

Nikita Trestsov

**Analýza vlivu mikroklimatických parametrů na dopravní nehodovosti v Praze**

**Bakalářská práce**

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Inteligentní dopravní systémy

Vedoucí práce: Ing. Viktor Beneš, Ing. Kristýna Navrátilová

**2025**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta dopravní**

**děkan**

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K620..... Katedra dopravní telematiky**

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Nikita Trestsov**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský – ITS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Analýza vlivu mikroklimatických parametrů na dopravní nehodovost v Praze**

Název tématu (anglicky): **Analysis the Effect of Microclimatic Parameters on Traffic Accidents in Prague**

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Rešerše nehodovosti a mikroklimatických parametrů na území hl.m. Prahy
- Sběr a předzpracování dat o nehodovosti a mikroklimatických parametrech v hl.m. Praze
- Statistická analýza definovaných datových sad
- Vlastní návrh doporučení pro vybrané lokality s cílem zvýšení bezpečnosti dopravy
- Zhodnocení navržených opatření






- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucích bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: VOVSOVÁ, Michaela. Dopravní nehodovost v ČR a možnosti její pravence. Kladno, 2017. Diplomová práce. ČVUT FBMI.  
RAK, Adam. Machine Learning Models for Car Accident Site Analysis. Prague, 2018. Diploma thesis. CVUT FEE.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kristýna Navrátilová**  
**Ing. Viktor Beneš, MSc.**

Datum zadání bakalářské práce: **2. října 2023**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 7 měsíců (DP), resp. 5 měsíců (BP) před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **5. srpna 2025**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
**Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.**  
vedoucí  
Katedry dopravních prostředků

  
  
**prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.**  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
**Nikita Trestsov**  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 2. prosince 2024

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Trestsov** Jméno: **Nikita** Osobní číslo: **503241**  
Fakulta/ústav: **Fakulta dopravní**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra dopravní telematiky**  
Studijní program: **Technika a technologie v dopravě a spojích**  
Specializace: **Inteligentní dopravní systémy**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Analýza vlivu mikroklimatických parametrů na dopravní nehodovost v Praze**

Název bakalářské práce anglicky:

**Analysis the Effect of Microclimatic Parameters on Traffic Accidents in Prague**

Pokyny pro vypracování:

Rešerše nehodovosti a mikroklimatických parametrů na území hl. m. Prahy; Sběr a předzpracování dat o nehodovosti a mikroklimatických parametrech v hl. m. Praze; Statistická analýza definovaných datových sad; Vlastní návrh doporučení pro vybrané lokality s cílem zvýšení bezpečnosti dopravy; Zhodnocení navržených opatření

Seznam doporučené literatury:

VOVSOVÁ, Michaela. Dopravní nehodovost v ČR a možnosti její prevence. Kladno, 2017. Diplomová práce. ČVUT FBMI.; RAK, Adam. Machine Learning Models for Car Accident Site Analysis. Prague, 2018. Diploma thesis. CTU FEE.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Kristýna Navrátilová FD CVUT**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

**Ing. Viktor Beneš FD ČVUT**

Datum zadání bakalářské práce: **02.10.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **05.08.2025**

\_\_\_\_\_  
Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.  
podpis proděkana(ky) z pověření děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## PROHLÁŠENÍ

Já, níže podepsaný

Příjmení, jméno studenta: Trestsov Nikita  
Osobní číslo: 503241  
Název programu: Technika a technologie v dopravě a spojích

prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem

Analýza vlivu mikroklimatických parametrů na dopravní nehodovost v Praze

vypracoval samostatně a uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací a Rámcovými pravidly používání umělé inteligence na ČVUT pro studijní a pedagogické účely v Bc a NM studiu.

Prohlašuji, že jsem v průběhu přípravy a psaní závěrečné práce použil nástroje umělé inteligence. Vygenerovaný obsah jsem ověřil. Stvrzuji, že jsem si vědom, že za obsah závěrečné práce plně zodpovídám.

V Praze dne 01.08.2025

Nikita Trestsov

.....  
podpis studenta

## Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací a Rámcovými pravidly používání umělé inteligence na ČVUT pro studijní a pedagogické účely v Bc. a NM studiu.

V Praze dne 01.08.2025

Trestsov Nikita



## **Poděkování**

Tímto bych rád vyjádřil upřímné poděkování svým vedoucím práce, Ing. Viktoru Benešovi a Ing. Kristýně Navrátilové, za jejich trpělivost, odborné vedení a čas, který mi věnovali během celé tvorby této bakalářské práce. Velice si vážím jejich podpory a cenných rad, bez kterých by práce v této podobě nevznikla.

Poděkování patří rovněž děkanovi Fakulty dopravní za možnost studovat na Českém vysokém učení technickém v Praze a celému kolektivu Katedry dopravní telematiky za předané znalosti a inspiraci během studia.

Na závěr chci vyjádřit hlubokou vděčnost své rodině, zejména rodičům, za jejich podporu, důvěru a trpělivost po celou dobu mého studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá vztahem mezi mikroklimatickými podmínkami a výskytem dopravních nehod v městském prostředí. Cílem bylo ověřit, zda a jak výrazně ovlivňují vybrané meteorologické parametry a jejich vzájemné kombinace počet a charakter dopravních nehod v Praze. Analýza byla provedena na základě dat za rok 2023, přičemž byla hodnocena tři specifická území s odlišnými dopravními vlastnostmi. Výsledky ukázaly, že statisticky významný vztah se projevilo pouze u jednoho parametru – denního úhrnu srážek – a pouze v jedné ze sledovaných lokalit. Práce přináší dílčí poznatky, které mohou být využity při dalším zkoumání vlivu počasí na dopravní bezpečnost v městském prostředí.

## **Klíčová slova**

Dopravní nehody, mikroklima, srážky, teplota, vítr, městská doprava, bezpečnost.

## **Abstract**

This bachelor thesis focuses on the relationship between microclimatic conditions and the occurrence of traffic accidents in an urban environment. The aim was to assess whether selected meteorological parameters have a statistically significant effect on accident frequency in selected areas of Prague. The analysis was conducted using data from 2023 across three locations with different traffic characteristics. The results revealed that a statistically significant correlation was observed in only one case – daily precipitation in a single location. The thesis provides partial insights that may serve as a foundation for further research into the impact of weather on urban traffic safety.

## **Key words**

Traffic accidents, microclimate, precipitation, temperature, wind, urban transport, safety.

## Obsah

Seznam použitých zkratk.....	11
1. Úvod.....	12
2. Rešerše nehodovosti a mikroklimatických parametrů .....	14
2.1. Dopady mikroklimatických jevů na vznik a závažnost dopravních nehod.....	18
2.2. Sezónní proměny počasí a jejich vztah k vývoji nehodovosti .....	19
2.3. Výběr klíčových mikroklimatických parametrů .....	21
2.4. Popis vybraných mikroklimatických parametrů .....	23
3. Sběr a předzpracování dat nehodovosti a mikroklimatických parametrů v hl. m. Praze..	25
3.1. Výběr lokalit pro analýzu .....	25
3.1.1. Žitomířská ulice a širší rezidenční oblast.....	26
3.1.2. Vítězné náměstí a přilehlá městská struktura.....	27
3.1.3. Areál Holešovické tržnice a navazující území .....	29
3.2. Sběr dat o mikroklimatických parametrech ve vybraných lokalitách .....	30
3.3. Popis dopravních nehod ve vybraných lokalitách.....	31
3.4. Kontrola kvality dat a jejich filtrace.....	34
3.5. Formulace výzkumných hypotéz .....	35
4. Statistická analýza definovaných datových sad.....	37
4.1. Popis vybraných statistických metod .....	37
4.1.1. $\chi^2$ test nezávislosti .....	37
4.1.2. Logistická regrese .....	38
4.2. Provedení statistických testů .....	40
4.2.1. Vypracování hypotézy č.1 .....	40
4.2.2. Vypracování hypotézy č.2.....	42
4.2.3. Vypracování hypotézy č.3.....	44
4.2.4. Vypracování hypotézy č.4.....	47
4.3. Interpretace výsledků .....	50
5. Vlastní návrh doporučení pro vybrané lokality s cílem zvýšení bezpečnosti dopravy .....	53
5.1. Vypracování a návrh opatření pro vybrané lokality.....	53
6. Zhodnocení navrhovaných opatření.....	57
6.1. Provedení analýzy a porovnání jednotlivých navrhovaných řešení .....	57
6.2. Hodnocení přínosů, rizik a náklad navržených opatření .....	60
7. Závěr .....	65
Seznam zdrojů.....	67

Seznam obrázků .....	70
Seznam tabulek .....	71
Seznam grafů.....	72
Seznam příloh.....	73

## Seznam použitých zkratk

CSV	Comma-separated values
ČR	Česká republika
ČVUT	České vysoké učení technické
FD	Fakulta dopravní
ICT	Information and Communication Technologies
ITS	Intelligent Transport Systems
LED	Light Emitting Diode
MCA	Multi-Criteria Analysis
MHD	Městská hromadná doprava
OR	Odds ratio
PID	Pražská integrovaná doprava
TSK	Technická správa komunikací
USA	United States of America
V2I	Vehicle-to-infrastructure

# 1. Úvod

Bezpečnost silničního provozu zůstává jedním z nejzásadnějších témat současného dopravního inženýrství, zejména v městském prostředí, kde se vysoká intenzita dopravy kombinuje s proměnlivými podmínkami každodenního provozu. Aktuálně roste zájem o vliv mikroklimatických podmínek na bezpečnost dopravy a dopravní situaci obecně. Díky rozvoji technologií a stále většímu množství odborných studií a publikací vznikají nové přístupy, které umožňují sledovat souvislosti mezi počasím a dopravní nehodovostí. Tato poznání přispívají ke zvyšování bezpečnosti provozu a zároveň otevírají prostor pro další výzkum a praktické aplikace v oblasti dopravního plánování a prevence rizik.

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat, jak jednotlivé mikroklimatické parametry i jejich vzájemné kombinace ovlivňují výskyt dopravních nehod ve vybraných lokalitách. Zvláštní důraz byl kladen na identifikaci těch kombinací podmínek, které mohou představovat zvýšené riziko pro účastníky silničního provozu. Pozornost byla zaměřena na proměnné, které jsou v odborné literatuře nejčastěji zmiňovány jako rizikové faktory – průměrnou denní teplotu vzduchu, denní úhrn srážek a průměrnou denní rychlost větru.

V rešeršní části této práce bylo zkoumáno, jak mikroklimatické podmínky ovlivňují výskyt dopravních nehod ve městském prostředí. Zvláštní pozornost byla věnována také sezónním změnám počasí, které mohou výrazně modifikovat rizikové situace na komunikacích. Na základě odborné literatury byly identifikovány klíčové klimatické parametry s potenciálním dopadem na nehodovost. Výsledky rešerše vytvořily teoretický rámec, který přímo navazuje na statistickou analýzu v praktické části práce.

Analytická část práce byla postavena na kombinaci několika statistických přístupů. Pro každou proměnnou nebo jejich kombinaci byla formulována hypotéza testující, zda existuje statisticky významný rozdíl v četnosti dopravních nehod při specifických klimatických podmínkách. Na základě poznatků z praktické části byly následně navrženy různé scénáře pro jednotlivé sledované lokality s cílem zvýšit dopravní bezpečnost v daném území. Tyto návrhy vycházely ze statisticky podložených výsledků a zohledňovaly konkrétní mikroklimatické podmínky typické pro každou oblast. Dále bylo provedeno vyhodnocení možných scénářů implementace těchto opatření s cílem posoudit jejich potenciál pro zlepšení dopravní bezpečnosti. Cílem je

podpořit efektivní rozhodování městských orgánů při plánování zásahů do dopravního prostředí na základě reálných dat a analytických podkladů.

Výsledky práce mohou sloužit jako podklad pro městské plánování, zejména v oblasti prediktivního řízení dopravy v závislosti na počasí. Práce poskytuje důkazy o tom, že vliv mikroklimatických podmínek na dopravní bezpečnost je kvantifikovatelný a že je vhodné ho systematicky zohledňovat při navrhování infrastruktury i implementaci dopravních opatření.

## 2. Rešerše nehodovosti a mikroklimatických parametrů

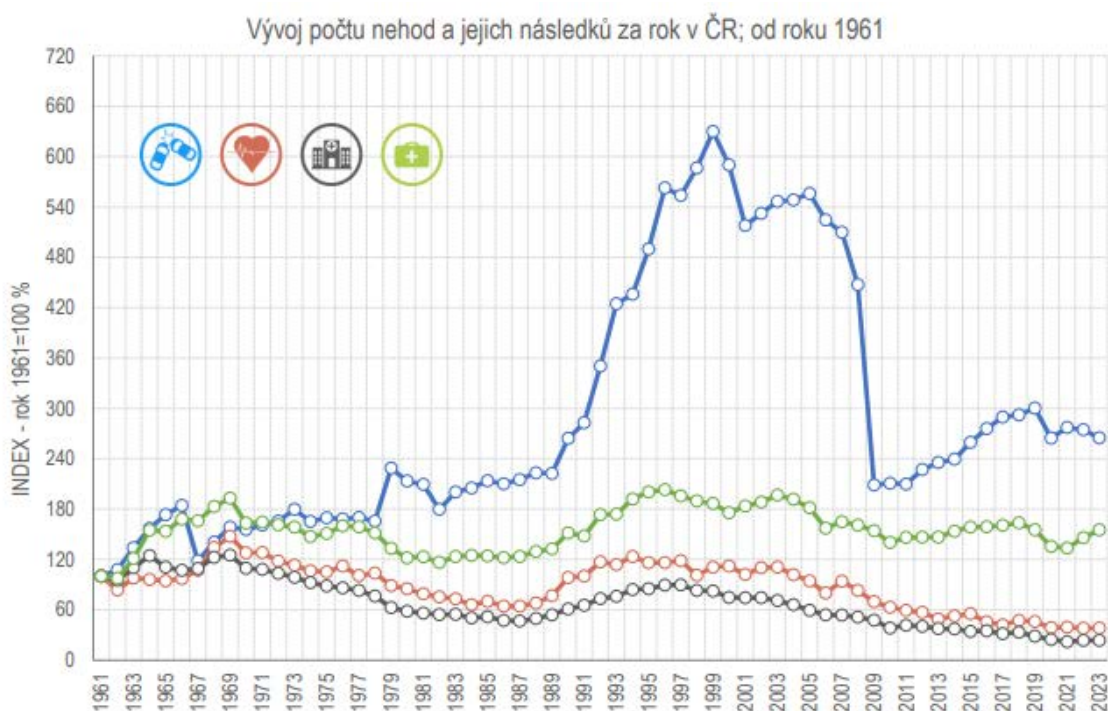
Mikroklima označuje specifické klimatické podmínky v nejmenších prostorů obvykle o horizontálních rozměrech do 1 km, například v rámci jedné ulice, náměstí nebo dopravního uzlu. Mikroklima je vertikálně omezeno na vrstvu vzduchu přiléhající k zemskému povrchu, v níž se projevují odlišnosti od klimatu širšího okolí [26]. V městském dopravním prostředí hraje mikroklima důležitou roli, protože může ovlivnit stav komunikací, viditelnost nebo chování účastníků silničního provozu. Právě tyto lokální rozdíly mohou být významným faktorem při vzniku dopravních nehod.

Bezpečnost silničního provozu patří mezi hlavní výzvy moderních měst – a to jak z hlediska ochrany lidských životů, tak z hlediska udržitelnosti dopravního systému. Podle statistik Policie ČR se na území Prahy každoročně stane více než 20 000 dopravních nehod, přičemž významný podíl má nejen lidské selhání, ale i nepříznivé vnější podmínky [14].

Téma bylo vybráno nejen z osobního zájmu o inteligentní dopravní systémy, ale i kvůli praktickému využití při plánování a řízení městské dopravy. Vzhledem ke klimatické nestabilitě a rostoucímu dopravnímu zatížení ve městech je důležité porozumět tomu, jak počasí ovlivňuje chování řidičů a celkový provoz [10]. Tyto znalosti lze využít při řízení dopravy, například pomocí dynamického nastavování rychlostí, nebo při prediktivním modelování rizikových situací [5]. Cílem této práce je proto přispět ke zvýšení bezpečnosti a efektivity městské mobility s využitím datových zdrojů a pokročilých analytických metod [6].

Ve velkých městech, jako je Praha, kde se denně realizují stovky tisíc cest různými druhy dopravy, nabývá problematika bezpečnosti na mimořádné důležitosti. Vysoká hustota provozu, časté střídání dopravních situací, přítomnost zranitelných účastníků a omezený prostor pro prevenci rizik vytvářejí prostředí, kde je riziko nehody výrazně vyšší než v méně zalidněných oblastech [1]. Frekvence nehod je ovlivňována mnoha faktory – od chování řidičů, přes kvalitu infrastruktury, až po viditelnost a počasí. Městské prostředí je specifické tím, že většina nehod zde vzniká při relativně nízkých rychlostech, avšak s vyšším rizikem střetu s chodci, cyklisty nebo jinými vozidly v křižovatkách. Dlouhodobé sledování nehodovosti proto hraje zásadní roli při plánování dopravní politiky, určení rizikových lokalit i návrhu preventivních opatření v rámci tzv. „Vision Zero“ strategie, která si klade za cíl minimalizaci dopravních úmrtí [6].

Díky rozvoji digitálních technologií a otevřených dat je dnes možné získávat podrobné informace o jednotlivých nehodách, včetně jejich časové, prostorové i příčinné struktury. Veřejné portály a statistické databáze umožňují sledovat vývoj nehodovosti v čase, analyzovat souvislosti s provozními podmínkami a vytvářet podklady pro efektivní zásahy ze strany městské správy, Policie ČR i odborné veřejnosti [14]. Tyto údaje zároveň poskytují důležitý základ pro výzkum, jehož cílem je odhalit hlubší vztahy mezi dopravní bezpečností a dalšími faktory, jako jsou klimatické nebo socioekonomické podmínky [8].



Obrázek 1: Vývoj počtu nehod a jejich následků za rok v ČR [14]; legenda: modrá – hmotná škoda, zelená – lehké zranění, červená – těžké zranění, černá – smrtelná nehoda.

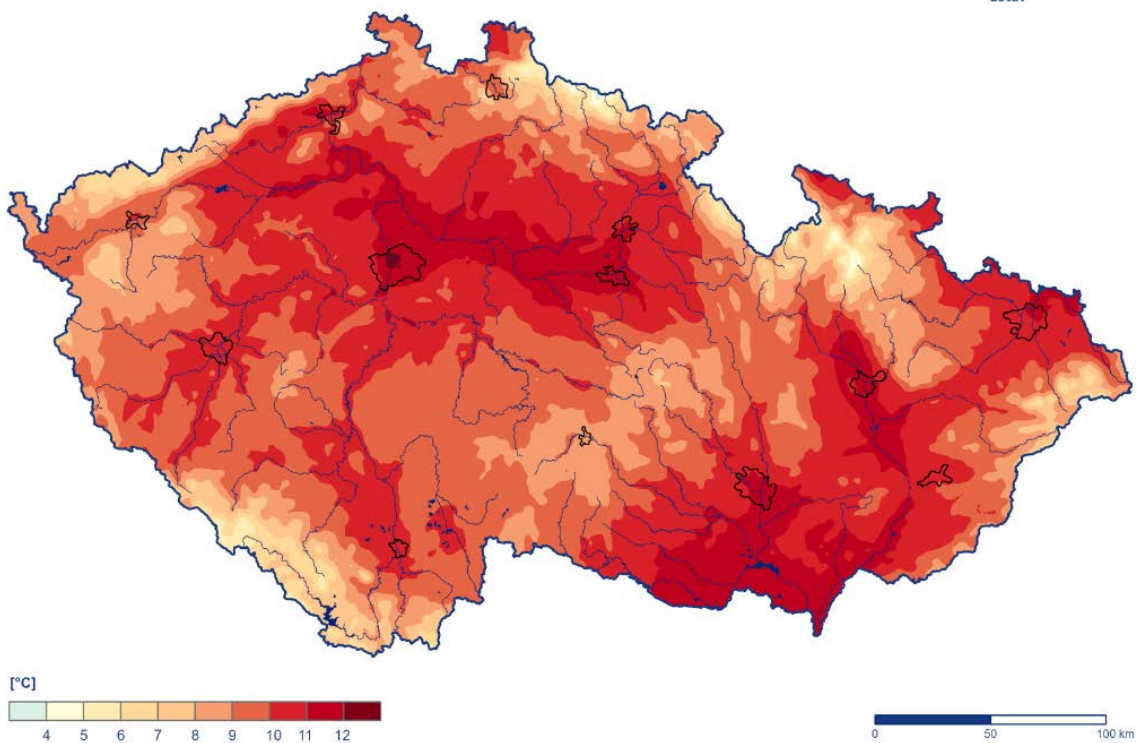
Tento graf ukazuje, jak se v České republice vyvíjel počet dopravních nehod a jejich následků od roku 1961. Je v práci použit proto, že pomáhá pochopit, jak se měnila bezpečnost dopravy v dlouhodobém měřítku. Na grafu je vidět, že nejvíce nehod bylo kolem roku 1999. Poté došlo k prudkému poklesu, pravděpodobně kvůli změnám v zákonech a lepší dopravní infrastruktuře. V posledních letech se počet nehod mírně zvyšuje, ale počet usmrcených a těžce zraněných dál klesá. Podle statistik Policie ČR byl v roce 2023 druhý nejnižší počet usmrcených a třetí nejnižší počet těžce zraněných od roku 1961 [14]. To ukazuje, že se situace postupně zlepšuje, i když roste hmotná škoda a počet lehce zraněných.

Ve městském prostředí je vliv počasí obzvlášť citlivý, neboť doprava zde probíhá v komplexní síti ulic, křižovatek a přechodů, kde dochází k častému zastavování, rozjíždění a interakci mezi různými druhy dopravy. I relativně krátkodobá změna podmínek, jako je náhlý déšť či nárazový vítr, může vést k dočasnému narušení plynulosti provozu a zvýšení rizika kolizí. Z tohoto důvodu je stále častěji kladen důraz na integraci meteorologických dat do dopravního řízení, plánování údržby infrastruktury i preventivních bezpečnostních strategií.

Mikroklimatická data jsou nejdříve sbírána prostřednictvím meteorologických stanic a senzorů, které provozuje například Český hydrometeorologický ústav [15]. Tyto stanice zaznamenávají data v pravidelných časových intervalech a na různých místech po celé republice. Po sběru se data dále zpracovávají a ukládají do digitálních databází, odkud je mohou využívat odborníci i veřejná správa. Díky tomu je možné sledovat vývoj podmínek v čase a vyhodnocovat jejich možný vliv na dopravní situaci. Takové časové řady pomáhají při dopravních analýzách – například při hledání souvislostí mezi změnami počasí a výskytem dopravních nehod [8].

Průměrná roční teplota vzduchu v roce 2023

Český  
hydrometeorologický  
ústav

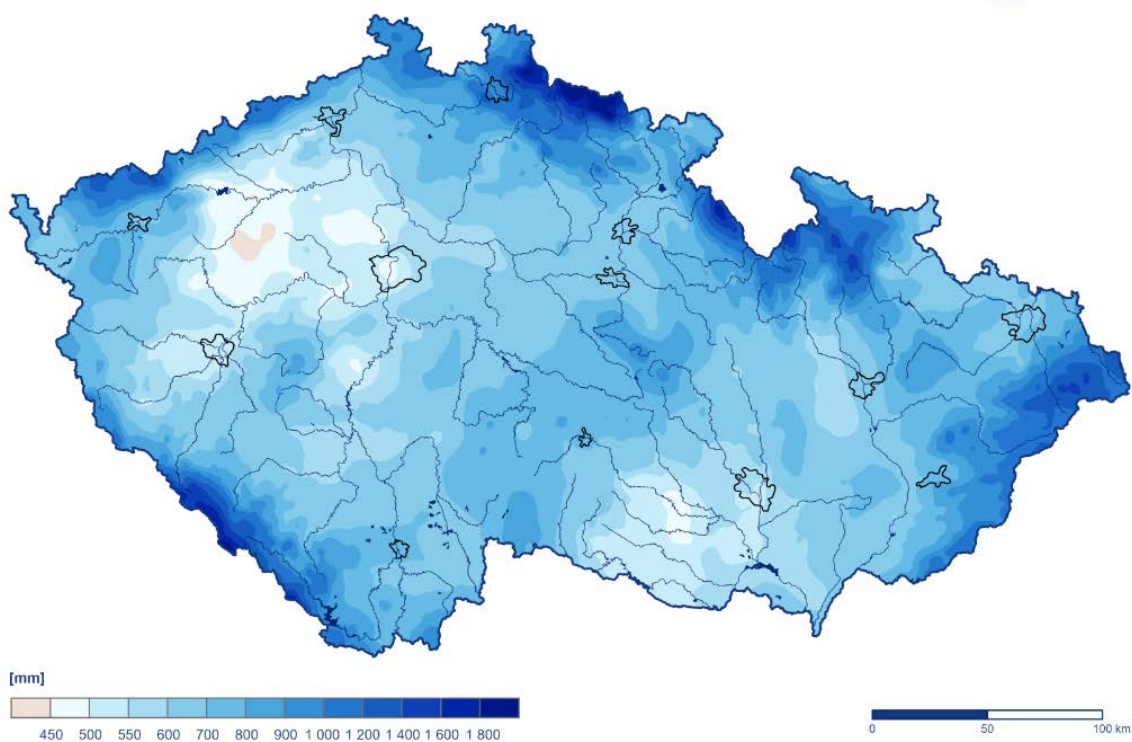


Obrázek 2: Průměrná roční teplota vzduchu v roce 2023 na území ČR [15]; legenda: světlejší barva – nižší teplota vzduchu, tmavší barva – vyšší teplota vzduchu.

Tato mapa ukazuje průměrnou roční teplotu vzduchu na území České republiky v roce 2023. Do práce byla zařazena proto, že poskytuje přehled o teplotních rozdílech mezi různými oblastmi. Z mapy je patrné, že nejvyšší teploty byly zaznamenány v nížinách, například ve středních a jihovýchodních Čechách nebo na jižní Moravě. Výrazně nadprůměrné teploty byly rovněž naměřeny v hlavním městě Praze, která tak patří k nejteplejším lokalitám v republice. Naopak chladnější oblasti se nacházejí především v horských a severních částech země. Tento rozdíl může mít vliv na chování řidičů i na technický stav silnic v dané oblasti.

### Úhrn srážek v roce 2023

Český  
hydrometeorologický  
ústav



Obrázek 3: Úhrn srážek v roce 2023 na území ČR [25]; legenda: světlejší barva – nižší počet úhrnu srážek, tmavší barva – vyšší počet úhrnu srážek.

Tato mapa znázorňuje celkové množství srážek za rok 2023 na území ČR. Je součástí práce, protože pomáhá pochopit prostorové rozdíly ve výskytu deště a sněžení. Nejvíce srážek spadlo v horských oblastech na severu a jihozápadě republiky, zatímco nejnižší úhrny byly zaznamenány v Polabí a na jižní Moravě. Tyto rozdíly jsou důležité při analýze možného vlivu

srážek na dopravní bezpečnost, například z hlediska kluzkosti vozovek nebo snížené viditelnosti.

Historický zájem o vztah mezi meteorologickými podmínkami a bezpečností silničního provozu lze vysledovat již v 70. letech 20. století, přičemž první kvantitativní studie se zaměřovaly na korelace mezi deštěm a denní nehodovostí [2]. Postupem času byl výzkum rozšířen o další meteorologické veličiny (vítr, teplota) i o sofistikovanější modely predikce rizika pomocí pokročilých metod statistické analýzy a strojového učení [3], [4]. Zároveň došlo ke geografickému rozšíření výzkumu z USA a západní Evropy na další kontinenty, včetně Asie [10] a východní Evropy [7]. V poslední dekádě se vliv klimatických podmínek zohledňuje rovněž v návrzích inteligentních dopravních systémů a prediktivních dopravních strategií.

Význam tohoto tématu pro dopravní inženýrství je mnohostranný. Zohlednění vlivu počasí je zásadní při navrhování infrastruktury odolné vůči klimatickým výkyvům, při plánování opatření městské mobility i při konstrukci prediktivních dopravních modelů. Odborné práce ukazují, že klimatické podmínky nejen ovlivňují pravděpodobnost nehod, ale mění i dynamiku dopravních proudů, modální volbu a efektivitu MHD [5], [6], [8]. Téma tak přímo souvisí s aktuálními výzvami v oblasti inteligentních dopravních systémů, adaptace na klimatickou změnu a optimalizace bezpečnosti ve městech. Relevance tématu je umocněna rostoucí dostupností dat z meteorologických senzorů, dopravních kamer a městských ITS center.

## 2.1. Dopady mikroklimatických jevů na vznik a závažnost dopravních nehod

Ve většině odborných studií věnovaných dopravní bezpečnosti v městském prostředí byly meteorologické jevy identifikovány jako samostatný prediktor výskytu nehod. Nejčastějšími událostmi jsou nehody vzniklé v důsledku ztráty adheze pneumatik na mokřem povrchu, špatné viditelnosti v dešti nebo náhlých poryvů větru. Z výzkumu provedeného v Belgii vyplynulo, že mírný déšť zvyšuje pravděpodobnost nehody o 25 %, zatímco silný déšť až o 75 %, přičemž nejrizikovější jsou první minuty srážkové události [1]. V případě nízkých teplot dochází ke zvýšenému výskytu nehod na zledovatělých komunikacích, zejména v ranních hodinách. Studie z Glasgow prokázala, že právě teplota pod bodem mrazu souvisí se zvýšením závažnosti následků dopravních nehod [4].

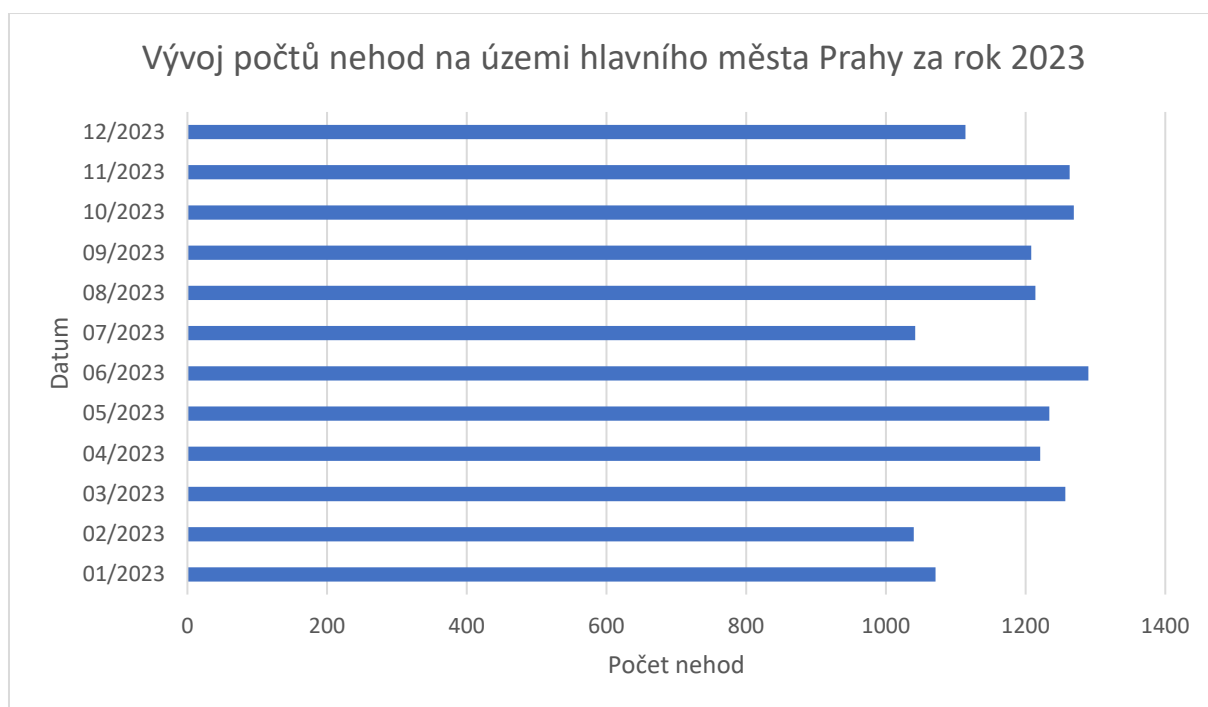
Mikroklimatické faktory, jako jsou atmosférické srážky, extrémní teploty a dynamika větrných proudů, mohou ovlivnit nejen technické vlastnosti dopravních prostředků (např. přilnavost pneumatik, viditelnost, stabilitu), ale také psychofyziologický stav řidičů, rozhodovací procesy i chování ostatních účastníků silničního provozu. V odborné literatuře se tyto vlivy zkoumají zejména v kontextu hustě osídlených urbánních oblastí, kde i mírné změny podmínek vedou k disproporčně velkým dopadům na dopravní systém jako celek [1], [2].

Významným zjištěním je také rozdíl v citlivosti jednotlivých typů komunikací. Městské ulice s hustým provozem, kde řidiči často brzdí, odbočují nebo mění jízdní pruhy, jsou z hlediska vlivu počasí zranitelnější než dálnice. Vítr, zejména boční, byl identifikován jako rizikový faktor pro vozidla s vyšší stavbou a pro otevřené mostní úseky [3], [10]. Tyto jevy zvyšují pravděpodobnost kolizí nejen mezi vozidly, ale i s okolní infrastrukturou. Negativní vliv počasí se často projevuje také v nižší reaktivitě řidiče, opožděném brzdění a snížené stabilitě vozidla v krizových situacích [5].

## 2.2. Sezónní proměny počasí a jejich vztah k vývoji nehodovosti

Urbanizovaná území, jako je hlavní město Praha, dlouhodobě čelí výzvám spojeným s řízením dopravní bezpečnosti v prostředí s vysokou intenzitou provozu. Městské silnice denně využívají různé skupiny lidí – řidiči aut, cyklisté, chodci nebo cestující v MHD – a to v podmínkách, které se často mění. Tyto změny nesouvisejí jen s dopravním zatížením, ale také s počasím. V průběhu roku dochází k významným změnám klimatických faktorů, které mohou ovlivňovat chování řidičů, technický stav vozovky i rozhodovací procesy během jízdy.

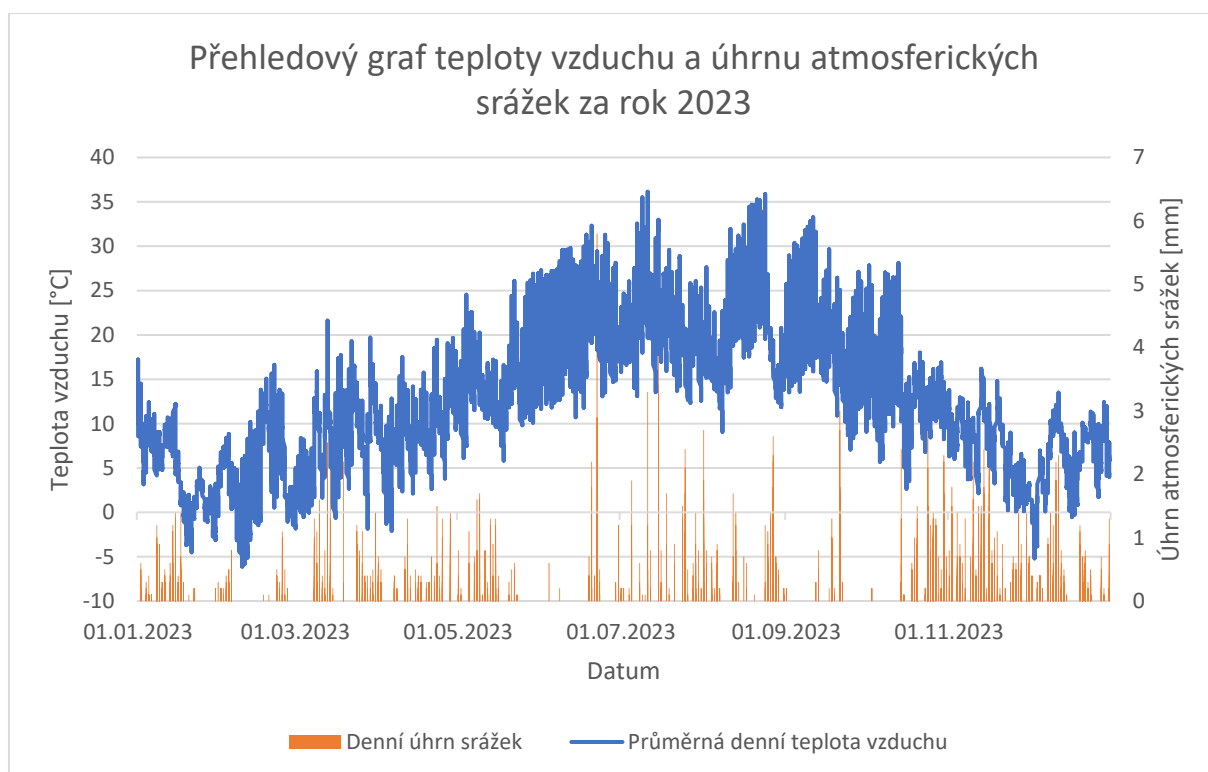
Na základě veřejně dostupných statistik lze v dopravním provozu na území Prahy pozorovat cyklické změny v četnosti a distribuci nehod. Počet událostí se v jednotlivých měsících roku liší, a to v závislosti na sezónních podmínkách i denním rytmu města. Z hlediska časového rozložení bývá zvýšený výskyt zaznamenán ve špičkách pracovních dnů, zatímco víkendy se vyznačují klidnějším průběhem. Tyto výkyvy jsou významné nejen kvůli dynamice provozu, ale i kvůli vnějším faktorům, které se v těchto obdobích často mění.



*Graf 1: Histogram vývoje počtu nehod v Praze za rok 2023 [11]*

Tento graf ukazuje, kolik dopravních nehod se stalo v jednotlivých měsících roku 2023 na území hlavního města Prahy. Nejvíce nehod bylo zaznamenáno v letních měsících, zejména v červenci, zatímco nižší počty byly v zimním období. Tyto rozdíly mohou souviset jak s počasím, tak s intenzitou provozu během prázdnin a svátků. Graf slouží jako základ pro další analýzu toho, jak klimatické podmínky ovlivňují počet nehod v různých částech roku.

Teplotní extrémy, přechodné srážkové epizody či výskyt námrazy se v průběhu roku pravidelně střídají a vytvářejí prostředí, které vyžaduje od účastníků dopravy zvýšenou míru pozornosti. Významné je rovněž sledování úhrnů srážek a jejich časového průběhu, protože právě krátkodobé srážky bývají spojeny s nárůstem rizika nehod krátce po jejich začátku. Z hlediska řízení dopravy a bezpečnostních opatření je proto důležité vycházet nejen ze surových počtů nehod, ale také z jejich kontextuálního vztahu k meteorologickým podmínkám.



Graf 2: Přehled teplot vzduchu a úhrnu atmosferických srážek za rok 2023 [13]

Graf znázorňuje denní vývoj teploty vzduchu a srážek v roce 2023. V práci je použit proto, že umožňuje sledovat, jak se tyto dva mikroklimatické parametry měnily během celého roku. Modrá křivka ukazuje průměrnou denní teplotu, která stoupá v letních měsících a klesá v zimních. Oranžové sloupce představují množství srážek za každý den – z grafu je vidět, že srážky se vyskytují nepravidelně a nejsou vázány jen na jednu sezónu. Tento graf je důležitý pro analýzu možných souvislostí mezi výskytem extrémních hodnot počasí a počtem dopravních nehod. Pomáhá také pochopit, jak rychle se v průběhu roku mohou podmínky měnit.

### 2.3. Výběr klíčových mikroklimatických parametrů

Tato část práce se zabývá výběrem mikroklimatických parametrů, které mohou mít vliv na dopravní chování a celkové fungování inteligentních dopravních systémů ve vybraných městských lokalitách. Tyto proměnné patří mezi nejčastěji používané indikátory při modelování rizik nehodovosti a zátěže dopravních systémů [1], [5]. Srážky byly v mnoha studiích vyhodnoceny jako klíčový klimatický činitel ovlivňující jak samotnou pravděpodobnost nehody, tak i závažnost jejího průběhu – vlivem prodloužené brzdné dráhy, snížené viditelnosti i psychického tlaku na řidiče [2], [4], [6]. Výběr sledovaných parametrů v této práci – denní

úhrn srážek, průměrná denní teplota a průměrná denní rychlost větru – je podložen četnými empirickými výzkumy.

Následující tabulka poskytuje souhrnný přehled vybraných mikroklimatických parametrů a jejich vlivu na dopravní proud, stav vozovky a celkové dopady na silniční provoz s ohledem na odbornou literaturu.

<b>Mikroklimatický parametr</b>	<b>Dopady na dopravní proud a vozovku</b>	<b>Dopady na provoz</b>
<i>Denní úhrn srážek</i>	Změna propustnosti komunikace Snížení plynulosti provozu Zhoršená viditelnost Snížení adheze	Úpravy signalizace Přizpůsobení rychlostních limitů Nasazení speciálních dopravních opatření
<i>Průměrná teplota vzduchu</i>	Poškození infrastruktury Omezení plynulosti dopravního proudu	Zásahy v rámci zimní údržby vozovek Plánování oprav
<i>Průměrná rychlost větru</i>	Vyšší riziko ztráty kontroly nad vozidlem Kolísání rychlosti vozidel Snížená viditelnost	Řízení vjezdu vozidel Vliv na rozhodování o evakuaci

Tabulka 1: Vliv mikroklimatických parametrů na dopravní situaci

Průměrná denní teplota byla v odborné literatuře označena jako důležitý faktor především v extrémních podmínkách – například při námraze, sněhové pokrývce nebo silném mrazu, kdy se zhoršuje přilnavost pneumatik k vozovce. Nízké teploty mohou také negativně ovlivnit technický stav vozidel – například startování motoru, funkci baterie nebo účinnost brzd. V chladném počasí se navíc mění rozhodování řidičů – například častěji volí jiný dopravní prostředek nebo se řízení zcela vyhnou [7], [9]. Význam teploty se často uvádí i v souvislosti s tím, jak lidé mění své dopravní návyky – v zimě klesá podíl cyklistů a roste využívání aut nebo MHD, což vede ke zvýšené zátěži některých linek nebo komunikací [6], [9].

Průměrná denní rychlost větru byla v odborné literatuře často analyzována ve vztahu k incidentům s vozidly vysokého profilu, jako jsou autobusy nebo nákladní vozy [3], [10]. Silné poryvy větru narušují rovnováhu, zejména na otevřených úsecích nebo mostních konstrukcích, a přispívají k riziku převrácení, vyjetí ze směru nebo vzniku krizových manévru. Vítr rovněž souvisí se vznikem překážek na komunikaci, jako jsou spadlé větve či předměty unášené větrem.

Důvodem, proč byly tyto tři proměnné vybrány jako hlavní sledované faktory, je jejich častý výskyt v prediktivních modelech, dostupnost dlouhodobých a přesných dat a přímá souvislost s rozhodováním řidičů při řízení dopravy. V studiích z Číny byla kombinace těchto parametrů použita při tvorbě ukazatele Travel Time Index pro porovnání 16 měst [10]. Výsledky potvrdily, že tyto proměnné mají konzistentní vliv na efektivitu dopravy v různých klimatických podmínkách. Výběr tedy reaguje nejen na extrémní jevy, ale i na běžné každodenní odchylky počasí, které mohou mít praktický dopad na dopravní systém.

## 2.4. Popis vybraných mikroklimatických parametrů

### **Denní úhrn srážek**

Denní úhrn srážek představuje meteorologickou veličinu vyjadřující celkové množství atmosférických srážek, které spadnou na konkrétní místo během 24 hodin. Zahrnuje veškeré formy srážek v kapalném i tuhém skupenství přepočtené na ekvivalent kapalné vody. Hodnota se vyjadřuje v milimetrech a slouží jako standardní ukazatel intenzity srážkových událostí v klimatologii a dopravním inženýrství.

### **Průměrná rychlost větru**

Průměrná rychlost větru je časově zprůměrovaná hodnota okamžité rychlosti horizontálního proudění vzduchu v daném časovém intervalu. Udává se v metrech za sekundu a slouží k popisu větrných podmínek, které mohou ovlivňovat stabilitu vozidel, zejména u komunikací s otevřeným charakterem nebo v exponovaných městských prostorech.

## **Průměrná teplota vzduchu**

Průměrná teplota vzduchu je základní meteorologický parametr, definovaný jako aritmetický průměr všech měřených hodnot vzdušné teploty zaznamenaných v průběhu jednoho dne. Udává se ve stupních Celsia a poskytuje informaci o tepelném zatížení prostředí, které má přímý vliv na sjízdnost komunikací, tvorbu námrazy či chování účastníků silničního provozu.

### 3. Sběr a předzpracování dat nehodovosti a mikroklimatických parametrů v hl. m. Praze

Tato kapitola popisuje způsob, jakým byla získána a zpracována data o dopravní nehodovosti a mikroklimatických podmínkách pro území hlavního města Prahy. Zahrnuje výběr konkrétních lokalit pro analýzu, určení sledovaných parametrů a postupy předzpracování dat, které byly nezbytné pro jejich další vyhodnocení.

#### 3.1. Výběr lokalit pro analýzu

Dopady mikroklimatických podmínek na dopravní bezpečnost se mohou výrazně lišit podle charakteru prostředí, ve kterém k nim dochází. V městském prostoru hraje roli nejen samotné počasí, ale i urbanistická struktura, intenzita dopravy a druhy komunikací. Pro správné vyhodnocení těchto vlivů je proto nezbytné zvolit reprezentativní lokality, které odrážejí variabilita dopravního zatížení i typické městské situace.

Praha jako celek je dopravně velmi heterogenní území – kombinuje hustě osídlené centrální čtvrti s vysokým podílem osobní dopravy, radiální komunikace se zrychleným provozem i obytné zóny s častým výskytem cyklistů a chodců. Právě tato různorodost prostředí vytváří vhodný rámec pro zkoumání toho, jak se mohou měnit dopady počasí na bezpečnost dopravy v závislosti na specifikách daného místa.

Při výběru území byl zároveň kladen důraz na to, aby byla dostupná kvalitní data o dopravních nehodách i meteorologických podmínkách. Tato data musela umožnit provést analýzu s ohledem na konkrétní místo i přesné datum nebo čas události. Upřednostněny byly lokality, kde se dlouhodobě vyskytuje vyšší počet dopravních nehod, případně oblasti, které jsou charakteristické proměnlivými klimatickými podmínkami – například otevřené silniční úseky nebo místa s častým výskytem intenzivních srážek či silného větru. Taková místa mohou lépe odhalit souvislosti mezi vnějšími vlivy a vznikem nebezpečných situací v dopravě a tím přispět k hlubšímu pochopení analyzovaného problému.

Data využitá v této části pochází z portálu [Golemio.cz](https://golemio.cz), který provozuje Operátor ICT, a.s. - organizace zodpovědná za rozvoj chytré městské infrastruktury v Praze, včetně projektů otevřených dat, inteligentního osvětlení nebo parkovacích senzorů [22]. Každá stanice je lokalizována v konkrétním urbanistickém kontextu a poskytuje kontinuální data o mikroklimatických parametrech, jež mají významný dopad na bezpečnost a plynulost silničního provozu [12].

Měřicí lokality lze z hlediska funkce a dopravní interakce rozdělit do několika kategorií:

- **Silně zatížené dopravní uzly** (např. Vítězné náměstí) – vysoký dopravní výkon, častá přetížení a konfliktní situace;
- **Rezidenční oblasti se smíšeným provozem** (např. Žitomířská) – vysoký podíl pěších, parkování a nižší rychlosti;
- **Průmyslově-logistické zóny** (např. okolí Holešovické tržnice) – specifický provoz nákladních vozidel a zásobování, velké množství pěší v okolí;

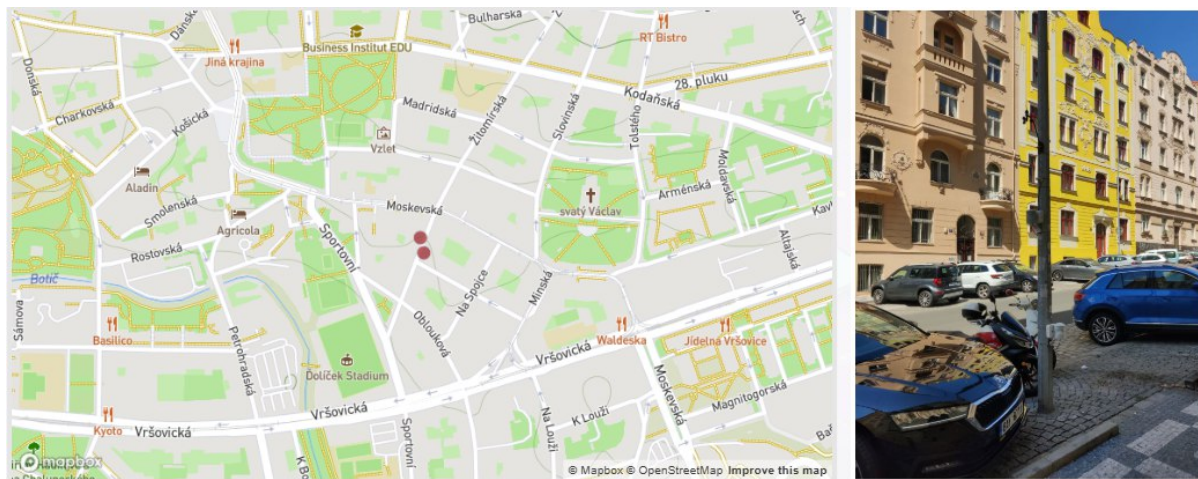
### 3.1.1. Žitomířská ulice a širší rezidenční oblast

Základní sledovanou lokalitou je Žitomířská ulice v městské části Praha 10 – Vršovice. Tato oblast je typická hustou sítí místních ulic, vysokým podílem podélného parkování a častým pohybem chodců. V zimních měsících zde kvůli náledí a omezenému prostoru často vzniká riziko smyku a ztíženého manévrování. Proto je důležitá pravidelná zimní údržba a pružné přizpůsobování dopravního plánování aktuálním podmínkám.

Širší okolí se vyznačuje kombinací různých městských funkcí – kromě bytových domů se zde nacházejí také kanceláře, školy, obchody nebo veřejné a zdravotnické instituce. Tato různorodá skladba budov a provozů způsobuje proměnlivé dopravní zatížení během dne, zejména v ranních a odpoledních špičkách. Dopravní síť v oblasti je tvořena převážně místními ulicemi s úzkým profilem, kde je omezený prostor pro plynulý provoz i parkování. Kapacita této komunikace je do určité míry limitována například šířkou komunikací, a tedy ztížení plynulého průjezdu vozidel apod, zde vytváří náročné podmínky pro dopravní analýzu.

Intenzita dopravy pro tuto ulici, stejně jako pro ostatní lokality, byla převzata z mapy intenzit dopravy za rok 2023 dostupné na webu TSK [23]. V tomto případě však nebyla intenzita

uvedena ani pro samotnou ulici, ani pro její nejbližší dopravní uzly. Je to způsobeno tím, že se jedná o komunikaci s úzkým profilem, která nehraje klíčovou roli v rámci dopravního systému. Vzhledem k její poloze lze navíc předpokládat, že intenzita dopravy je zde spíše nízká. Z toho důvodu je v přehledové tabulce uvedeno, že hodnota “není specifikována”.



Obrázek 4: Mapa - Žitomířská ulice [12]

Charakteristika lokality	
<b>Intenzita[voz./hod.] [23]:</b>	Není specifikováno
<b>Povrch:</b>	Asfalt/dlažba
<b>Orientace:</b>	Severovýchod-jihozápad

Tabulka 2: Charakteristika lokality - Žitomířská ulice [12]

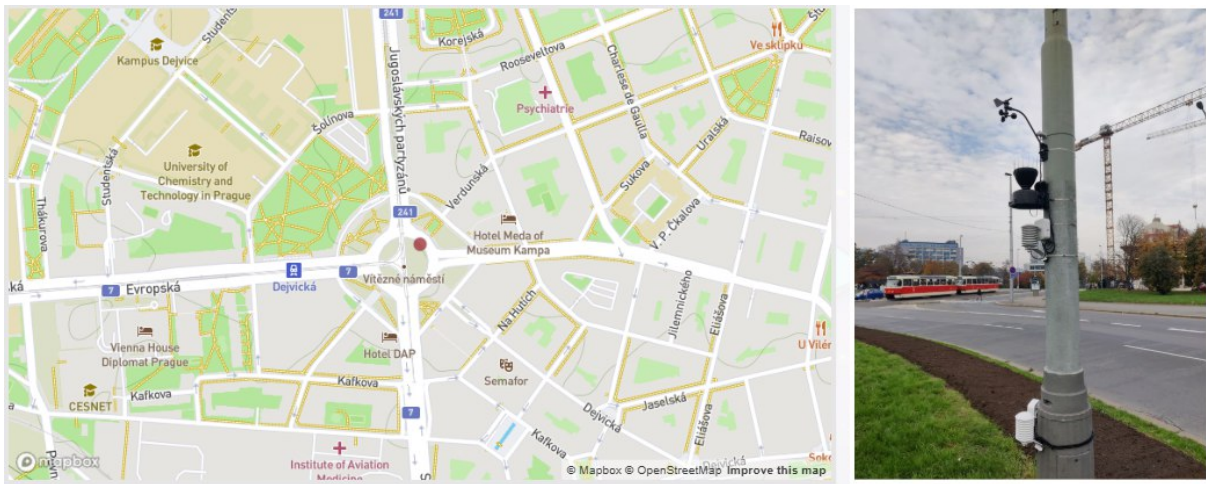
### 3.1.2. Vítězné náměstí a přilehlá městská struktura

Vítězné náměstí představuje centrální bod sledované oblasti v městské části Praha 6 – Dejvice. Jedná se o jednu z nejvíce zatížených lokalit, kde se kříží hromadná doprava s individuální automobilovou dopravou. Vysoká hustota provozu a množství křižovatek, často bez světelné signalizace, vede zejména ve špičkách k nárůstu rizikového chování řidičů, zvláště za deštivého nebo větrného počasí.

Oblast má charakter významného dopravního, vzdělávacího a administrativního centra. Nachází se zde vysoké školy, kancelářské objekty, obchody i obytné domy. Důležitou roli hraje městská hromadná doprava – zejména tramvajová, autobusová a linka metra A, která spolu s

pěší dopravou tvoří podstatnou část pohybu osob v lokalitě. Dopravní síť tvoří radiální tahy napojené na hlavní městské komunikace, což zajišťuje dobrou dostupnost, ale zároveň přispívá ke vzniku dopravních konfliktů. Ve špičkách zde dochází k častým změnám dopravních režimů, které zvyšují nároky na plynulost provozu i bezpečnost chodců.

Z hlediska mikroklimatu je lokalita zajímavá svou otevřeností, což zvyšuje vliv větru a srážek na pohyb účastníků provozu. Přítomnost tvrdých povrchů a husté zástavby může přispívat k extrémním teplotám, zatímco omezený uliční prostor zhoršuje možnosti reakce na nepříznivé podmínky. Všechny tyto faktory činí Vítězné náměstí vhodným územím pro sledování vztahu mezi počasím a dopravní bezpečností v městském prostředí.



Obrázek 5: Mapa - Vítězné náměstí [12]

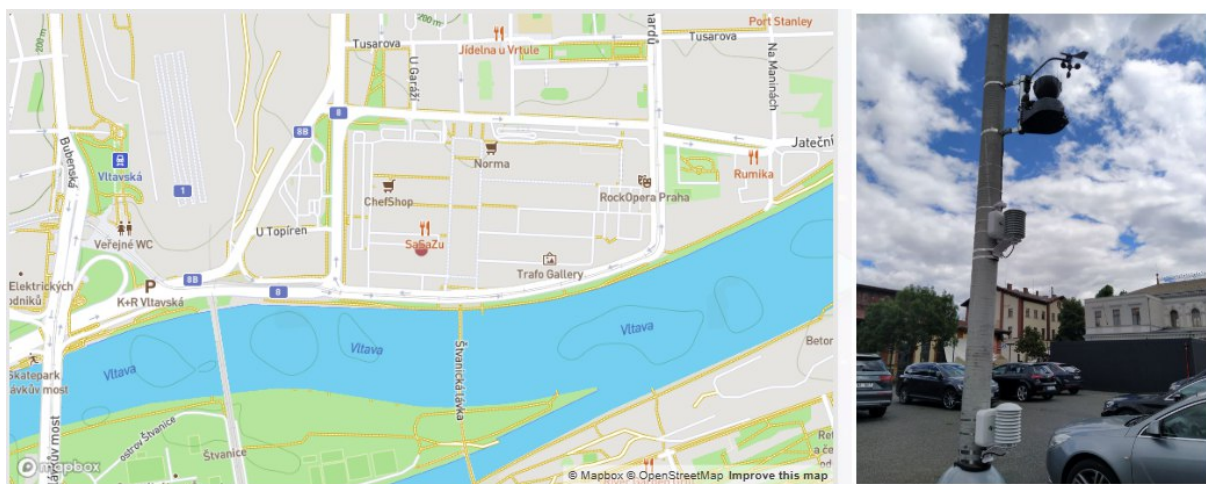
Charakteristika lokality	
<b>Intenzita[voz./hod.] [23]:</b>	6055
<b>Povrch:</b>	Asfalt/zeleň
<b>Orientace:</b>	Není specifikováno

Tabulka 3: Charakteristika lokality - Vítězné náměstí [12]

### 3.1.3. Areál Holešovické tržnice a navazující území

Sledovaná oblast zahrnuje prostor Holešovické tržnice a její přilehlé okolí v městské části Praha 7. Jedná se o území s kombinovaným provozem, kde probíhá souběh zásobovacích aktivit, pěší pohyb, cyklistická doprava a kulturní akce. Veřejná prostranství zde zaznamenávají výrazné výkyvy teplot a proudění vzduchu, což je způsobeno otevřenými plochami a výskytem tzv. tepelných ostrovů. Během trhů a veřejných akcí dochází k vysoké koncentraci chodců, což může vést ke zvýšenému riziku nehod především v okolních komunikacích a parkovištích. Při silných deštích se navíc některé povrchy stávají kluzkými, což dále zvyšuje pravděpodobnost kolizních situací [3].

V širším okolí se nachází důležité městské komunikace, jako je ulice Argentinská nebo Bubenské nábřeží, které slouží k propojení s dalšími částmi města. Většina běžných vozidel nemá do prostoru tržnice přímý přístup a parkuje v blízkých parkovacích zónách, zatímco pěší přístup zůstává dominantní formou pohybu uvnitř areálu. Tento dopravní režim je výrazně proměnlivý a závisí na konkrétním čase a typu probíhající akce, což má vliv na plynulost dopravy i na úroveň bezpečnosti v celé oblasti.



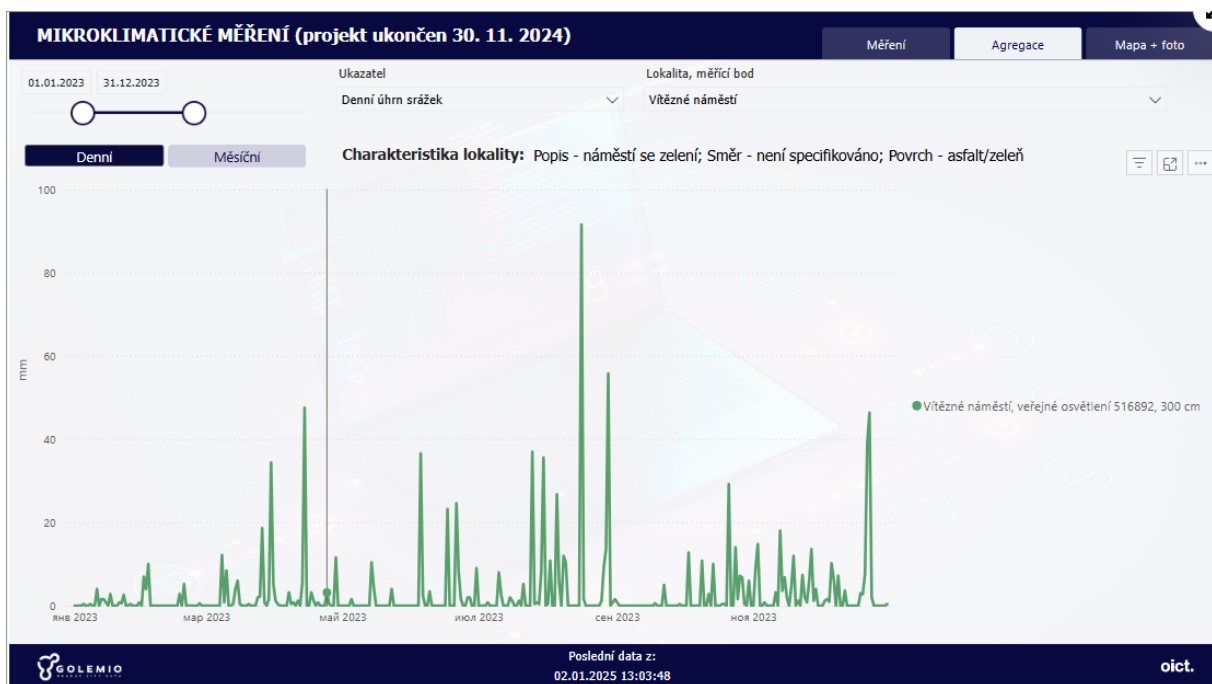
Obrázek 6: Mapa - Holešovická tržnice [12]

Charakteristika lokality	
<b>Intenzita[voz./hod.] [23]:</b>	7033
<b>Povrch:</b>	Asfalt/beton
<b>Orientace:</b>	Východ-západ

Tabulka 4: Charakteristika lokality – okolí Holešovické tržnice [12]

## 3.2. Sběr dat o mikroklimatických parametrech ve vybraných lokalitách

Pro účely této části byly mikroklimatické údaje získány z platformy Golemio.cz, která poskytuje přímý přístup k časově a prostorově přesným meteorologickým datům z území Prahy. Sledované veličiny zahrnují zejména teplotu vzduchu, atmosférické srážky a rychlost větru, které tvoří klíčový vstup pro následnou analýzu vztahu mezi počasím a výskytem dopravních nehod [12]. Data byla stažena konkrétně z oddílu **“Mikroklimatické parametry v Praze”**, kde se prezentují výstupy z pilotního projektu, který využívá sensorová měření v uličním prostředí Prahy. Na této stránce jsem přes sekci „Agregace“ byly vybrány roční souhrny pro zvolené měřicí lokality, přičemž výběr lokalit proběhl na základě předem definovaných kritérií. Vybral jsem parametry – průměrnou denní teplotu vzduchu, denní úhrn srážek, průměrnou denní rychlost větru – jelikož mají největší relevanci pro dopravní analýzu. Následně jsem vyexportoval agregovaná data do CSV formátu se vztahem k roků denních hodnot za rok 2023. CSV soubory jsem strukturoval tak, aby obsahovaly sloupce: časové razítko, lokalita, měřená proměnná a její hodnotu. Tyto soubory byly dále použity pro vizualizaci časových řad i propojení s daty o dopravní nehodovosti [12].



Obrázek 7: Přehledové rozhraní platformy Golemio.cz pro mikroklimatická data [12]

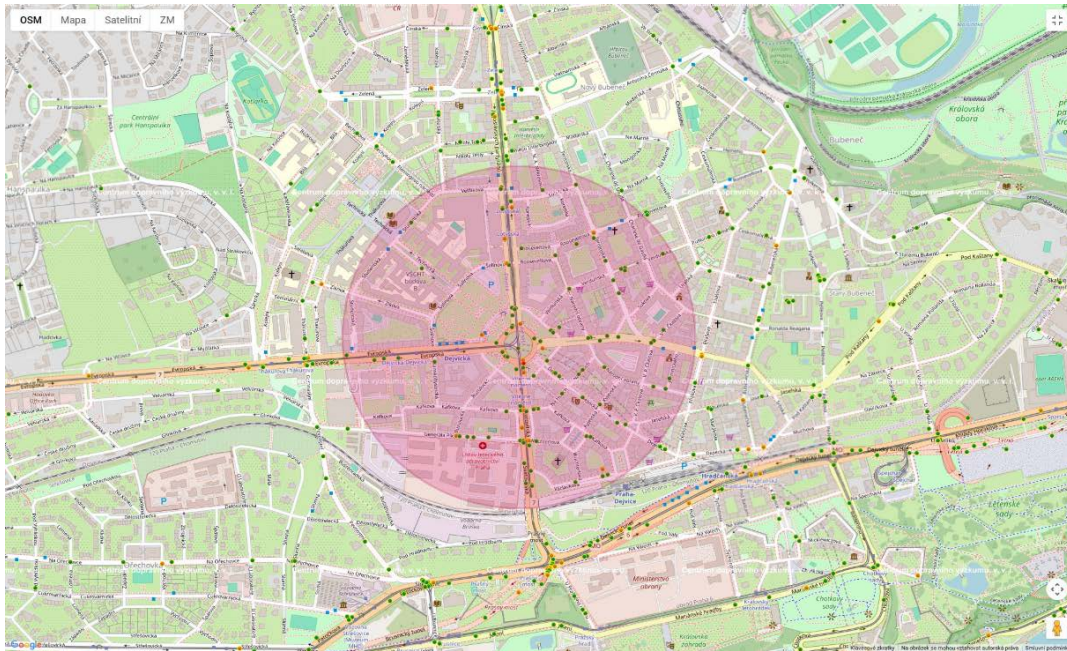
### 3.3. Popis dopravních nehod ve vybraných lokalitách

Pro účely této bakalářské práce byla provedena analýza dopravních nehod na území hlavního města Prahy, a to se zaměřením na konkrétní vybrané lokality. Vstupní data byla získána z veřejně dostupného portálu Nehody.cz, který provozuje Policie České republiky, přičemž byla analyzována veškerá hlášená dopravní nehodová událost za kalendářní rok 2023 [20]. Pro vizuální a prostorové zhodnocení bylo následně vytvořeno kartografické zobrazení všech evidovaných nehod, na jehož základě byly vymezeny zájmové oblasti v okruhu 500 metrů od středu jednotlivých lokalit, kde se nachází detektory. Tento průměr byl zvolen jako jednotný referenční rámec pro porovnání nehodovosti v různých městských prostředích.

V analyzovaném souboru nehod převládaly kolizní situace charakterizované jako srážky s jedoucím či zaparkovaným vozidlem, což odpovídá obvyklé skladbě městských nehod, kde se často střetávají zájmy různých účastníků provozu v omezeném prostoru. Tento typ nehod může být významně ovlivněn jak dopravním uspořádáním dané lokality, tak místními mikroklimatickými podmínkami, které jsou předmětem další analýzy. V následujících kapitolách budou jednotlivé nehody podrobněji rozebrány v kontextu konkrétních lokalit s cílem identifikovat potenciální korelace mezi výskytem nehod a vybranými klimatickými či dopravními faktory.

#### **Vítězné náměstí a přilehlá městská struktura**

Ve sledovaném období se na Vítězném náměstí nejčastěji vyskytovaly nehody typu srážka tramvaje s osobním automobilem, zejména při odbočování nebo při nepozorném vjezdu do kolejíště. K těmto událostem docházelo často ve špičkách, kdy je prostor silně zatížen všemi druhy dopravy. Významnou roli zde hraje nízká manévrovací volnost vozidel v místech křížení tras, kde je nutné rychle reagovat na měnící se dopravní situaci. Nehody byly dále spojeny s nedostatečnou viditelností na některých přechodech a křižovatkách, kde chybí přímý dohled na přijíždějící vozidla nebo tramvaje.

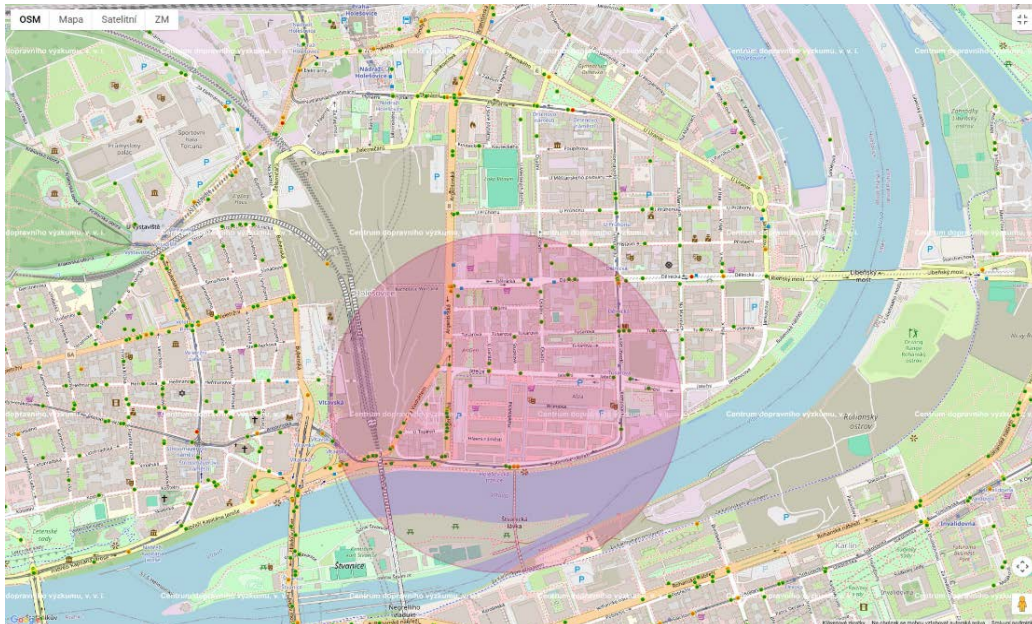


Obrázek 8: Mapa nehod - Vítězné náměstí [11]

### **Areál Holešovické tržnice a navazující území**

Ve sledovaném území v okolí Holešovické tržnice bylo v roce 2023 zaznamenáno zvýšené množství dopravních nehod v souvislosti s nákladní dopravou a zásobováním. Mezi nejčastější typy incidentů patřily kolize těžkých vozidel s osobními automobily nebo cyklisty při manévrování na úzkých komunikacích, zejména při couvání na nevhodně vymezených parkovacích plochách, které se často využívají v okolí tržnice, či při zásobování v ranních hodinách.

Další nehodovost se vyskytla v důsledku nedodržení přednosti v jízdě na nepřehledných křižovatkách poblíž tržnice, kde dochází ke křížení pěších proudů s vozidly. V několika případech byla rovněž evidována nehoda v důsledku ztráty kontroly nad vozidlem za zhoršených podmínek – např. při silném dešti a snížené adhezi vozovky v okolí zatopených úseků. Tyto faktory společně poukazují na zhoršenou organizaci pohybu v oblasti s vysokým dopravním zatížením a nedostatečným fyzickým oddělením různých typů účastníků provozu.

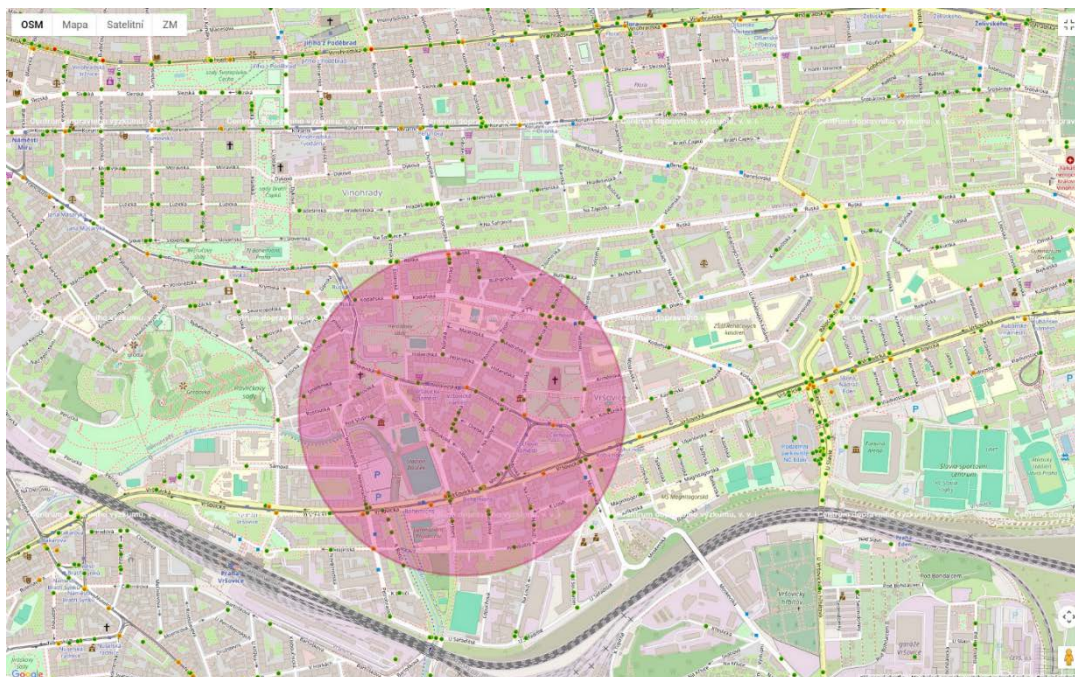


Obrázek 9: Mapa nehod – Okolí Holešovické tržnice [11]

### **Žitomířská ulice a širší rezidenční oblast**

V oblasti Žitomířské ulice bylo v roce 2023 zaznamenáno zvýšené množství dopravních nehod souvisejících především s manévrováním v úzkých ulicích a konflikty mezi různými typy dopravy. Časté byly incidenty při couvání z řadového parkování, nedání přednosti při vjezdu na hlavní komunikaci nebo kolize s cyklisty v místech se zúženým profilem vozovky.

Specifickým problémem této lokality je hustý výskyt přechodů pro chodce bez dostatečné viditelnosti, kde docházelo k několika kolizím s vozidly, zejména v ranní a odpolední dopravní špičce. V zimních měsících byly rovněž hlášeny nehody související se smykem na zasněžené nebo zledovatělé vozovce, kdy technický stav komunikace a nedostatečné ošetření povrchu přispěly ke ztrátě kontroly nad vozidlem. Tato situace podtrhuje zranitelnost rezidenčních zón s vysokou koncentrací dopravy a nízkou adaptabilitou na sezónní klimatické výkyvy.



Obrázek 10: Mapa nehod - Žitomírská ulice [11]

### 3.4. Kontrola kvality dat a jejich filtrace

Před samotnou statistickou analýzou bylo nezbytné provést důslednou kontrolu kvality vstupních dat a jejich následnou filtraci. Následně byly denní časové řady doplněny informací, zda daný den došlo či nedošlo k dopravní nehodě v dané lokalitě. Pro každou lokalitu tak vznikla binární proměnná s hodnotami 1 (nehoda nastala) nebo 0 (nehoda nenastala). Tento přístup umožňuje provádět kvantitativní analýzy formou kontingenčních tabulek a aplikovat statistické testy k identifikaci vztahů mezi výskytem nehod a klimatickými podmínkami. Volba binárního označení události byla motivována přehledností a analytickou jednoduchostí – pro účely této práce bylo cílem identifikovat přítomnost korelace, nikoliv kvantifikovat rozsah škod nebo závažnost nehod.

Při kontrole konzistence byly z dat vyloučeny dny s neúplnými záznamy klimatických hodnot nebo chybějícími polohovými údaji nehod. Zároveň byly doplněny nebo upraveny některé hodnoty mikroklimatických parametrů v případech, kdy původní data vykazovala extrémní nebo nelogické hodnoty, které by mohly ovlivnit objektivitu. Dále byly agregovány pouze nehody, které měly přesné datum události a potvrzenou lokaci spadající do analyzovaných oblastí. Stejný přístup byl aplikován i u dat mikroklimatických – byly použity pouze dny, u nichž byly

dostupné všechny tři sledované meteorologické parametry. Tímto postupem byla zajištěna konzistence mezi oběma datovými sadami a umožněna následná komplexní aplikace statistických metod.

### 3.5. Formulace výzkumných hypotéz

V městském prostředí je dopravní bezpečnost výrazně ovlivňována kombinací meteorologických jevů, zejména v zimním období. Pokud dochází k výskytu srážek při současně nízkých teplotách pod bodem mrazu, nastávají podmínky ideální pro vznik náledí a ztráty adheze vozovky. Tento jev je zvláště nebezpečný v ranních hodinách, kdy dopravní špička probíhá za teplotních minim a povrchy komunikací mohou být zcela nebo částečně namrzlé. Studie *The impact of weather conditions on daily crash counts: a time series approach* upozorňuje, že samotná přítomnost srážek zvyšuje riziko nehody o desítky procent, přičemž tato pravděpodobnost dále narůstá při kombinaci s nízkou teplotou. Výzkum *Modeling the impact of weather and lighting conditions on injury severity of single-vehicle crashes* zároveň ukazuje, že mrazivé podmínky vedou nejen k častějším, ale i závažnějším nehodám. Tento synergický efekt působení dvou klimatických proměnných je z hlediska řízení městské dopravy kritický, zejména ve zranitelných oblastech s rezidenční zástavbou a omezenou zimní údržbou [2],[4].

**Hypotéza  $H_1$ :** *Kombinace zvýšené intenzity srážek a průměrné denní teploty vzduchu pod bodem mrazu vede ke statisticky významnému nárůstu počtu dopravních nehod v městském prostředí.*

Rychlost větru patří mezi méně předvídatelné mikroklimatické proměnné, které však mohou významně ovlivňovat dopravní chování v městském prostředí. Zvláště v lokalitách s otevřenou infrastrukturou – například mosty, široké bulváry nebo úseky bez zástavby – může vítr narušit stabilitu vozidel, zejména u těžších nebo výše stavěných dopravních prostředků, jako jsou autobusy a nákladní automobily. Výzkumná práce *Vliv klimatických podmínek na dopravní proud v městských ulicích: případová studie Legerova, Praha* potvrzuje zvýšenou zranitelnost těchto typů komunikací vůči nárazovému větru, a to zejména během dopravních špiček. Dále bylo zjištěno, že vítr v městském prostředí ovlivňuje nejen vozidla, ale i chodce a cyklisty, čímž zvyšuje provozní riziko. Studie *Urban travel time index estimation under multiple weather*

*parameters using floating car data* poukazuje na vliv větru na zpomalení provozu a změnu dynamiky jízdy, což může vést ke krizovým situacím [7], [10].

**Hypotéza  $H_2$ :** *Zvýšená průměrná denní rychlost větru v kombinaci s otevřeným charakterem komunikace vede ke statisticky významnému zvýšení výskytu dopravních nehod.*

Vliv srážek na bezpečnost dopravy není lineární – riziko nevzniká pouze s jejich přítomností, ale zejména v souvislosti s jejich intenzitou. Nízká intenzita srážek může u řidičů vést k podcenění rizika, zatímco při silných a velmi silných srážkách dochází k výraznému omezení viditelnosti, ztrátě kontroly nad vozidlem a vyššímu počtu krizových situací. Práce *The impact of weather conditions on daily crash counts: a time series approach* ukazuje, že zatímco mírné srážky zvyšují riziko nehody přibližně o čtvrtinu, silné srážky mohou riziko zdvojnásobit. Výzkum *Urban travel time index estimation under multiple weather parameters using floating car data* potvrzuje, že právě v nejvyšší kategorii intenzity srážek dochází ke zpomalení provozu a zvýšené dopravní nestabilitě. V městském prostředí, kde jsou navíc faktory jako křižovatky, přechody pro chodce a parkovací manévry běžné, může silný déšť významně zvyšovat pravděpodobnost kolize [2], [10].

**Hypotéza  $H_3$ :** *Zvýšená intenzita srážek má nelineární vliv na výskyt dopravních nehod, přičemž nejvyšší kategorie srážek vede ke statisticky významnému nárůstu nehodovosti.*

Nízké teploty představují v městském prostředí významný bezpečnostní rizikový faktor, a to zejména při hodnotách blízkých bodu mrazu. Právě v teplotním rozmezí mezi  $-2\text{ °C}$  a  $+2\text{ °C}$  dochází často k tvorbě tzv. *náledí*, které nemusí být na první pohled vizuálně patrné. Tento jev zvyšuje riziko smyku, prodlužuje brzdnou dráhu a zhoršuje přilnavost pneumatik k vozovce. Podle studie *Modeling the impact of weather and lighting conditions on injury severity of single-vehicle crashes* mají teploty blízké nule nejen vliv na četnost, ale i závažnost dopravních nehod [4].

**Hypotéza  $H_4$ :** *V rozmezí průměrné denní teploty od  $-2\text{ °C}$  do  $+2\text{ °C}$  dochází ke statisticky významnému nárůstu výskytu dopravních nehod oproti dnům s vyšší teplotou.*

## 4. Statistická analýza definovaných datových sad

Cílem této kapitoly je ověřit platnost čtyř stanovených hypotéz prostřednictvím vhodných statistických metod. Pro každou hypotézu byla definována proměnná nebo kombinace proměnných, u nichž je na základě rešerše odborné literatury předpokládán vztah k výskytu dopravních nehod. Testování probíhá na základě dat z měřicích stanic meteorologických a dopravních parametrů, agregovaných na denní úrovni pro jednotlivé lokality.

Výsledky uvedené v této kapitole slouží jako základ pro interpretaci vztahů mezi proměnnými, které byly identifikovány jako potenciálně rizikové. U každé hypotézy je prezentována struktura dat, podmínky pro rozdělení do skupin, tabulky frekvencí a vyhodnocení na základě datového souboru z roku 2023.

### 4.1. Popis vybraných statistických metod

Pro testování platnosti formulovaných hypotéz byly zvoleny dvě základní statistické metody –  $\chi^2$  test nezávislosti a logistická regrese. Obě metody jsou vhodné v kontextu této práce, protože pracují s kategoriálními či binárními proměnnými, které vyjadřují přítomnost dopravní nehody.

Metody byly vybrány s ohledem na cíle analýzy, velikost datového souboru a povahu proměnných.  $\chi^2$  test umožňuje detekovat závislosti mezi dvěma kategoriálními znaky, zatímco logistická regrese kvantifikuje sílu a směr tohoto vztahu.

#### 4.1.1. $\chi^2$ test nezávislosti

$\chi^2$  test nezávislosti (Pearson's chi-square test) slouží k ověření, zda mezi dvěma kategoriálními proměnnými existuje statisticky významná souvislost. Princip spočívá v porovnání pozorovaných četností s četnostmi očekávanými za předpokladu nezávislosti. Testovací statistika se vypočítává podle vzorce:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

Kde:

$O$  – pozorovaná četnost

$E$  – očekávaná četnost

Výsledná hodnota testu se porovnává s kritickou hodnotou z rozdělení  $\chi^2$  pro daný počet stupňů volnosti.

Nízká p-hodnota ( $p < 0,05$ ) značí, že výskyt nehody není na dané podmínce nezávislý a existuje mezi nimi vztah.

Jak uvádí článek *The chi-square test*,  $\chi^2$  test je zvláště vhodný v případech, kdy je třeba porovnat četnosti výskytu v dvourozměrných kategoriálních tabulkách. Jeho hlavní předností je skutečnost, že se jedná o neparametrický test, který nevyžaduje předpoklady o rozdělení dat, což je ideální pro aplikaci na reálné dopravní záznamy, kde hodnoty často neodpovídají normálnímu rozdělení [18].

#### 4.1.2. Logistická regrese

Logistická regrese je robustní metoda pro modelování vztahu mezi binární závislou proměnnou a jednou nebo více nezávislými proměnnými. Je ideální pro situace, kdy je cílem odhadnout pravděpodobnost výskytu určité události na základě daných podmínek [25].

Základní forma logistické regrese má podobu:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$$

Kde:

$p$  - pravděpodobnost výskytu nehody

$x_i$  - vstupní proměnné

$\beta_i$  - odpovídající koeficienty

Regresní koeficienty lze interpretovat pomocí tzv. odds ratio, tedy kolikrát se zvýší pravděpodobnost výskytu události při změně dané proměnné o jednotku. Například  $OR = 1,75$  značí, že daný faktor zvyšuje šanci výskytu nehody 1,75 násobně.

Výhodou této metody je možnost zahrnout více proměnných současně a modelovat jejich kombinované účinky.

Jak vyplývá z článku *Understanding logistic regression analysis in clinical reports: an introduction* publikovaného v časopise *Annals of Thoracic Surgery*, logistická regrese poskytuje intuitivní a prakticky využitelnou interpretaci vztahů v případech, kdy závislá proměnná není spojitá, ale binární. Je tak vhodná nejen pro zdravotnické či klinické studie, ale rovněž pro aplikace v dopravním inženýrství, kde je cílem odhadnout pravděpodobnost výskytu události na základě různých prediktorů [17].

## 4.2. Provedení statistických testů

V této části práce je ověřována platnost formulovaných hypotéz pomocí konkrétních statistických testů, které byly vybrány s ohledem na povahu dostupných dat i výzkumné cíle. Využitý postup zahrnuje kombinaci neparametrických metod a modelování pomocí logistické regrese. Cílem je identifikovat statisticky významné vztahy mezi výskytem dopravních nehod a meteorologickými podmínkami, a to s využitím validovaných analytických nástrojů.

Analýzy byly realizovány v prostředí *Matlab*, které poskytuje nástroje pro zpracování časových řad, testování hypotéz a tvorbu vizualizací [19]. *Matlab* umožňuje nejen efektivní zpracování rozsáhlých datových souborů, ale i snadné propojení meteorologických a dopravních datových zdrojů. Výstupem každého testu je sada číselných výsledků (např. testovací statistika,  $p$ -hodnota, odds ratio), doplněná o kontingenční tabulky. Výsledky jsou přehledně budou uvedeny v následujících podkapitolách a slouží jako základ pro interpretaci dopadů počasí na dopravní bezpečnost v urbánním prostředí.

### 4.2.1. Vypracování hypotézy č.1

**Hypotéza  $H_1$ :** *Kombinace zvýšené intenzity srážek a průměrné denní teploty vzduchu pod bodem mrazu vede ke statisticky významnému nárůstu počtu dopravních nehod v městském prostředí.*

Při ověřování hypotézy byla data vybrána tak, aby splňovala kombinaci dvou meteorologických podmínek: výskyt denního úhrnu srážek je větší než 0 mm a zároveň průměrná denní teplota je pod 0 °C. Tato kombinace představuje situaci s vysokým rizikem tvorby náledí, které je v literatuře označováno za významný faktor dopravní nehodovosti [4], [7].

Po aplikaci tohoto filtru na data za rok 2023 bylo zjištěno, že výskyt takových dnů je velmi omezený.

Lokalita 1 – **Vítězné náměstí:**

Typ dne	S nehodou	Bez nehody	Celkem
<i>Srážky &gt; 0 mm + Teplota &lt; 0 °C</i>	3	3	6
<i>Ostatní dny</i>	195	164	359

Tabulka 5: Rozdělení dnů podle výskytu srážek a nízké teploty – Vítězné náměstí

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že v případě kombinace srážek nad 0 mm a teploty pod bodem mrazu nastalo celkem 6 takových dní – ve dvou případech došlo k dopravní nehodě a ve třech nikoliv. Ostatní dny (celkem 359) zahrnovaly 195 dnů s nehodou a 164 dnů bez nehody.

Statistická metodologie  $\chi^2$  testu nezávislosti vyžaduje, aby všechny očekávané hodnoty v kontingenční tabulce byly alespoň 5, nebo aby alespoň 80 % buněk tuto podmínku splňovalo. V tomto případě je však celkový počet sledovaných případů v první řadě příliš nízký (pouze 5), což vede k očekávaným četnostem pod hranicí 5 v obou buňkách této kombinace.

Z tohoto důvodu nelze  $\chi^2$  test spolehlivě aplikovat – porušení jeho předpokladů by mohlo vést ke zkresleným nebo statisticky neplatným závěrům. Je tedy vhodné využít jiné typy testů nebo metody kombinující více lokalit či delší časové období pro zvýšení četností.[18].

Lokalita 2 – **Okolí Holešovické tržnice:**

Typ dne	S nehodou	Bez nehody	Celkem
<i>Srážky &gt; 0 mm + Teplota &lt; 0 °C</i>	3	1	4
<i>Ostatní dny</i>	125	236	341

Tabulka 6: Rozdělení dnů podle výskytu srážek a nízké teploty – Holešovická tržnice

Analogická kombinace byla analyzována také pro lokalitu okolí Holešovické tržnice. I zde jsou četnosti v buňkách první řady příliš nízké a očekávané hodnoty opět nedosahují požadované hranice. Proto ani zde nelze test provést.

### Lokalita 3 – Ulice Žitomířská:

V případě lokality Žitomířská nebylo možné test vůbec připravit, protože v datové sadě chybí informace o srážkách pro tuto lokalitu. Z tohoto důvodu nebylo možné identifikovat dny s výskytem kombinace srážek a nízké teploty.

Z výše uvedeného vyplývá, že ve všech třech lokalitách nebylo možné Hypotézu č.1 statisticky testovat kvůli:

- příliš malému počtu dní s danou kombinací podmínek
- nesplnění metodických požadavků pro  $\chi^2$  test
- absenci dat v jednom případě.

Hypotéza však zůstává součástí práce, neboť vychází z odborně podloženého předpokladu a má praktický význam. Její testování by mělo být předmětem budoucí analýzy s využitím delších časových řad nebo jiných klimatických oblastí.

#### 4.2.2. Vypracování hypotézy č.2

**Hypotéza  $H_2$ :** *Zvýšená průměrná denní rychlost větru v kombinaci s otevřeným charakterem komunikace vede ke statisticky významnému zvýšení výskytu dopravních nehod.*

#### Lokalita – Okolí Holešovické tržnice:

Druhá hypotéza předpokládá, že zvýšená průměrná denní rychlost větru v kombinaci s otevřeným charakterem komunikace vede ke statisticky významnému zvýšení výskytu dopravních nehod. Motivací k formulaci této hypotézy je skutečnost, že vítr ovlivňuje schopnost řidiče udržet vozidlo ve stabilní poloze, zvyšuje riziko náhlého vybočení vozidla při poryvech a zhoršuje celkovou ovladatelnost, zejména u lehčích a vyšších vozidel [7], [13].

Pro testování této hypotézy byla zvolena lokalita okolí Holešovické tržnice, která se ze všech tří sledovaných oblastí vyznačuje nejotevřenějším charakterem uličního prostoru.

Testování bylo zaměřeno na porovnání výskytu nehod mezi dny s vyššími a nižšími hodnotami průměrné denní rychlosti větru. Jelikož v daném roce nebyla zaznamenána žádná hodnota, která by odpovídala oficiálnímu stupni „silný vítr“ ( $\geq 10$  m/s) podle Beaufortovy stupnice, byla pro účely testu použita alternativní metoda. Dny byly rozděleny podle 75. percentilu rozložení rychlosti větru, čímž vznikla skupina relativně větrných dní, která reprezentuje 25 % dní s nejvyššími hodnotami. Tento přístup odpovídá metodice použití kvantilového třídění v dopravních a klimatických studiích [6], [13].

Stupeň	Označení větru a příznaky	Rychlost [m/s]
0	Bezvětrí: kouř stoupá kolmo	0-1
1	Vánek: pohyb kouře	1-2
2	Větrík: šelestění listů	2-4
3	Slabý vítr: pohyb větviček	4-6
4	Mírný vítr: zdvihá se prach	6-8
5	Čerstvý vítr: ohýbají se keře	8-10
6	Silný vítr: ohýbá větší větve	10-12
7	Prudký vítr: ohýbá stromy	14-17
8	Bouřlivý vítr: ulamuje větve	12-14
9	Vichřice: strhává tašky, láme slabší stromy	17-20
10	Silná vichřice: vyvrací stromy, strhává střechy	20-24
11	Mohutná vichřice: působí rozsáhlé škody	24-30
12	Orkán: ničivé účinky	přes 30

Obrázek 11: Beaufortova stupnice [24]

Typ dne	Bez nehody	S nehodou	Celkem
<i>Normální vítr(&lt; 3,36 m/s)</i>	180	93	273
<i>Relativně silný vítr(&gt; 3,36 m/s)</i>	57	35	92
<b>p-hodnota</b>		0,489	
<b>Testovací statistika(<math>\chi^2</math>)</b>		0,478	

Tabulka 7: Rozdělení dnů podle průměrné rychlosti větru a výsledky  $\chi^2$  testu

Získaná p-hodnota je vyšší než hladina statistické významnosti  $\alpha = 0.05$ , což znamená, že nelze zamítnout nulovou hypotézu o nezávislosti. Jinými slovy, statisticky významný rozdíl ve výskytu dopravních nehod mezi větrnými a nevětrnými dny se v daném souboru dat neprokázal.

Přestože z pohledu absolutních hodnot byla míra výskytu nehod vyšší ve dnech s relativně silnějším větrem (38 % oproti 34 %), rozdíl nebyl dostatečně výrazný pro to, aby byl považován za statisticky významný. Tento výsledek může být ovlivněn i relativně nízkou variabilitou rychlosti větru v dané lokalitě během sledovaného roku, kdy žádný den nepřekročil hranici 10 m/s.

#### 4.2.3. Vypracování hypotézy č.3

**Hypotéza  $H_3$ :** *Zvýšená intenzita srážek má nelineární vliv na výskyt dopravních nehod, přičemž nejvyšší kategorie srážek vede ke statisticky významnému nárůstu nehodovosti.*

Třetí hypotéza vychází z předpokladu, že intenzita srážek má nelineární vliv na výskyt dopravních nehod. Hypotéza předpokládá, že nejvyšší kategorie srážek (tj. silné a velmi silné) budou mít statisticky významný vliv na četnost nehod oproti ostatním kategoriím. Tento předpoklad je podpořen řadou výzkumů, které poukazují na zhoršenou viditelnost, snížení tření mezi pneumatikou a vozovkou a vyšší pravděpodobnost ztráty kontroly nad vozidlem během intenzivních srážek [4].

Pro potřeby testování byla intenzita srážek klasifikována na základě metodiky používané v meteorologii, která rozlišuje pět kategorií podle množství srážek v mm/hod . Přiřazení kategorií bylo provedeno přímo v připravené datové sadě pro každou lokalitu zvlášť, pomocí upravených proměnných [15].

Intenzita	Děšť (mm/hod)	Sněžení (cm/hod)
• Velmi slabá	Neměřitelné množství	Jednotlivé vločky, které nepokrývají celý povrch země bez ohledu na délku trvání jevu
• Slabá	Od 0,1 do 2,5	Do 0,5 cm - neovlivňuje dohlednost
• Mírná	Od 2,6 do 8	Od 0,6 do 4 - dohlednost již mírně zhoršená
• Silná	Od 8 do 40	Více než 4 - dohlednost zhoršená již na 500m
• Velmi silná	Více než 40	Krátkodobé intenzivní sněhové přeháňky - dohlednost zhoršená pod 500m

Obrázek 12: Kategoriační rozdělení intenzity denního úhrnu srážek [15]

Analýza bude provedena samostatně pro každou lokalitu, kde jsou dostupné údaje o intenzitě srážek – tedy Vítězné náměstí a okolí Holešovické tržnice. Lokalita Žitomířská není zahrnuta do testování, protože zde údaje o intenzitě srážek chybí.

Lokalita 1 – Vítězné náměstí:

Typ dne	Bez nehody	S nehodou	Celkem
<i>Nízká/střední intenzita</i>	158	171	329
<i>Silná/velmi silná intenzita</i>	9	27	36
<b>p-hodnota</b>	0,014		
<b>Testovací statistika(<math>\chi^2</math>)</b>	6,03		

Tabulka 8: Rozdělení dnů podle intenzit denního úhrnu srážek a výsledky  $\chi^2$  testu - Vítězné náměstí

Test prokázal statisticky významný rozdíl ve výskytu dopravních nehod mezi dny se silnými/velmi silnými srážkami a dny s nižší intenzitou. P-hodnota < 0.05 znamená, že existuje statisticky významná souvislost mezi silnými srážkami a častějším výskytem nehod. Přibližně 75 % dnů se silnými srážkami skončilo nehodou, zatímco u běžných dní to bylo jen kolem 52 %.

V níže uvedené tabulce jsou výsledky logistické regrese pro lokalitu Vítězné náměstí, kde byla testována závislost výskytu dopravní nehody na výskytu silných a velmi silných srážek:

Proměnná	Odds Ratio	p-hodnota
$\beta_0$	1,08	0,474
<i>Silné srážky</i>	2,77	0,011

Tabulka 9: Výsledky logistické regrese – Vítězné náměstí

Výsledky logistické regrese ukázaly, že výskyt silných a velmi silných srážek má statisticky významný vliv na pravděpodobnost výskytu dopravní nehody. Koeficient pro tuto proměnnou odpovídá hodnotě **Odds ratio = 2,77**, což znamená, že pravděpodobnost nehody je v těchto dnech přibližně 2,75krát **vyšší** než ve dnech s nízkou nebo střední intenzitou srážek. P-hodnota činila 0,011, tedy méně než stanovená hladina významnosti 0,05, a proto lze vztah označit za statisticky významný.

V modelu byla zahrnuta také konstanta, která odpovídá výchozí pravděpodobnosti výskytu nehody v případě, že daný den nebyly zaznamenány silné ani velmi silné srážky. Tato konstanta má hodnotu **Odds ratio = 1,08**, což ukazuje na přirozenou základní pravděpodobnost nehody v běžných podmínkách. Vzhledem k vysoké p-hodnotě (0,474) není konstanta sama o sobě statisticky významná a slouží pouze jako referenční úroveň, vůči které je vztah testované proměnné interpretován.

#### Lokalita 2 – Okolí Holešovické tržnice:

Typ dne	Bez nehody	S nehodou	Celkem
<i>Nízká/střední intenzita</i>	222	115	337
<i>Silná/velmi silná intenzita</i>	15	13	28
<b>p-hodnota</b>	0,1899		
<b>Testovací statistika(<math>\chi^2</math>)</b>	1,72		

Tabulka 10: Rozdělení dnů podle intenzit denního úhrnu srážek a výsledky  $\chi^2$  testu – Okolí Holešovické tržnice

Rozdíl mezi skupinami není statisticky významný ( $p = 0,1899 > 0,05$ ), což znamená, že na základě  $\chi^2$  testu nelze potvrdit souvislost mezi silnými srážkami a výskytem dopravních nehod v této lokalitě. Přestože v relativním poměru dochází k nehodám o něco častěji ve dnech se silnými srážkami než v běžných dnech, rozdíl není dostatečně výrazný, aby byl statisticky potvrzen.

V níže uvedenou tabulce jsou výsledky logistické regrese pro lokalitu okolí Holešovické tržnice, kde byla testována závislost výskytu dopravní nehody na výskytu silných a velmi silných srážek:

Proměnná	Odds Ratio	p-hodnota
$\beta_0$	0,52	0
<i>Silné srážky</i>	1,67	0,1937

Tabulka 11: Výsledky logistické regrese – Holešovická tržnice

Přestože  $\chi^2$  test nezjistil statisticky významnou souvislost mezi výskytem silných srážek a dopravními nehodami v okolí Holešovické tržnice, byla provedena i logistická regrese. Cílem bylo ověřit, zda lze pomocí této metody kvantifikovat riziko nehody v případě výskytu intenzivních srážek a identifikovat případný skrytý vztah, který by jednoduchý kontingenční test nemusel zachytit.

Regresní model ukázal, že pravděpodobnost výskytu dopravní nehody je 1,55krát vyšší ve dnech se silnými nebo velmi silnými srážkami, než ve dnech s nižší intenzitou. Tento rozdíl však nebyl statisticky významný ( $p = 0,1937$ ), a tedy nemůže být interpretován jako prokázaný efekt. Výsledek však naznačuje potenciální trend, který by mohl být potvrzen v širší časové řadě nebo v jiných lokalitách.

Logistická regrese tedy doplňuje výsledek  $\chi^2$  testu – poskytuje detailnější kvantifikaci efektu a poukazuje na možnou souvislost, která by mohla být významná při větším počtu dat.

#### 4.2.4. Vypracování hypotézy č.4

**Hypotéza  $H_4$ :** *V rozmezí průměrné denní teploty od  $-2$  °C do  $+2$  °C dochází ke statisticky významnému nárůstu výskytu dopravních nehod oproti dnům s vyšší teplotou.*

Čtvrtá hypotéza vychází z předpokladu, že největší riziko dopravních nehod není nutně spojeno s extrémní zimou nebo vysokými teplotami, ale s hodnotami blízkými bodu mrazu, konkrétně v intervalu  $-2$  až  $+2$  °C. Právě v tomto rozsahu často dochází k tvorbě náledí nebo jeho opětovnému tání, což vede k prudké změně adhezních vlastností povrchu, které nejsou vizuálně předvídatelné pro řidiče [6].

Z hlediska dostupnosti dat je proměnná průměrné denní teploty vzduchu dostupná pro všechny tři sledované lokality – Vítězné náměstí, okolí Holešovické tržnice i ulici Žitomířská. Tato hypotéza bude tedy ověřena pro všechny oblasti, a to srovnáním výskytu dopravních nehod mezi dny s teplotami v rozsahu  $-2$  °C až  $+2$  °C a dny mimo tento rozsah.

Lokalita 1 – Vítězné náměstí:

Typ dne	Bez nehody	S nehodou	Celkem
$-2 \text{ °C} < T < +2 \text{ °C}$	16	22	38
<i>Ostatní dny</i>	151	176	327
<b>p-hodnota</b>		0,6334	
<b>Testovací statistika(<math>\chi^2</math>)</b>		0,23	

Tabulka 12: Rozdělení dnů podle vybraného teplotního rozmezí a výsledky  $\chi^2$  testu - Vítězné náměstí

Na základě výsledků testu nezávislosti nelze potvrdit hypotézu o zvýšené nehodovosti při kritických teplotách. Hodnota  $p = 0,6334$  výrazně převyšuje hladinu statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ , což znamená, že rozdíl ve výskytu nehod mezi skupinami není statisticky významný. Ačkoliv je počet nehod ve dnech s kritickou teplotou relativně vyšší v poměru k celkovému počtu dní, rozdíl nelze považovat za průkazný.

Lokalita 2 – Okolí Holešovické tržnice:

Typ dne	Bez nehody	S nehodou	Celkem
$-2\text{ °C} < T < +2\text{ °C}$	20	10	30
<i>Ostatní dny</i>	217	118	335
<b>p-hodnota</b>		0,8353	
<b>Testovací statistika(<math>\chi^2</math>)</b>		0,04	

Tabulka 13: Rozdělení dnů podle vybraného teplotního rozmezí a výsledky  $\chi^2$  testu – Okolí Holešovické tržnice

Na základě výsledků  $\chi^2$  testu nebyla hypotéza ani v této lokalitě potvrzena. Ačkoliv se v kritickém teplotním rozmezí nehody vyskytovaly, statistický test ukázal, že rozdíl mezi dny s a bez nehody není dostatečně výrazný. Hodnota  $p = 0,8353$  je výrazně vyšší než hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ , proto hypotézu o zvýšeném riziku nelze v případě okolí Holešovické tržnice podpořit.

Lokalita 3 – Žitomířská ulice:

Typ dne	Bez nehody	S nehodou	Celkem
$-2\text{ °C} < T < +2\text{ °C}$	52	11	63
<i>Ostatní dny</i>	230	72	302
<b>p-hodnota</b>		0,2717	
<b>Testovací statistika(<math>\chi^2</math>)</b>		1,21	

Tabulka 14: Rozdělení dnů podle vybraného teplotního rozmezí a výsledky  $\chi^2$  testu - Žitomířská ulice

Na základě testu nelze hypotézu o zvýšeném riziku nehody při průměrné teplotě mezi  $-2\text{ °C}$  až  $+2\text{ °C}$  potvrdit ani v této lokalitě. Hodnota  $p$ -hodnoty = 0,2717 je nad hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ , a tedy výskyt nehod v daném teplotním rozsahu není statisticky odlišný od běžných dnů. Hypotéza 4 se tak ve Žitomířské ulici rovněž nepotvrdila.

### 4.3. Interpretace výsledků

Na základě statistických testů provedených v předchozí kapitole lze nyní přistoupit k jejich interpretaci s ohledem na dopravní praxi a problematiku bezpečnosti v městském prostředí. Následující text shrnuje hlavní poznatky pro každou z analyzovaných lokalit a nabízí vysvětlení možných souvislostí mezi mikroklimatickými jevy a dopravní nehodovostí. Zároveň naznačuje potenciální směry pro optimalizaci dopravního řízení a návrh bezpečnostních opatření.

#### Lokalita 1 – **Vítězné náměstí:**

Statistická analýza ukázala, že v případě této lokality existuje přímý a statisticky významný vztah mezi výskytem silných srážek a dopravní nehodovostí. Výsledky logistické regrese ukázaly, že při nejvyšší kategorii srážek je pravděpodobnost výskytu nehody téměř třikrát vyšší ( $OR = 2,77$ ;  $p = 0,011$ ) oproti běžným dnům bez srážek. To potvrzuje předpoklad, že extrémní dešťové události zásadně ovlivňují bezpečnost dopravního provozu – ať už z důvodu snížené přilnavosti, omezené viditelnosti nebo zpožděných reakcí řidičů.

Naopak hypotéza, že kombinace nízkých teplot pod bodem mrazu a intenzivních srážek vede ke zvýšení počtu nehod, se na této lokalitě sice logicky nabízela, avšak statisticky nebyla potvrzena. Jedním z důvodů může být nízký počet dní s výskytem obou jevů současně – v dostupném datasetu se jednalo pouze o 6 dní, což omezilo sílu testu. Podobně se nepotvrdil ani vztah mezi výskytem nehod a dny s tzv. kritickou teplotou ( $-2$  až  $+2$  °C), i když u této proměnné došlo po opravě vstupních dat ke zpřesnění výpočtu.

Celkově lze konstatovat, že právě v případě silných srážek je Vítězné náměstí vysoce zranitelné, což se ukázalo i ve statistickém testování. Tyto výsledky poskytují jasný podklad pro návrh konkrétních opatření. Zároveň by bylo vhodné v budoucnu rozšířit období sledování a zvýšit kvalitu dat, aby bylo možné zachytit i složitější kombinace klimatických jevů, které v této lokalitě evidentně hrají roli.

#### Lokalita 2 – **Okolí Holešovické tržnice:**

Na této lokalitě se žádná ze tří testovaných hypotéz statisticky nepotvrdila, nicméně výsledky naznačují určité trendy, které mají význam z pohledu dopravní bezpečnosti. V případě testu

vztahu mezi silným větrem a výskytem nehod bylo analyzováno 56 dní s průměrnou denní rychlostí větru nad definovanou mezní hodnotou 3,36 m/s, přičemž  $\chi^2$  test ukázal, že rozdíly v četnosti nehod mezi větrnými a nevětrnými dny nebyly statisticky významné ( $p = 0,489$ ). Podobně se nepotvrdila ani hypotéza o zvýšené nehodovosti při nejvyšší kategorii srážek ( $p = 0,1899$ ) a rovněž ani hypotéza o zvýšeném riziku při kritickém teplotním rozmezí  $-2$  až  $+2$  °C ( $p = 0,8353$ ).

Tyto výsledky mohou být ovlivněny několika faktory. Jedním z nich je rozdílný charakter dopravního prostoru – oblast Holešovické tržnice je tvořena převážně otevřenou zástavbou s nízkým podílem chodců a vyšší frekvencí zásobovacího provozu, zejména nákladních a dodávkových vozidel.

Další příčinou může být menší citlivost dat na extrémny – například silné větry zde mohou sice zhoršovat podmínky řízení, ale nemusí dosahovat intenzity, která by přímo vedla ke zvýšení nehodovosti. Výsledky také naznačují, že krátké sledované období (pouze jeden rok) nemusí být dostatečně reprezentativní pro zachycení méně častých, ale rizikových klimatických kombinací.

Přesto lze testy vnímat jako užitečný analytický nástroj: potvrzují, že v této lokalitě je mikroklima méně určující faktor než například typ vozidel, prostorové uspořádání nebo provozní režim zóny. Zároveň by však dlouhodobější sběr dat mohl v budoucnu přinést detailnější obraz o tom, jaké kombinace klimatických a provozních faktorů mohou nehodovost přece jen ovlivňovat.

### Lokalita 3 – **Žitomířská ulice:**

U této lokality se žádná z testovaných hypotéz statisticky nepotvrdila. Při testování hypotézy o zvýšené nehodovosti v kritickém teplotním rozmezí  $-2$  až  $+2$  °C došlo k hodnotě  $p = 0,2717$ , což i přes mírný rozdíl ve výskytu nehod nepostačuje k potvrzení statisticky významného vztahu. Test zahrnoval všech 63 dní v rámci tohoto rozsahu a ukázal, že 11 z nich bylo spojeno s nehodou, což je poměrně výrazné číslo, ale statisticky nejednoznačné.

Je třeba vzít v úvahu, že u této lokality nebyly v datech obsaženy proměnné o intenzitě srážek, což zásadně omezilo možnosti testování komplexnějších hypotéz. Vzhledem k tomu, že se jedná o rezidenční oblast s úzkými komunikacemi, vysokým podílem parkování a častými manévry, je pravděpodobné, že klimatické podmínky mohou mít nepřímý vliv na dopravní

chování. V reálném provozu zde může i malá změna teploty nebo snížená viditelnost výrazně ovlivnit riziko drobných kolizí.

Celkově lze říci, že ačkoliv se v případě Žitomírské ulice nepodařilo statisticky potvrdit žádný přímý vztah mezi mikroklimatickými jevy a nehodovostí, výsledky naznačují, že zranitelnost prostoru existuje a že by měla být reflektována při navrhování městských bezpečnostních strategií. Výzkum by mohl být doplněn rozšířením datového období nebo zavedením detailnějších mikroklimatických senzorických měření přímo v dané lokalitě.

## 5. Vlastní návrh doporučení pro vybrané lokality s cílem zvýšení bezpečnosti dopravy

Na základě zjištění uvedených v předchozích kapitolách byla identifikována konkrétní rizika spojená s mikroklimatickými vlivy ve vybraných lokalitách města Prahy. Cílem této části práce je navrhnout opatření, která povedou ke snížení nehodovosti a zvýšení celkové bezpečnosti silničního provozu. Návrhy reflektují jak reálné možnosti okamžité implementace v současném dopravně-technickém kontextu, tak i ideální scénáře využívající prvky konceptu Smart City. Důraz je kladen na systémové propojení technologií, infrastruktury a lidského chování s cílem dosažení synergického efektu, jenž umožní prediktivní a adaptivní řízení dopravních situací ve městě [21].

### 5.1. Vypracování a návrh opatření pro vybrané lokality

Lokalita 1 – **Vítězné náměstí:**

Na základě provedené analýzy bylo zjištěno, že v této lokalitě dochází během srážkově bohatých dní až k trojnásobnému nárůstu pravděpodobnosti dopravní nehody. Mezi hlavní příčiny patří zhoršená viditelnost, snížená adheze povrchu vozovky a přetížení kognitivních schopností řidičů v prostředí složité křižovatkové geometrie.

Navržená opatření jsou rozdělena do dvou scénářů – realistického, který zohledňuje technické i ekonomické limity města, a ideálního, který pracuje s využitím pokročilých technologií a koncepce Smart City. Cílem je nejen snížení nehodovosti, ale také vytvoření prostředí, kde jednotlivé prvky dopravního systému (infrastruktura, vozidla, uživatelé) pracují ve vzájemné součinnosti a vytvářejí prediktivně bezpečnostní celek s vysokou odolností vůči klimatickým výkyvům.

### **Realistický scénář:**

- Instalace výstražného dopravního značení (např. A14 „nebezpečí smyku“) na vjezdech do náměstí
- Aplikace reflexního vodorovného značení přechodů a tramvajových pásů
- Pravidelné čištění vpustí a odvodňovacích prvků, zejména v podzimních měsících
- Přesun zastávek mimo místa, kde se kříží s hlavními pěšími tahy při snížené viditelnosti
- Informační kampaň a dopravní edukace v rámci systému PID, zaměřená na chování řidičů za deště

### **Ideální scénář (Smart City řešení):**

- **Senzorický modul Smart Rain** instalovaný přímo na náměstí: měří intenzitu srážek, vlhkost a povrchové podmínky, přičemž v reálném čase komunikuje s městským řídicím centrem
- **Adaptivní řízení světelné signalizace** podle aktuální intenzity srážek: např. prodloužení fáze pro chodce, odložení výjezdů z vedlejších ramen
- **Integrace s dopravními prostředky (V2I):** informace o stavu prostředí se přenášejí do palubních systémů vozidel i MHD, které upravují svůj režim jízdy
- **Dynamické LED osvětlení přechodů a nároží,** automaticky se aktivující při zhoršených podmínkách
- **Propojení s dalšími uzly v okolí** v rámci decentralizované prediktivní správy – zajištění návaznosti na sousední křižovatky a zachování plynulosti

Tato opatření nejsou navržena izolovaně, ale jako vzájemně propojený systém, který zvyšuje celkovou odolnost městského prostoru vůči klimatickým vlivům. Kombinací predikce, automatizace a decentralizovaného řízení dochází k synergii mezi infrastrukturou, uživateli a technologiemi – což je v souladu s principy chytrého města orientovaného na bezpečnost, adaptabilitu a udržitelnost.

### **Lokalita 2 – Okolí Holešovické tržnice:**

V rámci zpracované analýzy nebyla u lokality okolí Holešovické tržnice potvrzena žádná přímá a statisticky významná souvislost mezi zvolenými mikroklimatickými parametry a výskytem

dopravních nehod či přestupků. Tato skutečnost může být způsobena relativně nízkým počtem zaznamenaných událostí a omezenou kvalitou dostupných dat pro tuto oblast. Při dostatečně dlouhém časovém horizontu a kvalitnějších datech je možné, že by se některé klimatické vlivy projevíly jako relevantní. Navzdory absenci statistického potvrzení byla oblast vybrána k návrhu opatření z důvodu své specifické dopravní struktury a známé rizikovosti.

V okolí Holešovické tržnice se často pohybuje velké množství lidí kvůli trhu, kulturním akcím a různým podnikům. Také dopravní uspořádání je zde složitější. Bezpečnostní prvky by bylo vhodné umístit přímo v okolí vstupů do Holešovické tržnice a v přilehlých ulicích, kde se často pohybují chodci a dochází k jejich křížení s dopravou.

Opatření uvedená níže proto vycházejí z preventivního principu a na základě posouzení místního dopravního uspořádání.

#### **Realistický scénář:**

- Doplnění dopravního značení a optických zpomalovacích prvků
- Zjednodušení dopravní signalizace v okolí přechodů s omezenou viditelností
- Důslednější oddělení cyklistických pruhů pomocí nízkých obrub nebo vodorovného značení
- Zavedení režimu zónového omezení rychlosti (např. 30 km/h) v době nejvyššího pěšího provozu

#### **Ideální scénář (Smart City řešení):**

- Instalace **multifunkčního semaforového modulu s kamerovou analýzou provozu**, který reaguje na zvýšený pohyb chodců a cyklistů během nepříznivých klimatických podmínek
- **Smart LED přechody**, které se aktivují při snížené viditelnosti nebo za deště a upozorní řidiče optickým efektem
- **Digitální zobrazovače** s aktuálními upozorněními (např. „Zvýšený pohyb chodců“, „Mokrý povrch – přizpůsobte jízdě“), napojené na městský senzorický systém

Navržená opatření mají za cíl zvýšit bezpečnost v oblasti, která je prostorově složitá, multimodální a citlivá na rušení viditelnosti nebo zkrácení reakční doby. Přestože dostupná data zatím neumožňují jednoznačné kvantitativní potvrzení vlivu mikroklimatu, opírá se návrh o kvalifikovaný odhad a zkušenosti z jiných srovnatelných lokalit.

### Lokalita 3 – **Žitomířská ulice:**

Lokalita Žitomířská se nachází v klidné rezidenční oblasti s převládající obytnou zástavbou a nízkou intenzitou dopravy. Přesto však vykazuje vysokou zranitelnost vůči zimním mikroklimatickým vlivům, zejména námraze a nízkým teplotám. Vzhledem k úzkému uličnímu profilu, častému parkování podél vozovky a přítomnosti škol a dětských zařízení představuje riziko i malý počet kolizních událostí.

Statistická analýza ukázala jen částečné náznaky zvýšené rizikovosti během mrazivých dnů, nicméně vzhledem ke specifické povaze prostoru jsou návrhy opatření založeny na kombinaci preventivního přístupu, znalostí lokálních podmínek a principů bezpečnosti v obytných zónách.

### **Realistický scénář:**

- Posílení zimní údržby ve vybraných dnech
- Doplnění protismykového nátěru na přechody pro chodce
- Upozornění pro řidiče formou dočasných cedulí při nepříznivých podmínkách (např. „Nebezpečí námrazy“)

### **Ideální scénář (Smart City řešení):**

- **Lokalizované senzory povrchové teploty a vlhkosti** zabudované do vozovky, napojené na městský dispečink údržby
- Automatizovaný systém predikce námrazy s aktivací výstražného LED značení („Zvýšené riziko smyku“)
- **Chytré sloupky s indikací kluzkosti** v blízkosti škol – vizuální zpětná vazba pro řidiče a rodiče během ranní špičky
- Integrace dat do mobilních aplikací (PID Lítačka, Mapy.cz) pro informování obyvatel v reálném čase

Tato opatření cílí na zajištění bezpečnosti především pro nejzranitelnější účastníky provozu – děti, seniory a cyklisty – a zároveň umožňují efektivní správu prostoru v zimním období. Díky jejich nízké technické náročnosti i možnosti přímého napojení na stávající městské systémy jde o plně škálovatelný model pro další rezidenční oblasti hlavního města.

## 6. Zhodnocení navrhovaných opatření

Cílem této kapitoly je komplexně vyhodnotit navržená opatření z hlediska jejich efektivity, vhodnosti a realizovatelnosti v kontextu zvýšení bezpečnosti dopravy. Hodnocení je rozděleno do dvou částí – nejprve bude provedeno srovnání jednotlivých řešení navržených pro vybrané lokality, poté bude následovat přehled přínosů, potenciálních rizik a orientačních nákladů. Tímto způsobem lze identifikovat jak nejefektivnější opatření z pohledu bezpečnosti, tak i možnost jejich realizace v reálných podmínkách městského prostředí.

### 6.1. Provedení analýzy a porovnání jednotlivých navrhovaných řešení

Při porovnání jednotlivých návrhů opatření byla zvolena čtyři základní hodnotící kritéria, která reflektují jak technologický, tak praktický rozměr navržených řešení:

#### **Technologická náročnost:**

Hodnotí se míra složitosti a inovativnosti daného opatření z pohledu hardwaru, softwaru a požadavků na integraci s městskými systémy. Nízká znamená běžně dostupné technologie (značení, posyp), střední zahrnuje např. aktivní LED systémy, a vysoká odpovídá řešením s využitím senzorických platforem, V2I komunikace a inteligentního řízení.

**Účinnost v kontextu rizik:**

Vyjadřuje, jak výrazně dané opatření pomáhá snížit konkrétní riziko (např. smyk, špatná viditelnost, kolize s chodcem). Hodnocení vychází ze studie [4], která prokazuje efektivitu opatření zaměřených na snížení dopravních rizik, jako je například omezení rychlosti nebo zlepšení dopravní signalizace.

**Vhodnost pro danou lokalitu:**

Posuzuje, jak dobře navržené opatření odpovídá prostorovým, dopravním a urbanistickým podmínkám lokality. Zohledňuje se mimo jiné typ provozu, šířkové poměry, typ uživatelů (např. chodci, cyklisté, MHD) a historická zátěž.

**Implementovatelnost:**

Hodnotí se zejména časová a finanční náročnost zavedení opatření, připravenost infrastruktury a organizační nároky na správce komunikace. Snadná znamená okamžitou nebo krátkodobou realizaci, střední vyžaduje projekční přípravu a investici, obtížná realizace je spojená s dlouhodobým plánováním a integrací do širších systémů.

Níže uvedená tabulka shrnuje všechna navržená opatření – jak realistická, tak ideální – napříč třemi analyzovanými lokalitami. Hodnocení je provedeno kvalitativně, s cílem poskytnout rámcový přehled, který může být v budoucnu rozšířen o kvantitativní odhady dopadů a nákladů.

<b>Lokalita</b>	<b>Typ opatření</b>	<b>Tech. náročnost</b>	<b>Účinnost</b>	<b>Vhodnost pro lokalitu</b>	<b>Složitost implement.</b>
<b><i>Vítězné náměstí</i></b>	Smart Rain + V2I komunikace + adaptivní řízení	Vysoká	Vysoká	Velmi vhodná	Středně obtížná
	Výstražné značení + reflexní přechody + údržba	Nízká	Střední	Dobrá	Snadná
<b><i>Okolí Holešovické tržnice</i></b>	Smart LED přechody + senzory + informační zobrazovače	Střední–vysoká	Střední–vysoká	Vhodná	Středně obtížná
	Zóna 30 + optické prvky + značení	Nízká	Střední	Dobrá	Snadná
<b><i>Žitomířská ulice</i></b>	Povrchové senzory + LED výstrahy + indikátory	Střední	Vysoká	Velmi vhodná	Středně obtížná
	Posyp + protismykové úpravy + značení	Nízká	Střední	Vhodná	Snadná

Tabulka 15: Porovnání navrhovaných opatření podle zvolených hodnotících kritérií

Technologicky nejnáročnější, ale zároveň nejkompexnější jsou opatření pro Vítězné náměstí s využitím prediktivního systému a V2I komunikace. Naopak opatření pro Žitomírskou ulici a okolí Holešovické tržnici v realistickém scénáři vynikají snadnou implementací a přímým dopadem na zranitelné účastníky provozu. Kombinace realistických a ideálních opatření umožňuje navrhnout postupnou strategii zavádění, přičemž prioritizace by měla vycházet z analýzy rizik a provozní vytíženosti dané lokality.

## 6.2. Hodnocení přínosů, rizik a náklad navržených opatření

Navržená opatření byla kromě technických parametrů hodnocena také z hlediska očekávaných přínosů, možných rizik a odhadovaných nákladů na implementaci. Tato analýza poskytuje základní rámec pro rozhodování o prioritách realizace jednotlivých návrhů v praxi. Přínosy byly hodnoceny zejména podle potenciálního snížení dopravní nehodovosti, zvýšení bezpečnosti zranitelných účastníků provozu a systémového dopadu na fungování dopravní infrastruktury. Rizika představují především technologickou nejistotu, provozní složitost a případný odpor veřejnosti. Náklady jsou hodnoceny kvalitativně na škále nízké – střední – vysoké, s ohledem na podobná opatření realizovaná v evropských městech.

Lokalita	Opatření	Přínosy	Rizika	Odhad nákladů
<i>Vítězné náměstí</i>	Smart Rain + V2I + adaptivní řízení	Výrazné snížení nehodovosti, predikce rizik, systémový dopad	Technologická a organizační náročnost, interoperabilita systémů	Vysoké
	Výstražné značení + údržba + reflexní prvky	Rychlá implementace, zlepšení	Omezená účinnost v extrémních podmínkách	Nízké

		viditelnosti a reakčního času		
<b>Okolí Holešovické tržnice</b>	Smart LED přechody + senzory + vizuální výstrahy	Zvýšení ochrany chodců a cyklistů, adaptivita k počasí	Náročnější správa, možná vizuální „přehlcenost“	Střední–vysoké
	Zóna 30 + značení + optické prvky	Zvýšení bezpečnosti v multimodálním prostoru, podpora zklidnění dopravy	Nízké – zejména akceptace řidičů	Nízké
<b>Žitomířská uice</b>	Povrchové senzory + výstražné LED prvky	Cílená ochrana nejzranitelnějších účastníků (děti, senioři)	Náklady na údržbu a přesnost detekce povrchových podmínek	Střední
	Protismyková úprava + značení + posyp	Okamžitý efekt při mrazech, nízké náklady, snadná údržba	Omezený technologický rozvoj, nutná opakovaná aplikace	Nízké

Tabulka 16: Přehled přínosů, rizik a nákladů navržených opatření

Z přehledu vyplývá, že nejvyšší přínosy přináší technologicky pokročilá řešení s integrací do Smart City systémů, zejména ve vytížené oblasti Vítězného náměstí. Ta jsou však spojena s vyššími investičními náklady a nároky na správu a interoperabilitu. Opatření s nízkou až střední nákladovostí nabízejí rychlý efekt a jsou vhodná pro zónové či lokalizované aplikace, zejména tam, kde je potřeba chránit zranitelné skupiny obyvatel. Výsledky této analýzy mohou sloužit jako podklad pro strategické rozhodování o prioritizaci bezpečnostních investic ve městě.

Pro účely objektivního porovnání navržených opatření byla zvolena metoda vícekritériální analýzy (MCA – Multi-Criteria Analysis), která je běžně využívána v oblasti dopravního plánování. Tato metoda umožňuje vyhodnotit jednotlivé návrhy na základě několika předem definovaných kritérií. V této práci byly zvoleny tři klíčové faktory: očekávaný přínos, míra rizika a finanční náročnost implementace. Každému opatření bylo přiřazeno hodnocení v rozsahu 1–3, přičemž vyšší hodnota u přínosu značí větší pozitivní dopad, zatímco u rizika a nákladů naopak vyšší hodnota znamená menší vhodnost opatření.

Pro zajištění konzistence mezi hodnocenými kritérii bylo přistoupeno k normalizaci měřítek. Zatímco vyšší hodnota přínosu přirozeně znamená pozitivní výsledek, u kritérii jako riziko a náklady naopak nižší hodnota představuje výhodnější variantu. Aby bylo možné všechny tři složky porovnávat ve stejném směru, bylo měřítko rizika a nákladů reverzně převedeno. Tento přepočítání zajišťuje, že všechna kritéria mají výsledné hodnoty ve stejném intervalu (1–3), přičemž hodnota 3 znamená nejpříznivější variantu a hodnota 1 nejméně výhodnou. Číslo 4 je zvoleno jako součet dolní a horní meze škály (1 + 3), aby převedené hodnoty zůstaly ve stejném rozsahu a zachovaly svou váhu v následném výpočtu souhrnného skóre MCA.

Pro zvýšení váhové relevance jednotlivých kritérií byla přiřazena následující struktura: přínos (50 %), riziko (30 %) a náklady (20 %). Výsledná hodnota tak představuje kombinované vyjádření účinnosti každého návrhu s ohledem na jeho realizovatelnost a očekávaný dopad. Tento přístup poskytuje srozumitelný a přehledný rámec pro rozhodování a zároveň umožňuje identifikaci opatření s nejvyšší prioritou k realizaci. Pro výpočet souhrnného skóre každého opatření byla použita následující vážená formule, která zohledňuje význam jednotlivých kritérií:

$$MCA = (P \cdot 0,5) + ((4 - R) \cdot 0,3) + ((4 - N) \cdot 0,2)$$

*P* - hodnocení přínosu (1–3)

*R* - hodnocení míry rizika (1–3)

*N* - hodnocení nákladů (1–3)

Níže uvedená tabulka shrnuje navržená opatření pro každou lokalitu z hlediska přínosu, rizika a nákladů.

<b>Lokalita</b>	<b>Opatření</b>	<b>Přínos (1–3) (3 – nejlepší hodnocení)</b>	<b>Riziko (1–3) (3 – nejhorší hodnocení)</b>	<b>Náklady (1- 3) (3 – nejhorší hodnocení)</b>	<b>Souhrnné skóre (MCA)</b>
<i><b>Vítězné náměstí</b></i>	Smart Rain + V2I + adaptivní řízení	3	2	2	2,5
	Výstražné značení + údržba + reflexní prvky	2	1	1	2,5
<i><b>Okolí Holešovické tržnice</b></i>	Smart LED přechody + senzory + vizuální výstražky	3	2	1	2,7
	Zóna 30 + značení + optické prvky	2	1	1	2,5
<i><b>Žitomířská ulice</b></i>	Povrchové senzory + výstražné LED prvky	3	1	2	2,8
	Protismyková úprava + značení + posyp	2	2	3	1,8

Tabulka 17: Přehled hodnocení navržených opatření

Z výsledků vícekriteriální analýzy (MCA) vyplývá, že mezi nejefektivnější opatření patří zejména zvýšení ochrany přechodů pro chodce v lokalitě ulici Žitomířská (2,8) a úprava systému zásobování a parkování v okolí Holešovické tržnice (2,7). Tato opatření kombinují vysoký přínos s přijatelnou mírou rizika a relativně nízkými náklady, což je činí vhodnými kandidáty pro praktickou realizaci. Opatření navržená pro Vítězné náměstí dosahují shodně hodnoty 2,5 a lze je považovat za stabilní varianty s vyváženým poměrem přínosů a nákladů. Naopak nejnižší hodnocení získala úprava křižovatek v oblasti ulici Žitomířská (1,8), a to především z důvodu vyšších očekávaných nákladů a technologické náročnosti, která snižuje její realizovatelnost v krátkodobém horizontu. Výsledky hodnocení ukazují, že metody typu MCA mohou být cenným nástrojem pro stanovení priorit při plánování bezpečnostních zásahů v městském prostředí.

## 7. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala analýzou vlivu mikroklimatických podmínek na dopravní nehodovost ve třech vybraných lokalitách Prahy – Vítězném náměstí, okolí Holešovické tržnice a Žitomírské ulici. Cílem práce bylo posoudit nejen samostatný vliv jednotlivých mikroklimatických parametrů, ale také i vliv kombinací těch parametrů, které mohou představovat vyšší riziko pro účastníky silničního provozu. Na základě těchto zjištění byla navržena konkrétní dopravní opatření a bezpečnostní prvky, jejichž cílem je zvýšit bezpečnost v daných lokalitách. Součástí cíle bylo rovněž zhodnocení efektivity těchto opatření pomocí statistické analýzy a s využitím předem definovaných hodnoticích parametrů.

Samostatná rešeršní část této práce se zaměřila na teoretické ukotvení problematiky vlivu mikroklimatických podmínek na dopravní bezpečnost. Pomocí odborné literatury byla popsána souvislost mezi meteorologickými jevy a pravděpodobností výskytu dopravních nehod, přičemž byly jednotlivé parametry analyzovány z hlediska jejich dopadu na dopravní proud, vozovku a celkový provoz. Na základě tohoto rozboru byly následně zvoleny klíčové mikroklimatické parametry, které se dále podrobně zkoumaly v analytické části – konkrétně se jednalo o denní úhrn srážek, průměrnou denní teplotu vzduchu a průměrnou denní rychlost větru. Součástí rešerše byl rovněž historický pohled na vývoj zájmu o tuto oblast i zohlednění sezónních vlivů, které významně ovlivňují charakter a četnost rizikových situací v městském prostředí.

Praktická část této práce byla zaměřena na formulaci a ověření hypotéz, které byly na základě rešeršní části a předběžné analýzy vybrány jako nejrelevantnější pro vybrané lokality. Tyto hypotézy reflektovaly situace, kdy mikroklimatické podmínky nebo jejich kombinace pravděpodobně přispívají ke zvýšení počtu dopravních nehod. Pomocí statistických metod jsme následně zkoumali existenci souvislostí mezi zvolenými meteorologickými parametry a výskytem nehod. Analýza byla provedena v prostředí *Matlab*, kde byly aplikovány statistické testy korelace a srovnání četností výskytu nehod v různých podmínkách. Tento přístup umožnil kvantifikovat míru vztahu mezi mikroklimatickými faktory a nehodovostí v každé z lokalit, a tím vytvořit věcný základ pro návrh vhodných opatření a bezpečnostních prvků.

V další fázi práce bylo cílem navrhnout vlastní opatření pro jednotlivé lokality na základě poznatků získaných z předchozí analýzy dopravní nehodovosti a její souvislosti s mikroklimatickými podmínkami. Pro každou lokalitu byly definovány možné scénáře, které měly potenciál přispět ke zvýšení bezpečnosti v daném prostředí. Tyto scénáře byly následně porovnány a vyhodnoceny s využitím vícekriteriální analýzy, která umožnila komplexní posouzení jejich vhodnosti. Hodnocení bylo provedeno na základě několika klíčových parametrů, konkrétně přínosu opatření, míry rizik a finanční náročnosti, což umožnilo identifikovat nejefektivnější varianty s ohledem na konkrétní prostorové a dopravní podmínky každé lokality.

Na základě výsledků vícekriteriální analýzy byla provedena syntéza návrhů a scénářů, která umožnila identifikovat opatření s nejvyšším potenciálem pro praktické uplatnění v daných lokalitách. Mezi nejefektivnější byla vyhodnocena zejména opatření zaměřená na zvýšení ochrany chodců, konkrétně instalace výstražných LED prvků a povrchových senzorů v oblasti Žitomířské ulice (2,8) a chytrá signalizace přechodů v okolí Holešovické tržnice (2,7). Tyto scénáře kombinují vysoký přínos s nízkým rizikem a relativně přijatelnými náklady, což z nich činí vhodné kandidáty pro realizaci i v krátkodobém horizontu. Naopak opatření, jako je například protismyková úprava komunikace ve stejné ulici, dosáhlo nejnižšího hodnocení (1,8), a to především kvůli vyšší finanční náročnosti a nižší efektivitě v podmínkách sledované lokality. U návrhů pro Vítězné náměstí bylo dosaženo vyrovnaných výsledků (2,5), což naznačuje stabilitu mezi očekávaným přínosem, mírou rizika a odhadovanými náklady.

Z pohledu praktické implementace by mohla být opatření s nejvyšším skóre realizována především ve spolupráci s městskými částmi, které mají pravomoci v oblasti bezpečnosti dopravy. V případě Žitomířské ulice by šlo o doplnění senzorických zařízení napojených na adaptivní řízení semaforů, které umožní reagovat na pohyb chodců v reálném čase. V okolí Holešovické tržnice by bylo vhodné posílit vizuální výstrahy přechodů, a to například pomocí chytrého osvětlení a zvýrazněného vodorovného značení. Implementace těchto opatření by však měla být vždy doprovázena pilotním testováním a následným vyhodnocením jejich efektivity v kontextu skutečných podmínek prostředí. Diskuse o jejich realizaci by dále měla zahrnovat i technologické možnosti města, rozpočtová omezení a akceptaci ze strany veřejnosti.

## Seznam zdrojů

- [1] BI, Hui, et al. *Data-driven analysis of weather impacts on urban traffic conditions at the city level [online]*. Urban Climate, 2022 [cit. 2024-11-11], ISSN 2212-0955. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.101065>.
- [2] BRIJS, Tom, et al. *Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model [online]*. Accident Analysis & Prevention, 2008 [cit. 2024-10-29], ISSN 0001-4575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.01.001>.
- [3] Petrović, D., Ivanović, I., Đorić, V. i Jović, J. *Impact of Weather Conditions on Travel Demand – The Most Common Research Methods and Applied Models [online]*. Promet - Traffic&Transportation, 2020 [cit. 2025-1-13], 3, ISSN 711-725. Dostupné z: <https://doi.org/10.7307/ptt.v32i5.3499>.
- [4] FOUNTAS, Grigorios, et al. *Modeling the impact of weather and lighting conditions on injury severity of single-vehicle crashes [online]*. Analytic Methods in Accident Research, 2020 [cit. 2025-1-12], ISSN 2213-6657. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.amar.2020.100124>.
- [5] GALICH, Audrey; NIELAND, Simon. *The impact of weather conditions on mode choice in different spatial areas [online]*. Future Transp. 2023 [cit. 2025-1-24], 3, ISSN 1007–1028. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/futuretransp3030056>.
- [6] TAO, Shanshan, et al. *To travel or not to travel: ‘Weather’ is the question. Modelling the effect of local weather conditions on bus ridership [online]*. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2018 [cit. 2025-3-6], ISSN 0968-090X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.11.005>.
- [7] BENES, Viktor, et al. *Vliv klimatických podmínek na dopravní proud v městských ulicích: případová studie Legerova, Praha [online]*. Smart City Symposium Prague (SCSP) , 2024 [cit. 2025-4-11], pp. 1-6, doi: 10.1109/SCSP61506.2024.10552719.
- [8] BRUM-BASTOS, Vanessa, et al. *Weather effects on human mobility: A study using GPS trajectory data in England [online]*. Computers, Environment and Urban Systems, 2018 [cit. 2025-4-15], ISSN 0198-9715. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.05.004>.

- [9] LI, Junlong, et al. *Assessment of metro ridership fluctuation caused by weather conditions in Asian context: Using archived weather and ridership data in Nanjing [online]*. *Journal of Transport Geography*, 2018 [cit. 2025-5-2], ISSN 0966-6923. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.023>.
- [10] Böcker, Lars, et al. *Weather, transport mode choices and emotional travel experiences [online]*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2021 [cit. 2024-11-11], ISSN 0965-8564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.021>.
- [11] POLICIE ČR. Online. *Nehody.cz*. 2006 [cit. 2024-11-18]. Dostupné z: <https://nehody.cdv.cz/statistics.php>.
- [12] OPERÁTOR ICT. Online. *Golemio.cz*. 2021 [cit. 2024-11-1]. Dostupné z: [https://golemio.cz/data/mikroklimaticke\\_parametry](https://golemio.cz/data/mikroklimaticke_parametry).
- [13] WINDYTY, S.E. Online. *Meteoblue.com*. 2006 [cit. 2025-6-7]. Dostupné z: [https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/weatherarchive/praha\\_%c4%8cesko\\_3067696?fcstlength=1y&year=2025&month=8](https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/weatherarchive/praha_%c4%8cesko_3067696?fcstlength=1y&year=2025&month=8).
- [14] POLICIE ČR. Online. *Policie.gov.cz*. 1991 [cit. 2025-6-28]. Dostupné z: <https://policie.gov.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>.
- [15] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Online. *Chmi.cz*. 2007 [cit. 2025-5-7]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky\\_klimatu/img/T\\_2023.gif](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/T_2023.gif).
- [16] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Online. *Chmi.cz*. 2007 [cit. 2025-5-7]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky\\_klimatu/img/SRA\\_2023.gif](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA_2023.gif).
- [17] ANDERSON, Richard P., JIN, Ruyun, a GRUNKEMEIER, Gary L. *Understanding logistic regression analysis in clinical reports: an introduction [online]*. *Annals of Thoracic Surgery*, 2003 [cit. 2025-6-10], ISSN 0085-2538. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(02\)04683-0](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(02)04683-0).

- [18] PANDIS, Nikolaos. *The chi-square test [online]*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2016 [cit. 2025-6-10], ISSN 0889-5406. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.08.009>.
- [19] MATHWORKS. Software. Mathworks.com. 1994 [cit. 2025-6-15]. Dostupné z: <https://matlab.mathworks.com/>.
- [20] POLICIE ČR. Online. Policie.gov.cz. 1991 [cit. 2025-6-28]. Dostupné z: <https://policie.gov.cz/clanek/dopravni-nehody-v-mape.aspx>.
- [21] Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. *Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities [online]*. Sustainable Cities and Society, 2018 [cit. 2025-4-13], ISSN 2210-6707. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>.
- [22] OPERÁTOR ICT. Online. 2019 [cit. 2025-3-9]. Operatorict.cz. Dostupné z: <https://operatorict.cz/projekty/golemio>.
- [23] TECHNICKÁ SPRÁVA KOMUNIKACÍ. Online. tsk-praha.cz. 2017 [cit. 2025-2-1]. Dostupné z: <https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/pro-odborniky/intenzity-dopravy>.
- [24] Beaufortova stupnice. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. 2025 [cit. 2025-6-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Beaufortova\\_stupnice](https://cs.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_stupnice).
- [25] TRIPEPI, Giovanni, et al. *Linear and logistic regression analysis [online]*. Kidney International, 2008 [cit. 2025-6-9], 73(7): 806–810. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5002787>.
- [26] ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST. Online. slovník.cmes.cz. 2017 [cit. 2025-4-8]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/2044>.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Vývoj počtu nehod a jejich následků za rok v ČR [14]; legenda: modrá – hmotná škoda, zelená – lehké zranění, červená – těžké zranění, černá – smrtelná nehoda. ....	15
Obrázek 2: Průměrná roční teplota vzduchu v roce 2023 na území ČR [15]; legenda: světlejší barva – nižší teplota vzduchu, tmavší barva – vyšší teplota vzduchu.....	16
Obrázek 3: Úhrn srážek v roce 2023 na území ČR [25]; legenda: světlejší barva – nižší počet úhrnu srážek, tmavší barva – vyšší počet úhrnu srážek. ....	17
Obrázek 4: Mapa - Žitomířská ulice [12].....	27
Obrázek 5: Mapa - Vítězné náměstí [12] .....	28
Obrázek 6: Mapa - Holešovická tržnice [12] .....	29
Obrázek 7: Přehledové rozhraní platformy Golemio.cz pro mikroklimatická data [12].....	30
Obrázek 8: Mapa nehod - Vítězné náměstí [11] .....	32
Obrázek 9: Mapa nehod – Okolí Holešovické tržnice [11].....	33
Obrázek 10: Mapa nehod - Žitomířská ulice [11] .....	34
Obrázek 13: Beaufortova stupnice [24] .....	43
Obrázek 14: Kategoriaální rozdělení intenzity denního úhrnu srážek [15] .....	45

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Vliv mikroklimatických parametrů na dopravní situaci .....	22
Tabulka 2: Charakteristika lokality - Žitomířská ulice [12].....	27
Tabulka 3: Charakteristika lokality - Vítězné náměstí [12] .....	28
Tabulka 4: Charakteristika lokality – okolí Holešovické tržnice [12] .....	29
Tabulka 5: Rozdělení dnů podle výskytu srážek a nízké teploty – Vítězné náměstí .....	41
Tabulka 6: Rozdělení dnů podle výskytu srážek a nízké teploty – Holešovická tržnice .....	41
Tabulka 7: Rozdělení dnů podle průměrné rychlosti větru a výsledky $\chi^2$ testu .....	44
Tabulka 8: Rozdělení dnů podle intenzit denního úhrnu srážek a výsledky $\chi^2$ testu - Vítězné náměstí .....	45
Tabulka 9: Výsledky logistické regrese – Vítězné náměstí .....	46
Tabulka 10: Rozdělení dnů podle intenzit denního úhrnu srážek a výsledky $\chi^2$ testu – Okolí Holešovické tržnice .....	46
Tabulka 11: Výsledky logistické regrese – Holešovická tržnice .....	47
Tabulka 12: Rozdělení dnů podle vybraného teplotního rozmezí a výsledky $\chi^2$ testu - Vítězné náměstí .....	48
Tabulka 13: Rozdělení dnů podle vybraného teplotního rozmezí a výsledky $\chi^2$ testu – Okolí Holešovické tržnice .....	49
Tabulka 14: Rozdělení dnů podle vybraného teplotního rozmezí a výsledky $\chi^2$ testu - Žitomířská ulice.....	49
Tabulka 15: Porovnání navrhovaných opatření podle zvolených hodnotících kritérií .....	59
Tabulka 16: Přehled přínosů, rizik a nákladů navržených opatření .....	61
Tabulka 17: Přehled hodnocení navržených opatření .....	63

## Seznam grafů

Graf 1: Histogram vývoje počtu nehod v Praze za rok 2023 [11].....	20
Graf 2: Přehled teplot vzduchu a úhrnu atmosferických srážek za rok 2023 [13].....	21

## Seznam příloh

Príloha 1            Kód a používána data