné technické, organizační, jakož i jiné potřebné záruky zabezpečení a ochrany osobních údajů, přičemž míra zabezpečení odpovídá minimálně rozsahu dle odst. 7 tohoto článku.
3. Smluvní strany se dohodly, že ujednání uvedená v tomto článku představují smlouvu o zpracování osobních, která upravuje vzájemné vztahy mezi Pojišťovnou a Studentem při zpracovávání osobních údajů po celou dobu, po kterou bude Student vykonávat pro Pojišťovnu činnosti zpracovatele. Účelem zpracování je vypracování diplomové práce.
4. Prostředky zpracování dat jsou počítače, nosiče dat, nahrávky telefonních hovorů; ke zpracování bude docházet automatizovaným i manuálním způsobem, v elektronické a/nebo papírové formě.
5. Student bere na vědomí, že při zpracovávání osobních údajů má postavení zpracovatele ve smyslu ustanovení § 4 písm. k) zák. č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů, a že je při tomto zpracovávání povinen důsledně dodržovat veškeré povinnosti zpracovatele stanovené tímto zákonem a touto Dohodou. Student bere na vědomí, že porušení těchto povinností je považováno za závažné porušení Dohody. Student odpovídá za případné škody vzniklé Pojišťovně porušením povinností uložených touto Dohodou. Student odpovídá za případnou škodu způsobenou svými smluvními partnery, které použil při plnění povinností z této Dohody.
6. Student je zejména povinen:
  - (a) zpracovávat osobní údaje pouze za účelem a v rozsahu nutném pro plnění svých závazků ze Smlouvy;
  - (b) zajistit, aby zpracovávané osobní údaje byly zpracovávány jen jím.
  - (c) osobní údaje nepředat ani nepřístupnit žádné třetí osobě;
  - (d) po ukončení činností dle Dohody a/nebo po ukončení účinnosti Smlouvy je Student povinen, po dohodě s Pojišťovnou zajistit úplné vrácení zpracovávaných osobních údajů nebo jejich protokolární likvidaci;
  - (e) přijmout taková technická, personální a organizační opatření, aby nemohlo dojít k neoprávněnému nebo nahodilému přístupu k osobním údajům, k jejich změně, zničení či ztrátě, neoprávněným přenosům, k jejich neoprávněnému zpracování, jakož i k jinému zneužití, a tato povinnost trvá i po ukončení zpracování osobních údajů;
  - (f) při zpracování osobních údajů dbát na to, aby subjekt údajů neutrpěl újmu na svých právech, zejména na právu na zachování lidské důstojnosti, a také dbát na ochranu před neoprávněným zasahováním do soukromého a rodinného života subjektu údajů;
  - (g) zachovávat mlčenlivost o osobních údajích, jakož i o bezpečnostních opatřeních, jejichž zveřejnění by ohrozilo zabezpečení osobních údajů a závazkem mlčenlivosti ve stejném rozsahu zavázat i své zaměstnance a případně své smluvní partnery, kteří se budou přímo či nepřímo účastnit zpracování osobních údajů dle Dohody;
  - (h) protokolárně zlikvidovat hmotné nosiče osobních údajů, které byly používány v souvislosti s plněním závazků ze Smlouvy, pokud obsahují osobní údaje nebo



informace podléhající mlčenlivosti, a to bezodkladně po naplnění účelu zpracování. Na základě žádosti je Student povinen Pojišťovně poskytnout písemné potvrzení o takové likvidaci.

7. Student se zavazuje, že zajistí bezpečnost zpracovávaných osobních údajů zejména v rámci následujících oblastech:
  - (a) Student se zavazuje zajistit požadovanou bezpečnost při organizaci a řízení činností v oblasti informačních technologií, zejména stanovením systému řízení, jednotlivých postupů, pravidelné údržby a kontrol, včetně plánů pro případ havárií.
  - (b) Student se zavazuje zajistit dostatečné technické zabezpečení a zavazuje se zejména:
    - dbát o počítačovou bezpečnost, používat výhradně takové technické a programové prostředky, které zabraňují možnosti zneužití osobních údajů, resp. eliminují možné narušení,
    - zabezpečit osobní údaje proti zneužití při přenosu všemi komunikačními cestami,
    - zabezpečit místa, ve kterých bude ke zpracování docházet,a to vše prostředky odpovídajícími skutečnosti, že dochází ke zpracování osobních údajů, stupni dosaženého technického pokroku a míře předvídatelnosti možného neoprávněného zásahu či narušení.
8. Podrobná pravidla technického, organizačního a personálního zabezpečení ochrany osobních údajů si stanoví sám Student a v případě vyžádání je povinna tyto předložit Pojišťovně.
9. Pojišťovna je povinna dodržovat povinnosti správce údajů podle ustanovení zák. č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů.
10. Pojišťovna jako správce odpovídá za správnost a úplnost postoupených osobních údajů, zejména pak za to, že osobní údaje byly od subjektu osobních údajů získány v souladu s platnou právní úpravou a zpřístupněny zpracovateli v souladu s určením doby v souhlasu subjektu údajů a/nebo dobou určenou platnou právní úpravou.

#### **IV. Náhrada škody a smluvní pokuta**

1. Smluvní strana, která poruší povinnosti vyplývající z této Dohody, je povinna nahradit škodu tím způsobenou druhé smluvní straně, neprokáže-li se, že tato škoda byla způsobena okolnostmi vylučujícími odpovědnost.
2. V případě závažného porušení Dohody Studentem či jeho smluvními partnery má Pojišťovna právo na uplatnění smluvní pokuty vůči Studentovi ve výši 100 000 Kč za každý případ závažného porušení. Zaplacením smluvní pokuty není dotčeno právo Pojišťovny na uplatnění nároku na náhradu škody. Za závažné porušení Dohody Studentem bude pro účely tohoto článku považováno vždy pochybení na úseku ochrany osobních údajů, vázané na jednu konkrétní událost nastalou v blíže neurčeném časovém období.
3. Uplatněné smluvní pokuty dle předchozího ustanovení jsou splatné do třiceti dnů od doručení písemné výzvy k jejich zaplacení.
4. Vznikem nároku na smluvní pokutu, jejím vyúčtováním ani zaplacením není dotčeno ani omezeno právo na náhradu vzniklé škody.
5. Smluvní strany se zavazují k vyvinutí maximálního úsilí k předcházení škodám a k minimalizaci vzniklých škod.

#### **V. Závěrečná ustanovení**

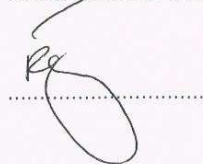
1. Tato Dohoda se sjednává na dobu neurčitou a nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu smluvními stranami.
2. Tato Dohoda nemůže být vypovězena dříve, než bude naplněn Účel Dohody podle čl. I. Dohoda nemůže být vypovězena po dobu, po kterou je Student ve smyslu platných právních předpisů považována za osobu činnou pro pojišťovnu nebo za zpracovatele osobních údajů. Při respektování výše uvedených omezení je kterákoliv smluvní strana oprávněna tuto Dohodu písemně vypovědět bez udání důvodů, přičemž výpovědní lhůta činí 1 měsíc a počíná běžet prvního dne měsíce následujícího po doručení výpovědi.
3. Dohodu lze měnit a doplňovat pouze na základě dohody obou smluvních stran písemnými číslovanými dodatky k této Dohodě.
4. Pokud některé z ustanovení v této Dohodě je nebo se stane neplatným, nedotýká se to ostatních ustanovení této Dohody, která zůstávají dále platná a účinná. Smluvní strany se zavazují dohodou bezodkladně nahradit neplatné ustanovení novým ustanovením platným, které nejlépe odpovídá původně zamýšlenému účelu původního ustanovení.
5. Tato Dohoda může být měněna či doplňována pouze formou písemných dodatků odsouhlasených oběma smluvními stranami.
6. Tato Dohoda je vyhotovena ve dvou stejnopisech, každá strana obdrží jedno vyhotovení.

V Praze dne

Generali Pojišťovna a.s.

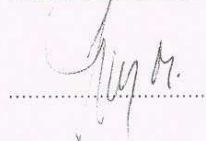
Jan Řezníček

Ředitel odboru likvidace NŽP



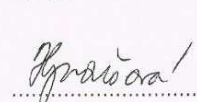
Marek Heyda

Vedoucí oddělení LMV



Zuzana Hynoušová

student



## Příloha 8 – Žádost o poskytnutí dat

Český hydrometeorologický ústav  
Na Šabatce 2050/17  
143 06 Praha 412-Komořany

RNDr. Petr Novák, Ph.D.  
Odbor distančních měření a informací

Zuzana Hynoušová  
studentka FEL ČVUT v Praze  
bydlištěm Líšnice 84, Sepekov, 390 01 Milevsko

**Věc: Žádost o poskytnutí dat**

Prosím o poskytnutí dat za účelem vypracování diplomové práce jako závěrečné práce studijního oboru Ekonomika a řízení elektrotechniky na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze. Konkrétně prosím o poskytnutí dat v podobě jednoho dvourozměrného pole, které bude v jednotlivých bodech obsahovat množství detekovaných blesků do země za období 2002-2010.

Prohlašuji, že zmiňovaná data budou použita pouze pro studijní účely a pro vypracování příslušné práce.

Děkuji za ochotné zvážení žádosti.

V Praze dne 28. dubna 2012

Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.  
vedoucí Katedry ekonomiky, manažerství a humanitních věd

  
České vysoké učení technické v Praze  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd - K 316  
Technická 2, 166 27 Praha 6  
(1)

RNDr. Kateřina Staňková Helisová, Ph.D.  
vedoucí práce (Katedra matematiky)

  
.....

Bc. Zuzana Hynoušová  
studentka

  
.....