



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav automobilů, spalovacích motorů
a kolejových vozidel

Optimalizace vozového parku carsharingu
z pohledu pohonu vozidel

Carsharing fleet optimization with regards to
vehicle powertrain type

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Jan Landecký



Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Václav Jirovský, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Landecký** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **483130**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace vozového parku carsharingu z pohledu pohonu vozidel

Název bakalářské práce anglicky:

Carsharing fleet optimization with regards to vehicle powertrain type

Pokyny pro vypracování:

Analyzujte základní aspekty ovlivňující proudění vzduchu ve městech a pokuste se dle nich určit takové oblasti Prahy, které se budou lišit ve schopnosti odvádět z prostředí emise z projíždějících vozidel. Porovnejte oblast s navrhovanou nízkoemisní zónou v Praze. Využijte provozní data z projektu carsharingu Uniqway a navrhnete principiální skupiny chování uživatelů z pohledu typických jízd a užití vozidel. Pro tyto skupiny určete ideální typ pohonu (konvenční pohon, nebo elektromobil) z pohledu odhadu produkce emisí v místě provozu právě v souvislosti s nízkoemisními zónami. Připravte postup algoritmu pro zjištění optimálního rozložení těchto vozidel ve flotile tak, aby byla zajištěna jak realizace jízd, tak umožněno snížení emisí ve vybraných zónách.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Václav Jirovský, Ph.D. 16123

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

Datum zadání bakalářské práce: **22.04.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13.07.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Václav Jirovský, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vitek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis 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



Anotační záznam

Jméno autora: Jan Landecký

Název práce: Optimalizace vozového parku carsharingu z pohledu pohonu vozidel

Anglický název: Carsharing fleet optimization with regards to vehicle powertrain type

Rozsah práce:

- 69 stran
- 34 obrázků
- 9 tabulek

Akademický rok: 2021/2022

Ústav: 12 120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Studijní program: Teoretický základ strojírenství

Vedoucí práce: Ing. Václav Jirovský, Ph.D.

Klíčová slova: Nízkoemisní zóna, škodliviny ve městě, imisní mapy, vítr a budovy, carsharing, Uniqway, elektromobil, zpracování dat

Key words: Low Emission Zone, urban pollutants, immission maps, wind and buildings, carsharing, Uniqway, electric car, data processing



Abstrakt

Mezi poslední trendy patří snižování emisí skleníkových plynů. Zákazníci upřednostňují výrobky a služby těch firem, které se chovají ekologicky a snaží se snižovat svou uhlíkovou stopu. Pokud daný podnik disponuje i svým vozovým parkem, může přijít z vedení rozhodnutí o snížení emisí nahrazením veškerých spalovacích vozidel elektromobily. Je to ale proveditelné? Na to odpovídá tato práce, která se zabývá určením typické jízdy půjčených vozidel a zjištěním, jestli by cesty podnikuté spalovacími vozidly šly nahradit těmi elektrickými. Dále tato práce analyzuje, které části města by bylo výhodné vyhradit pouze pro elektromobily a porovnat je s navrhovanou nízkoemisní zónou.

Abstract

The latest trends include reducing greenhouse gas emissions. Customers prefer products and services from companies that are environmentally friendly and strive to reduce their carbon footprint. If the company in question also has its own fleet of vehicles, the decision to reduce emissions by replacing all internal combustion vehicles with electric vehicles may come from management. But is this feasible? This thesis answers that question by identifying typical journeys taken by rental vehicles and determining whether journeys taken by internal combustion vehicles could be replaced by electric vehicles. Furthermore, this thesis analyses which parts of the city would benefit from being reserved for electric vehicles only and compares them with the proposed low emission zone.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Optimalizace vozového parku carsharingu z pohledu pohonu vozidel“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu zdrojů, jenž tvoří poslední kapitulu této práce.

Nemám závažný důvod proti užití 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 (autorský zákon).

V Praze dne: 15. 7. 2022

.....

(podpis autora)



Poděkování

Zde bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali a poskytli mi podklady a materiály pro vypracování mé bakalářské práce. Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce, Ing. Václavu Jirovskému, Ph.D., za rady a připomínky, jež mi v průběhu psaní bakalářské práce byly poskytnuty. Poděkování patří také rodině za podporu a trpělivost během mého studia.



Obsah

1 Seznam zkratk.....	12
2 Úvod.....	14
3 Nízkoemisní zóny.....	15
3.1 Druhy a limity škodlivých látek ve městě.....	15
3.1.1 Suspendované částice.....	16
3.1.2 Benzo(a)pyren.....	16
3.1.3 Oxidy dusíku.....	16
3.1.4 Přízemní ozón.....	16
3.1.5 Benzen.....	17
3.1.6 Imisní limity pro znečišťující látky.....	17
3.2 Plán nízkoemisní zóny Praha.....	18
3.3 Imisní mapy Prahy.....	19
4 Analýza proudění vzduchu ve městě a určení nízkoemisní zóny.....	23
4.1 Proudění větru ve městě.....	23
4.2 Charakteristické typy budov.....	23
4.2.1 Efekt penetrace proudu.....	24
4.2.2 Efekt rohu.....	25
4.2.3 Efekt stopy zpětného proudu.....	25
4.2.4 Efekt frontálního proudu.....	26
4.2.5 Efekt tyče.....	27



4.3 Seskupení budov a vítr	27
4.3.1 Venturiho efekt.....	28
4.3.2 Efekt vyrovnání tlaku	29
4.3.3 Efekt chodby – ulice.....	29
4.3.4 Efekt otevřeného mnohostěnu	30
4.3.5 Efekt pyramidy.....	31
4.3.6 Wiseho efekt.....	32
4.3.7 Shrnutí.....	32
4.4 Stanovení rizikových zón města	33
4.4.1 Mapa bonity kvality ovzduší Prahy a stanovení rizikové zóny	33
4.5 Porovnání navrhnuté zóny s nerealizovanou emisní zónou	34
5 Služba sdílených vozidel – car sharing.....	35
5.1 Projekt Uniqway	35
5.1.1 Vypůjčení vozidla a parkovací zóny	35
5.2 Sběr dat	36
5.3 Čerpání paliva / nabíjení baterie	36
5.4 Skladba flotily vozidel	36
6 Elektromobil	36
6.1 Celková koncepce	37
6.2 Baterie.....	37
6.3 Nabíjení baterie	37



6.3.1 Nabíjení úrovně 1	38
6.3.2 Nabíjení úrovně 2	38
6.3.3 Nabíjení úrovně 3	38
6.4 Vliv teploty na baterii.....	38
6.5 Kapacita baterie a využitelná část	39
6.5.1 Opatření a životnost baterie	40
6.6 Porovnání elektromobilů	40
6.6.1 Škoda Citigo e iV	40
6.6.2 Dacia Spring	42
6.6.3 Shrnutí	43
7 Zpracování dat	43
7.1 Použitý software	44
7.1.1 Microsoft Power bi	44
7.1.2 ArcGIS Pro.....	44
7.1.3 DAX studio	44
7.1.4 Python	44
7.2 Návrh chování uživatelů z pohledu typické jízdy	45
7.3 Zpracování dat	45
7.3.1 Postup zpracování dat.....	45
7.4 Výsledky zpracování.....	46
7.4.1 Počet a délka ujetých tras	47



7.4.2 Doba stání vozidla v rámci jízdy a mezi jízdami.....	52
.....	54
.....	55
.....	56
7.5 Souhrn	57
7.6 Stanovení poměru elektromobilů ve flotile Uniqway	57
8 Závěr	60
9 Zdroje	61
10 Seznam obrázků a tabulek	65
10.1 Seznam obrázků.....	65
10.2 Seznam tabulek	67
11 Příloha A	68
12 Příloha B	69



1 Seznam zkratek

AC	Alternating current	Střídavý proud
ATEM		Ateliér ekologických modelů
B		Délka odkryté části budovy [m]
BEV	Battery electric vehicle	Bateriové elektrické vozidlo – elektromobil poháněný bateriemi
CCS	Czech card services	Česká společnost pro platební karty – palivová karta
ČEZ		České energetické závody
ČVUT		Český vysoké učení technické
ČZU		Česká zemědělská univerzita
CSV	Comma-separated values	Hodnoty oddělené čárkami
D		Rozestup budov
DC	Direct current	Stejnoseměrný proud
DSG	Direct Shift Gearbox	Obchodní označení koncernu VW pro dvouspojkovou automatickou převodovku
ES		Evropské společenství
GIS	Geographic information system	Geografický informační systém
H		Výška budovy [m]
L		Délka budovy [m]
Li-Ion		Lithium-iontová baterie
Min		Minimum
NO ₂		Oxid dusičitý
NO _x		Oxidy dusíku
OBD	On-Board Diagnostics	Diagnostika vozidla
PM	Particulate matter	Prachová částice



PRE		Pražská energetika
SDA		Svaz dovozců automobilů
SEFAGE	Selbstfahrgemeinschaft	Samostatné družstvo pro jezdecké společenství
SOC	State of Charge	Stav nabití – nominální kapacita baterie
SRN		Spolková republika Německo
š		Šířka otvoru mezi budovami
T		Šířka budovy [m]
TZL		Tuhé znečišťující látky
VŠE		Vysoká škola ekonomická
U		Šířka ulice [m]
UTA	Union tank	Mezinárodní palivová karta
V		Délka dispoziční hmoty [m]
VOC	Volatile organic compound	Těkavá organická látka
VW		Volkswagen
WHO	World Health Organization	Světová zdravotnická organizace
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure	Celosvětový testovací standard pro určení spotřeby paliva a emisí



2 Úvod

Společnost tíhne pod globálními klimatickými změnami ke snižování emisí skleníkových plynů. Na tvorbě vypouštěných exhalátů do ovzduší se do určité míry podílí i doprava, konkrétně se tato práce bude zabývat osobní automobilovou dopravou. V jejím případě jsou tyto problémy nejen globální, ale hlavně lokální. Emise ze spalovacích motorů mají přímý vliv na zdraví lidí v blízkém okolí a tyto problémy jsou tím intenzivnější ve městě. Proto se v celé řadě měst vytvářejí emisní zóny, které pomáhají snižovat emise v centru měst. Prvním cílem této práce je zjistit, co ovlivňuje proudění vzduchu ve městě, a vytyčit kritická místa, ve kterých by měla být doprava vozy se spalovacími motory omezena.

Obyvatelé měst mohou pro své cesty využít vlastních vozidel. Ne všem ale vlastnění vozu dává smysl, proto vznikly firmy sdílející vozidla. Jedním takovým projektem je studentský carsharing Uniqway, na základě jim poskytnutých dat reálných jízd tato práce navrhuje skupiny chování uživatelů z pohledu užití vozidel a určuje pro ně vhodný typ pohonu v souvislosti z odhadu produkce emisí v místě provozu. Finálním cílem této práce je určit optimální poměr vozidel s různým druhem pohonu v carsharingu Uniqway pro snížení flotilových emisí, ale zároveň aby mohly být všechny jízdy uskutečněny. [1]

Výstupy této práce mohou i ostatním firmám či car sharingům odpovědět na to, jak moc lze elektrifikovat jejich vozový park s ohledem na realizované jízdy na základě jízdních dat. Dále mohou určit chování jednotlivých zaměstnanců nebo uživatelů a navrhnout jim takový pohon, který by zajistil realizaci jízd a snížil produkované emise.



3 Nízkoemisní zóny

Nízkoemisní zóny jsou oblasti, do kterých je omezen vjezd vozidlům způsobujících větší znečištění. Stanovují se na základě měření koncentrací škodlivých látek a jejich překračujících množství. Vyhlášení nízkoemisních zón přispívá ke snížení znečištění ovzduší právě v lokalitách, kde jsou lidé škodlivinami v ovzduší nejvíce ohroženi a kde je nutné o to důrazněji zlepšovat celkovou kvalitu života. [2] [3]

Tento nástroj se jeví jako účinný vzhledem k absenci efektivních nástrojů pro omezení znečištění ovzduší regulací dopravního toku. Zavádění nízkoemisních zón rovněž stimuluje majitele starších vozidel s častější zajiždkou do center měst k jejich obměně za modernější typy s lepší emisní kategorií. [3]

3.1 Druhy a limity škodlivých látek ve městě

V zemské atmosféře se rozptylují exhaláty ze všech zdrojů. Intenzita difúzního procesu a jí podmíněná úroveň koncentrací atmosférických příměsí v přízemním ovzduší v okolí zdrojů závisí od momentálních meteorologických podmínek. Atmosférické procesy mohou rozptyl znečištění podporovat, nebo naopak působit pro rozptyl nepříznivě. Při advektivních typech počasí spojených se silným prouděním, rozvinutou turbulencí a srážkami se exhaláty velmi rychle rozptylují ve velkých objemech vzduchu a přízemní ovzduší postihuje jen v nevelkých koncentracích. Na druhé straně při dlouhodobé stagnaci vzduchu nastává hromadění škodlivin v okolí zdrojů. Když tato situace, hlavně v orograficky složitém terénu, trvá víc dní, může mít až katastrofální následky. Proto je studium meteorologických faktorů při řešení ovzduší mimořádně důležité. [4]

Koncentrace škodlivých látek v přízemní vrstvě ve městech jsou obvykle o jeden až dva řády vyšší než v okolní volné krajině. Do ovzduší větších měst unikají ročně desetitisíce tun plynných i tuhých exhalátů velmi pestrého chemického složení. Jsou to především oxidy uhlíku, oxidy síry, saze a popel z energetických zařízení pro místní průmysl a komunální sféru a z velkého množství drobných topných systémů. Velký vliv může mít místní průmysl, ale rozhodujícím znečišťovatelem měst se stává automobilová doprava. [4]

Spalováním pohonných směsí uniká do ovzduší velké množství silně toxických látek, jako jsou oxid uhelnatý, oxidy dusíku, celá skupina uhlovodíků, mnohé z nich s karcinogenním účinkem atd. Vlivem krátkovlnné složky slunečního záření vznikají fotochemické přeměny primárního složení výfukových plynů, které mohou vést k růstu koncentrace látek oxidačního charakteru. Z meteorologického hlediska jde o problematiku rozptylu emisí z velkého množství drobných přízemních zdrojů. Úroveň koncentrací v přízemní vrstvě ovzduší je velmi nehomogenní, závisí od intenzity automobilové dopravy, hustoty zástavby ulic a meteorologických podmínkách.



Nejnepříznivější stavy nasávají při dlouhodobé stagnaci vzduchu v centru města v čase dopravní špičky. [4]

Z těchto důvodů by bylo vhodné zjistit, jaká se v Praze pohybuje koncentrace škodlivých látek, neboť na základě zvýšených koncentrací se navrhuje zóna, ve které bude omezen vjezd spalovacím vozidlům.

3.1.1 Suspendované částice

Při spalování paliv vznikají aerosoly, které mohou být pevné, kapalné nebo směsné. Nejčastěji se při inventarizaci emisí v návaznosti na imisní limity rozlišuje velikostní frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$. Aerosolové částice obsažené ve vdechovaném vzduchu mají široké spektrum účinků na srdečně-cévní a respirační ústrojí. Dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu struktury a funkce řasinkové tkáně, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny omezují přirozené obranné mechanismy a usnadňují vznik infekce. Prašný aerosol patří mezi prokázaný lidské karcinogeny přispívající ke vzniku rakoviny plic. [5] [6]

3.1.2 Benzo(a)pyren

Tato látka je produkována téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Produkuje se při nedokonalém spalování při teplotách 300–600 °C. Benzo(a)pyren je toxický a mutagenní. Může být vdechnut, ale prostupuje do organismu i pokožkou. Ohrožuje zdravý vývoj plodu, je zde velké riziko onemocnění rakovinou a způsobuje podráždění, nebo až popálení kůže. Kožní onemocnění způsobuje také u zvířat. [6] [7]

3.1.3 Oxidy dusíku

Pod termínem oxidy dusíku se rozumí směs oxidu dusnatého a oxidu dusičitého. Imisní limit pro ochranu lidského zdraví je stanoven pro NO_2 , limit pro ochranu ekosystémů a vegetace je stanoven pro NO_x . Člověk je oxidům dusíku vystaven zejména vdechováním. Při zasažení očí a kůže dochází ke vzniku vážných popálenin. Při vdechování nízkých koncentrací se objevuje podráždění očí a sliznic horních cest dýchacích. Při vyšších dávkách dochází k popálení dýchací soustavy, nevolnostem, křečím, snížení oxysličení organismu, může nastat i smrt. [8] [6]

3.1.4 Přízemní ozón

Přízemní ozón nemá v atmosféře vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající za účasti kyslíku, oxidu dusičitého a slunečního záření. To, jestli vznikne, ale záleží na poměru NO_x a VOC. Ve městě, kde je VOC limitováno a rostou koncentrace NO_x , dochází



k poklesu přízemního ozónu. Pokud by koncentrace NO_x klesly, došlo by k růstu přízemního ozónu. [6]

Přízemní ozón působí především na plicní tkáň a sliznice. Při delším vystavení se vyšším koncentracím způsobuje pálení očí a nosu, kašel, bolest hlavy a pocit tlaku na hrudi. V extrémních případech může ozón způsobit předčasnou smrt. [9]

3.1.5 Benzen

Benzen patří do skupiny organických sloučenin a používá se v průmyslu jako rozpouštědlo nebo jako surovina pro výrobu celé řady chemických látek. Benzen je součástí ropy a přidává se v malém množství do automobilového benzínu pro zvýšení oktanového čísla. Dlouhodobá expozice benzenu má negativní vliv na krev. Může vést ke snížení počtu červených krvinek vedoucí až k anémii či leukémii (jde o prokázaný lidský karcinogen). Zvyšuje krvácivost a oslabuje imunitní systém člověka. Dlouhodobé vystavení vysokým koncentracím benzenu způsobilo u některých žen nepravidelnou menstruaci a zmenšení vaječnicků. Chronická otrava vyvolává také poškození jater, ledvin a úbytek bílých krvinek. [10] [11]

3.1.6 Imisní limity pro znečišťující látky

Pro látky uvedené v kapitolách 3.1.1 až 3.1.5 platí v ČR imisní limity dle Tabulka 1. Pro úplnost jsou zde uvedeny doporučené hodnoty dle WHO. Pro koncentrace NO_x neexistují emisní či doporučené limity, proto v tabulce nejsou uvedeny.

Tabulka 1 Imisní limity a doporučení WHO pro látky znečišťující ovzduší [6]

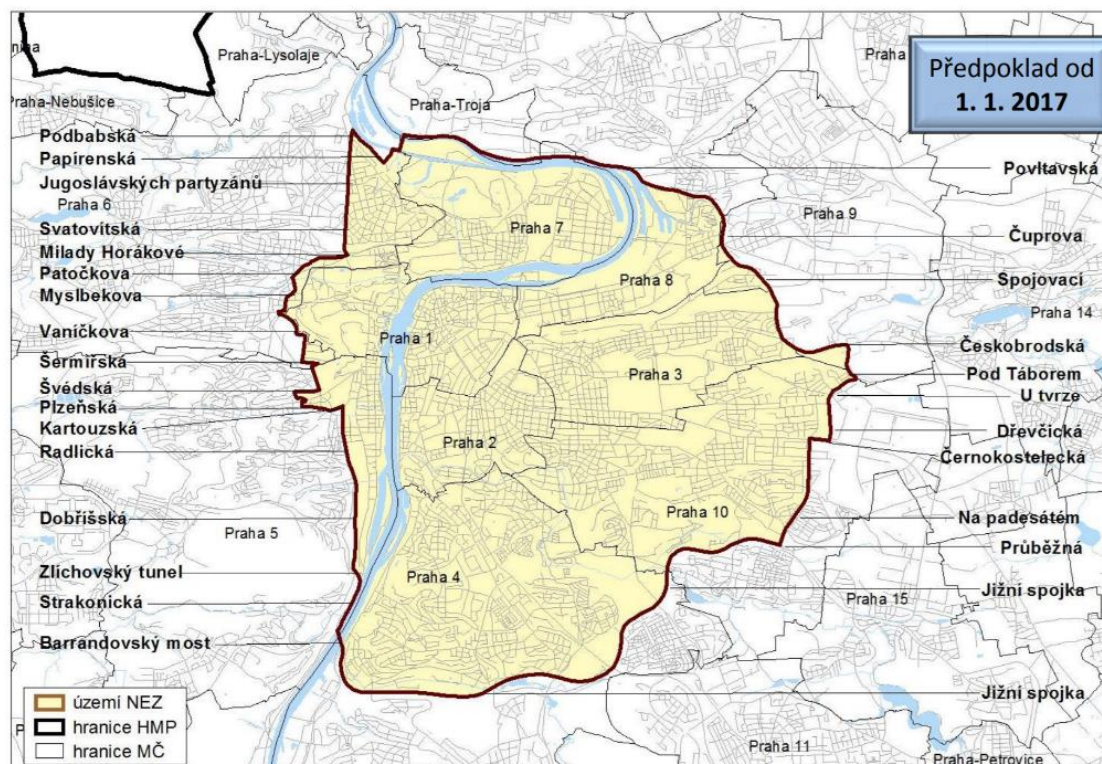
Znečišťující látka	Doba průměrování	Doporučená hodnota dle WHO [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Hodnota imisního limitu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
PM_{10}	Kalendářní rok	20	40
$\text{PM}_{2,5}$	Kalendářní rok	10	20
Benzo(a)pyren	Kalendářní rok	Není stanovena	0,001
Oxid dusičitý	Kalendářní rok	40	40
Přízemní ozón	Maximální denní 8h klouzavý průměr	100	120
Benzen	Kalendářní rok	Není stanovena	5



3.2 Plán nízkoemisní zóny Praha

Všechna vozidla prodávaná v Evropě musí splňovat stanovené emisní normy. Toto platilo již dávno, ale od roku 1992 byly zavedeny emisní normy EURO, které sjednotily požadavky na dodržování limitů výfukových plynů nejdříve ve státech ES, později se k nim připojily ostatní státy Evropy. V současné době bylo vydáno celkem šest norem (EURO 1–6) upravujících limitující množství vypouštění zdraví škodlivých látek, z nichž norma EURO 1 je nejstarší s nejmenšími požadavky na emise vypouštění látek a EURO 6 poslední aktuální. [12]

Od roku 2014 je vydaný plán na vytvoření nízkoemisní zóny v Praze. Původně měla být tato zóna v platnosti od 1. 1. 2017 a vjezd měl být do ní povolen jen pro vozidla splňující emisní normu EURO 3 a vyšší. K 1. 1. 2019 mohla do zóny vjet vozidla o emisní normě EURO 4 a vyšší. Nicméně i přesto že byly vytvořeny objízdné trasy a navrženy dopravní značky, nízkoemisní zóna realizována nebyla. [13]



Obr. 1 Návrh nízkoemisní zóny v Praze [13]

V současné době, kdy je dle SDA průměrné stáří vozů v ČR přes 15,65 let (průměrné auto odpovídá emisní normě EURO 4), by parametry nastavené pro původní nízkoemisní zónu nedávaly moc smysl. Po vzoru SRN by se mohly zpřísnit emisní normy pro vjezd a například omezit v zóně provoz vznětových vozidel s emisní normou EURO 6. Ve Velké Británii dokonce



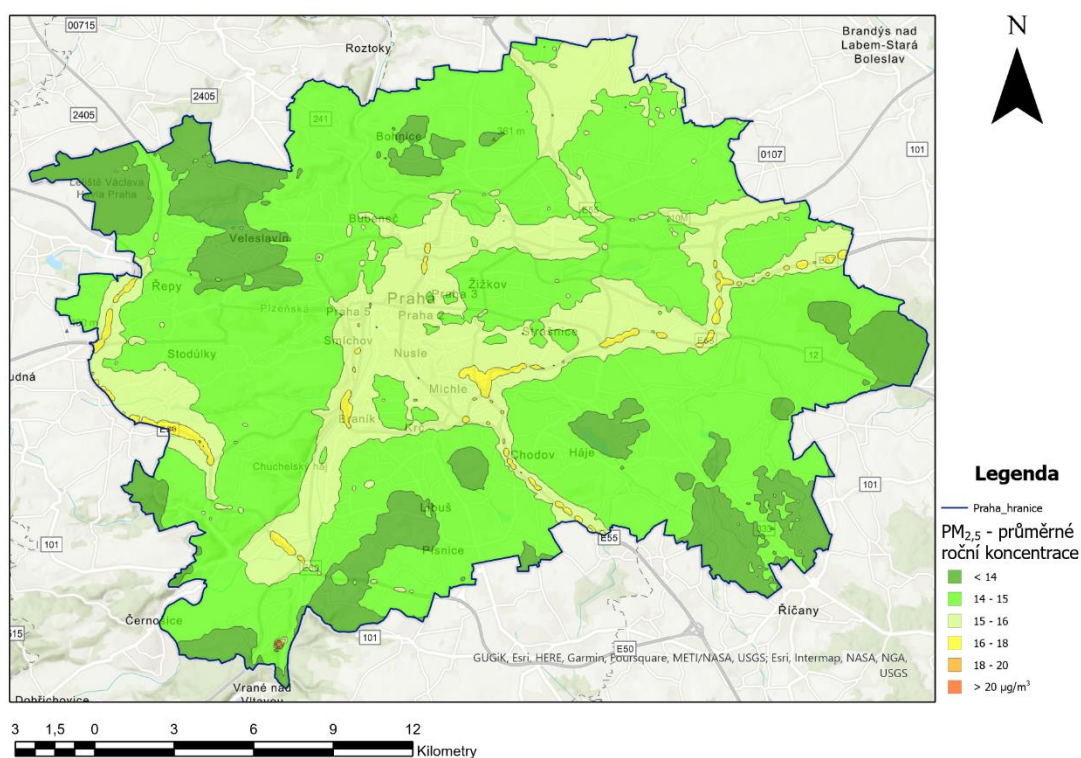
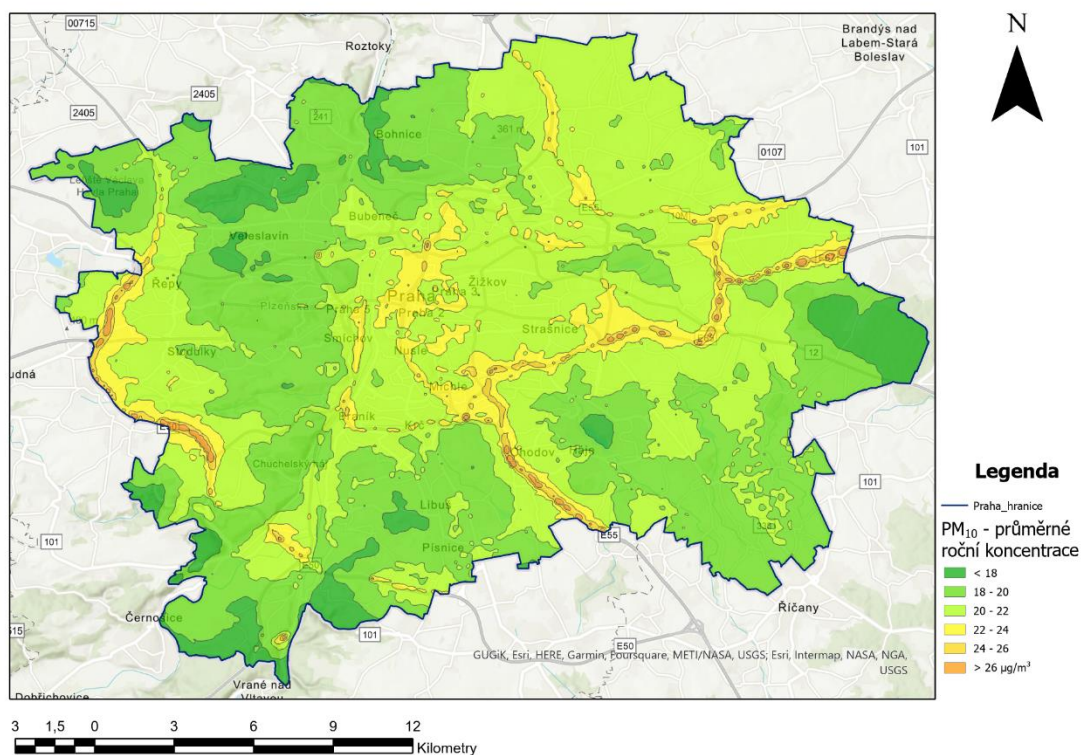
již existují experimenty se zaváděním zcela bezemisních zón vyhrazené pouze pro bezemisní vozidla. [14] [15] [16]

3.3 Imisní mapy Prahy

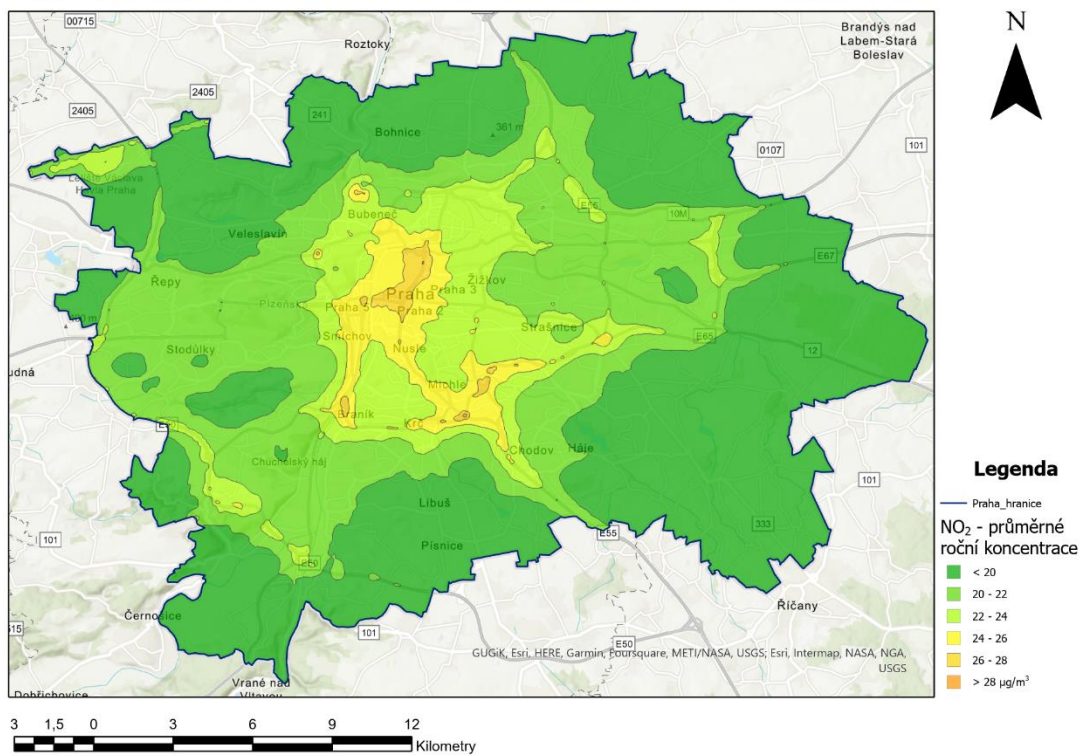
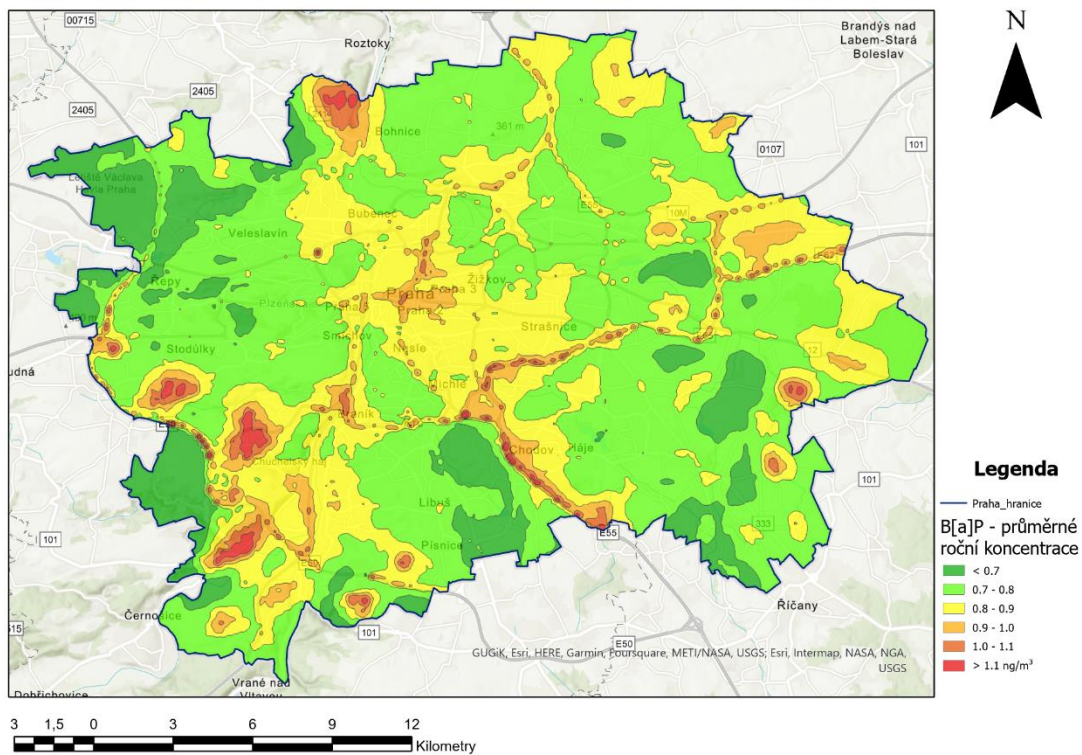
Pro ověření, zda byla navrhnutá zóna pro Prahu stanovena správně, se dle imisních map zjistí, kde je v navrhované zóně zhoršená koncentrace oproti místům mimo zónu. K tomu poslouží imisní mapy průměrných ročních koncentrací znečištěné pevnými částicemi, benzo(a)pyrenem, oxidem dusičným, přízemním ozonem a benzenem. Imisní mapy prezentuje hlavní grafické výstupy projektu ATEM hodnocení kvality ovzduší s využitím modelových výpočtů. Představují modelová pole koncentrací škodlivin. Polygony jsou odvozeny z hodnot vypočtených v trojúhelníkové síti referenčních bodů s krokem 300×250 m. [17] [18]

Je nutné dodat, že grafické schéma ne vždy odpovídá stanoveným limitům, většinou jsou to koncentrace porovnávané v rámci zóny.

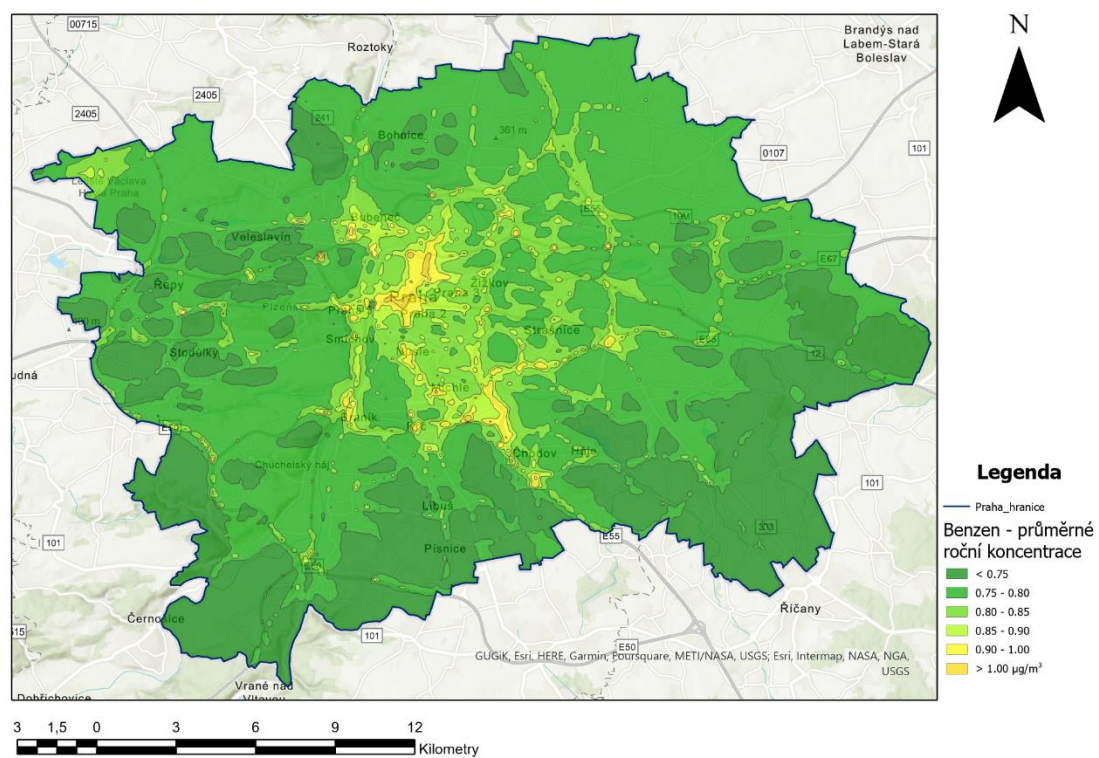
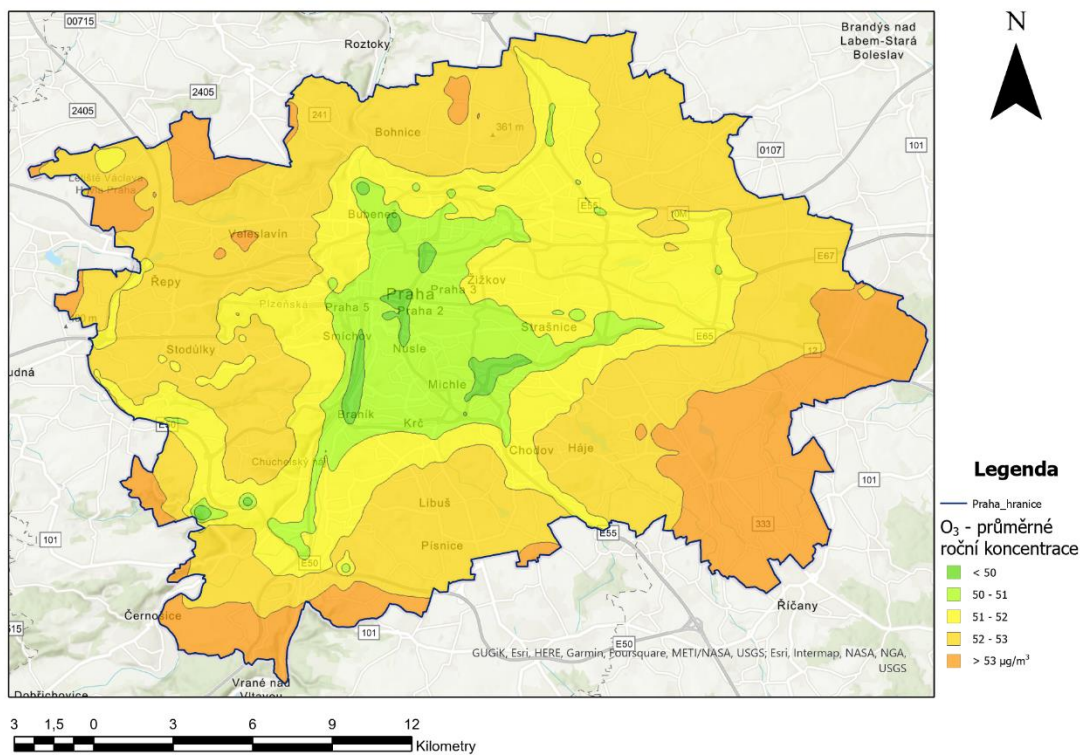
Z imisních map vyplývá, viz Obr. 2, Obr. 4 a Obr. 3, že se ve vymezené zóně opravdu ve zvětšené míře vyskytují koncentrace škodlivých látek. Platí to zejména o koncentraci benzo(a)pyrenu, jež dokonce na mnoha místech (nejen ve vymezené zóně) překračuje povolený limit $0,001 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. U ostatních látek limitní koncentrace překročeny nebyly. Překročeny jsou však doporučené limity koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$. U oxidu dusičitého a přízemního ozónu jsou pod těmito limity. Z imisní mapy přízemního ozónu je možné si všimnout, že právě ve vymezené zóně se nachází koncentrace tohoto prvku ve zmenšené míře. Plyne to pravděpodobně ze skutečnosti, že se zde nachází vyšší koncentrace NO_x k poměru VOC, čímž nedochází k přeměně na ozón.



Obr. 2 Nahoře imisní mapa suspendovaných prachových částic PM₁₀, dole suspendovaných prachových částic PM_{2,5} [18]



Obr. 3 Nahoře imisní mapa benzo(a)pyrenu, dole oxidu dusičného [18]



Obr. 4 Nahoře imisní mapa přízemního ozónu, dole benzenu [18]



4 Analýza proudění vzduchu ve městě a určení nízkoemisní zóny

Tato kapitola analyzuje, jakým způsobem proudí ve městě vzduch, a určuje kritická místa, ve kterých by mohlo docházet ke kumulaci exhalátů z projíždějících vozidel. Dále navrhuje oblasti, ve kterých by měla být omezena doprava pro spalovací vozy, právě z důvodu špatných povětrnostních podmínek, a navrhované oblasti porovnat s plánem nízkoemisní zóny v Praze. Analýzou proudění vzduchu ve městě je nutné se zabývat z toho důvodu, aby se v další kapitole dalo navrhnout typické chování uživatelů carsharingu Uniqway a navrhnout pro ně ideální typ pohonu. Pokud by se předpokládalo, že ve městě proudí vzduch velmi dobře, budou i výfukové plyny ze spalovacích aut dobře rozptýleny do ovzduší, čímž by ve městě nemusela být žádná emisní zóna a doprava by se nemusela regulovat. Pokud toto ale platit nebude, určí se ta kritická místa, kde dochází ke špatnému proudění vzduchu, a navrhne se zde provoz výhradně pro elektromobily.

4.1 Proudění větru ve městě

Vítr je turbulentní proudění charakterizované průměrnou rychlostí, okamžitou rychlostí, intenzitou turbulence a stupněm turbulence, které se mění v závislosti na výšce. Jeho podstatou je vyrovnání zón s různými tlaky v atmosféře. [19]

Charakteristiky větru ovlivňuje i topografie území vyjádřená drsností (budovy, vegetace apod.) statisticky rozlišujeme vítr typu venkovského, předměstí a centra města. [19]

Vítr svými vektorovými komponentami (silou, rychlostí a směrem) zasahuje do: [19] [20]

- a) dynamického komfortu člověka, protože síla větru, velmi variabilní v prostoru a čase, jednak působí na lidské tělo jako na překážku, jednak překáží člověku v pohybu, nebo „útočí“ na jeho oblečení,
- b) termického komfortu člověka, protože narušuje termické a fyziologické výměny mezi lidským tělem a vnějším prostředím,
- c) akustického komfortu člověka, protože vítr svým působením na hmotné okolí představuje akustický zdroj nepříznivě působící v tvorbě životního prostředí.

4.2 Charakteristické typy budov

Proudění vzduchu v okolí budov, které představují pro vítr překážky a vytvářejí zóny s různými tlaky, může mít větší nebo menší rychlost a taktéž větší nebo menší turbulentnost, protože



výsledkem složitého komplexního vzájemného působení větru a budov. Proudění vzduchu okolo budov závisí od přibližovacího rychlostního gradientu větru, od tvaru a vzájemného uspořádání budov. Budovy tedy ovlivňují proudění vzduchu svým tvarem a rozměry, ale i svým vzájemným seskupením. [19]

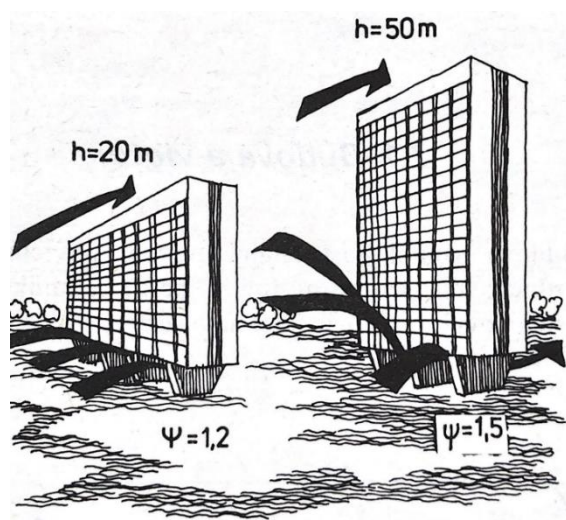
Na základě měření anomálií v aerodynamickém tunelu se identifikovaly, definovaly a kvantifikovaly aerodynamické účinky, situace, vzory nebo anomálie, které mohou vzniknout při různém urbanistickém seskupení. Je třeba zdůraznit, že se nejedná o izolované případy, ale o zevšeobecněné architektonické nebo urbanistické situace, zároveň že na dále uvedených příkladech se nedají řešit všechny problémy aerodynamiky budov. [19]

Nejdříve je třeba se zabývat samotnou budovou, která svými vlastnostmi (tvarem, povrchy, vzduchovou propustností apod.) modifikuje vzduchový proud ve svém nejbližším okolí. [19]

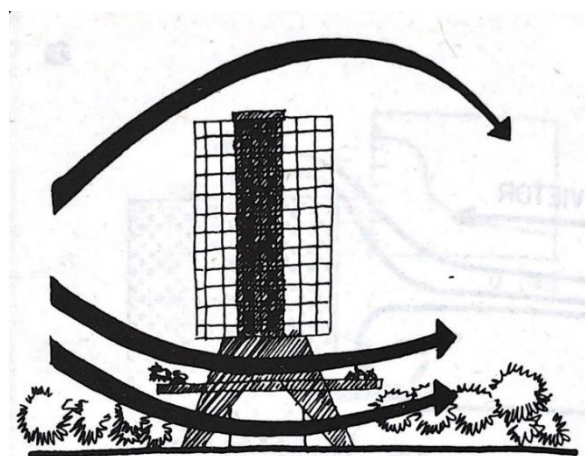
4.2.1 Efekt penetrace proudu

Aerodynamický efekt penetrace proudu vzniká při proudění v průběžných otvorech budovy, v pasážích pod budovou, v podchodech apod. Předpokladem jeho vzniku je spojení návětrné strany budovy s přetlakem se závětrnou stranou budovy s podtlakem, ale i samotná plocha budovy, která musí tvořit dostatečnou překážku větru ($H > 15$ m). Čím je budova takového typu vyšší, tím má průběžné proudění vyšší lokální rychlosti a komfort v přízemní části jeho okolí je nižší. [19]

Aby se zabránilo nebo eliminovalo účinku aerodynamického efektu penetrace proudu vzduchu, měla by se budova postavit tak, aby její orientace os otvorů byla kolmá na proudící směr větru, mělo by se vyhýbat plným stěnovým pilířům, rozdělit tok proudu vzduchu v otevřené části budovy nebo otevřené části budovy doplnit vegetací. [19]



Obr. 5 S přibývajícím výškou budovy vzrůstá efekt penetrace proudu. [19]



Obr. 6 Redukce efektu penetrace proudu rozdělením toku proudu [19]

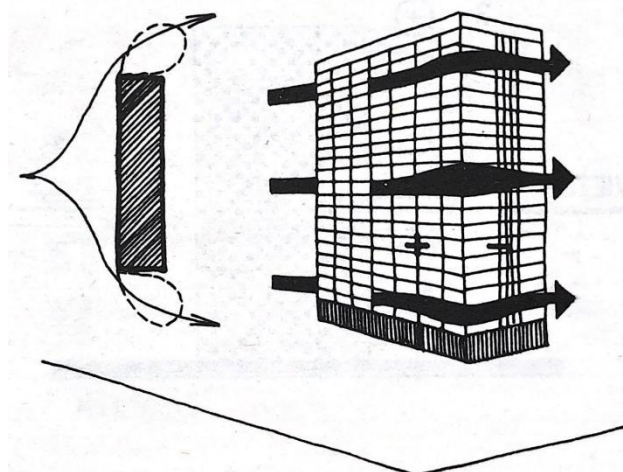


4.2.2 Efekt rohu

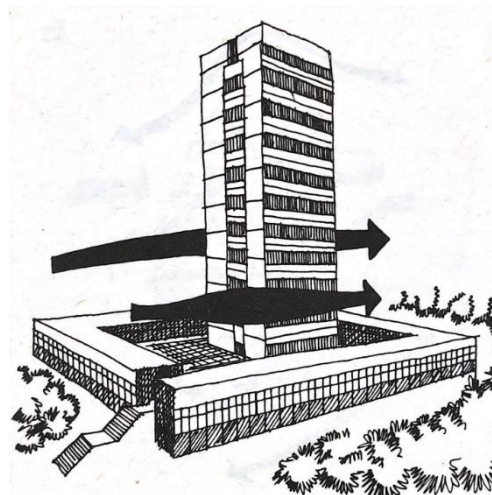
Aerodynamický efekt rohu vzniká při proudění vzduchu na rozích budov, které spojují zónu přetlaku a zónu bočního podtlaku budovy. Fyzikálním předpokladem tohoto aerodynamického efektu je horizontální gradient tlaku. V důsledku něj vzniká lokálně zvýšená rychlost proudu v rohovém proudění. Tato rychlost se zvyšuje se zvětšující se rozměry, ale hlavně s rostoucí výškou budovy, stejně jako nepohoda chodců při překonávání této zóny. [19]

Pro redukci nebo eliminaci účinků aerodynamického efektu rohu platí následující: [19]

- ohradit budovu přízemní podstavcem,
- progresivně snižovat výšku budovy,
- vytvářet oblé rohy budovy nebo pórovité prvky na rohu budovy snižující horizontální gradient průměrných rychlostí,
- situovat vegetaci v oblasti rohu budovy.



Obr. 7 Schéma horizontálního gradientu vzniku efektu rohu [19]



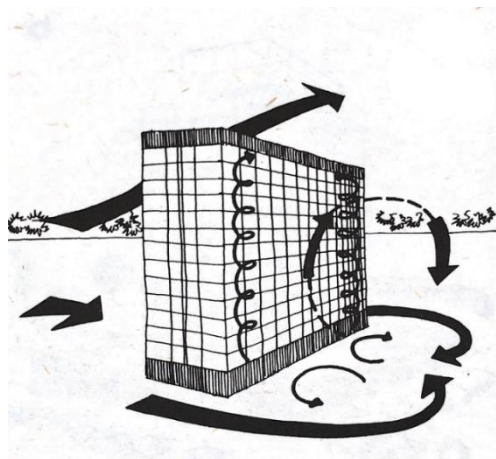
Obr. 8 Redukce efektu proudu ohrazením přízemním podstavcem [19]

4.2.3 Efekt stopy zpětného proudu

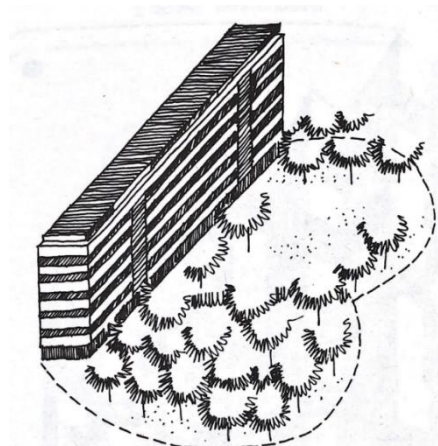
Tento aerodynamický efekt vzniká v důsledku trojrozměrného proudění v aerodynamickém stínu a zahrnuje i efekt rohu, protože začíná od hran separace a vytváří vířivou oblast zpětného proudu s výskytem zvýšených rychlostí s vlivem intenzity turbulence. Velikost zpětného proudění je ve vztahu k čelní ploše (k průmětu budovy do roviny kolmé na směr větru) u nízkých budov $15 < H < 35$ m. Stopa zpětného proudu zasahuje do vzdálenosti až čtyřech výšek budovy. U vysokých budov mimořádně exponovaná oblast zpětného proudu zasahuje do závětrí s plochou $H \times 2T$. [19]



K potlačení nebo zabránění účinků aerodynamického efektu stopy zpětného proudu platí, že musíme směru větru vystavovat menší plochy budovy (nejnižší obvodovou stěnu), zasadit vysoké budovy do husté zástavby, ve které se účinek zpětného proudu zmenší nebo umístit ve větrném stínu vegetaci, která zredukuje účinky zpětného proudění. [19] [20]



Obr. 10 Vznik efektu stopy zpětného proudu u budovy deskového typu [19]

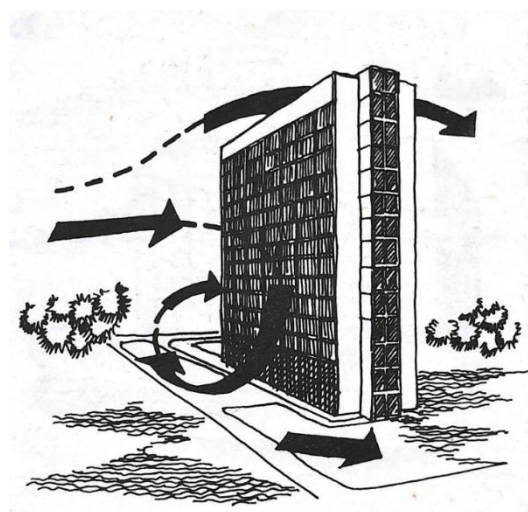


Obr. 9 Redukce účinku efektu stopy zpětného proudu vegetací v aerodynamickém stínu budovy [19]

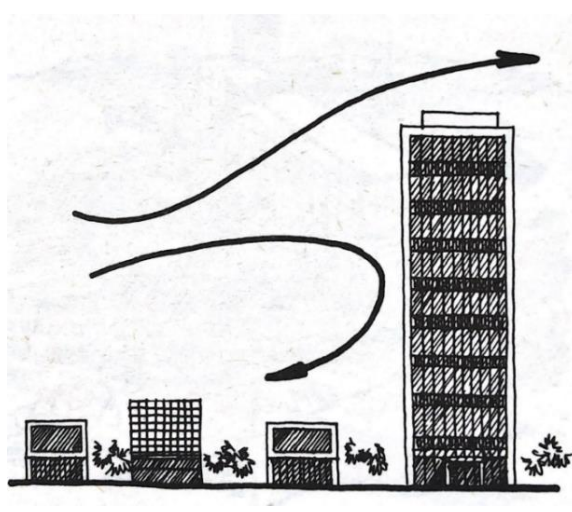
4.2.4 Efekt frontálního proudu

Aerodynamický efekt frontálního proudu je charakteristický pro návětrnou stranu budovy a ovlivňuje jej vertikální gradient průměrné rychlosti větru. Vzniká u budov s výškou $H > 15$ m a podporuje ho přítomnost nízké předradné budovy.

Redukci aerodynamického efektu frontálního proudu se dosáhne zahuštěním blízkého okolí budovy, vytvořením přístřešku na vnitřní straně budovy, vytvořením pórovitých prvků nad úrovní chodců nebo zastřešením vystavené zóny.



Obr. 11 Tvorba víru ve spodní části návětrné strany budovy [19]



Obr. 12 Redukce účinku efektu zpětného proudu zahuštěním zástavby [19]

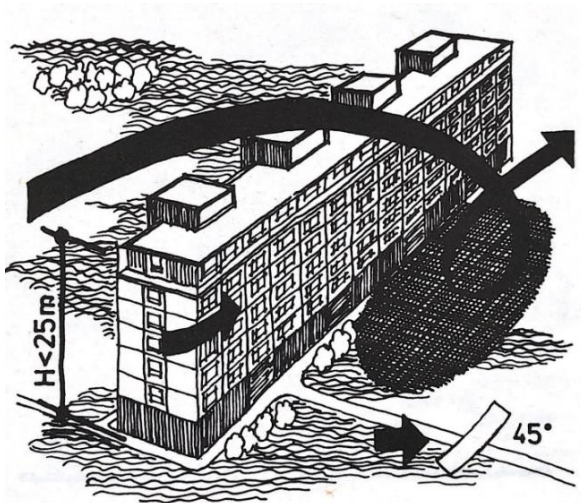


4.2.5 Efekt tyče

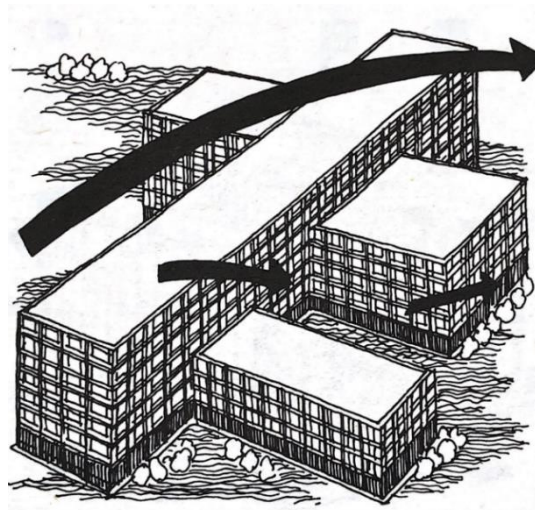
Aerodynamický efekt tyče ve formě spirály vzniká při proudění vzduchu odkloněném od směru kolmého na návětrnou plochu tyčové budovy o 45° . Kritická zóna tohoto aerodynamického efektu charakterizována nepohodou, je umístěná ve středu za závětrnou stranou budovy. Jakmile je výška budovy velká, spirálový vír aerodynamického efektu tyče nezasahuje zem. Když je délka budovy malá, efekt tyče zaniká. Této efekt velmi výrazně ovlivňuje okolí budovy. [19] [20]

Nejlepšími způsoby zabraňování vzniku nebo eliminaci účinku efektu tyče jsou: [19]

- na budovu, na které se může vyskytnout efekt tyče, v pravém úhlu umístit dispoziční hmoty s délkou $V > 2H$. Tyto útvary zabrání spirálovitému točící proudy,
- situovat budovy s délkou $L < 8H$ tak, aby vzdálenost mezi nimi byla větší než $2H$.



Obr. 13 Vznik kritické zóny [19]



Obr. 14 Redukce účinku efektu tyče kolmými dispozičními hmotami situovanými kolmo na tyčovou budovu [19]

4.3 Seskupení budov a vítr

Jako samotná budova i seskupení budov svými vlastnostmi (tvarem, vzduchovou propustností...) modifikuje vzduchový proud ve svém nejbližším okolí. [19]

Modifikace vzduchového proudu při obtékání budovy tedy určuje nejen samotná budova, její geometrie tvaru a prvky přecházející z úrovně obvodových stěn, ale i okolní budovy. [19] [21]

Existují tři základní situace, které zvyšují zatížení větrem na budovu jako důsledek jejího umístění ve vztahu k jiným budovám. [19]

- 1) Budova, jinak ve volném proudění, je blízko jiné budovy. Úzký kanál mezi budovami vyvolává vysoké rychlosti a následně nízké tlaky na fasády stěny, s teoretickými hodnotami při okrajové návětrné straně budovy.



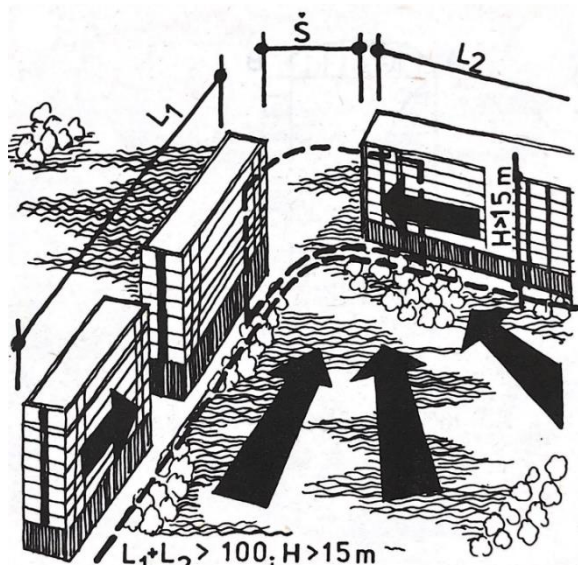
- 2) Malá budova v oblasti tzv. záclonového efektu vysoké budovy. Vysoká budova má poměrně velké průčelí ve směru větru. Protože v horních úrovních má přirozený vítr všeobecně vyšší rychlosti a vysoká budova má schopnosti zadržet velkou část vzduchového proudu a odvést jej do nižších úrovní malé budovy, v prostoru mezi budovami vzniká vířivé proudění s vyššími rychlostmi.
- 3) Budova je v aerodynamickém stínu jiné budovy. Aerodynamický stín je charakterizovaný velkou turbulencí. I když střední rychlosti proudu mohou být v tomto případě nízké, turbulence může vyvolávat vysoké lokální zatížení, hlavně při malých konstrukčních prvcích (např. kusová krytina na střeše apod.) velmi otevřené překážky vzduchovému proudu větru vysílají střídavé víry z jedné i z druhé strany a vytvářejí známé Kármánovo vířivé pásmo. Frekvence šířícího se víru je funkcí šířky konstrukce obtékání proudem větru, rychlosti proudu a do určité míry i geometrií zatížené konstrukce. Když jde o cyklické zatížení, může vyvolat nežádoucí efekt rezonance.

4.3.1 Venturiho efekt

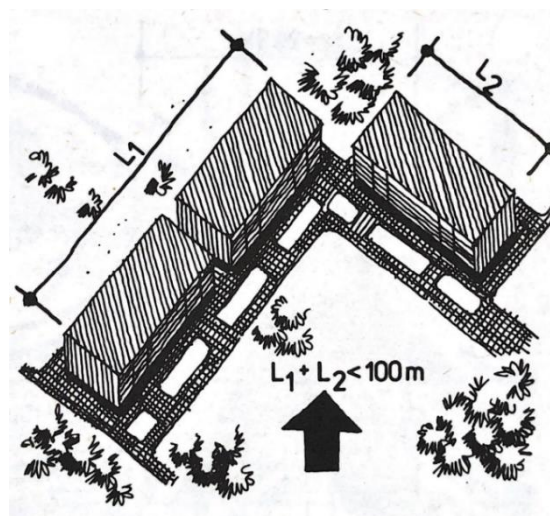
Venturiho efekt vytvářejí budovy postavené ve tvaru úhlu otevřeného ve směru větru. Jeho podmiňujícími faktory jsou délka ramen úhlu postavených budov ($L_1 + L_2 > 100$ m), výška budov ($H > 15$ m), šířka otvoru (pravoúhle promítnuté šířky otvoru na směr větru $H/2 < \check{s} < 4H$) a směr větru. [19]

Mezi nejvhodnější způsoby redukce nebo eliminace Venturiho efektu patří: [19] [20]

- snížení délky ramen ($L_1 + L_2 < 100$ m),
- vytvoření pórovitých ramen,
- za zúžením maximálně prodloužení jedno z ramen.



Obr. 15 Základní schéma Venturiho efektu. [19]

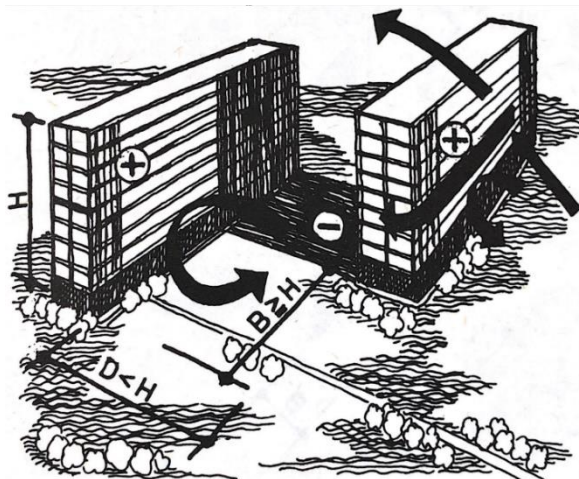


Obr. 16 Redukce účinku Venturiho efektu snížením délky ramen [19]



4.3.2 Efekt vyrovnání tlaku

Tento aerodynamický efekt vzniká v důsledku proudění vzduchu mezi zónami s rozdílným tlakem při šachovitém rozmístění budov. Části budov, které se promítají do jedné plochy, vytvářejí spojitý prostor. Tento prostor se musí v aerodynamickém efektu vyrovnání tlaku geometricky definovat ($D \leq H$) stejně jako nepromítnutá plocha ($B \geq H$). [19]



Obr. 17 Základní schéma efektu vyrovnání tlaku [19]

Pro redukci nebo eliminaci efektu vyrovnávání tlaku stačí rozdělit budovu vystavenou větru na úseky vzdálené od sebe minimálně H , stavět nízkopodlažní budovy, snížit plochy vystavené větru nebo realizovat široké odstupy budov ($D > H$). [19] [20]

4.3.3 Efekt chodby – ulice

Zástavba po obou stranách ulice vytváří sice chodbu, ta ovšem ve všeobecných relacích není ještě příčinou nepohody. Efekt chodby vzniká tehdy, když je ulice úzká (šířka ulice je menší než dvojnásobek výšky budov) a průměrná výška budov je $H \geq 6$ m, přičemž: [19]

- ulice má kompaktní zástavbu nebo její pórovitost je menší než 5 %,
- ulice je spojená s jinou aerodynamickou anomálií, např. Venturiho efektem, kterou přenáší po celé své délce, nebo s efektem otevřeného mnohostěnu.

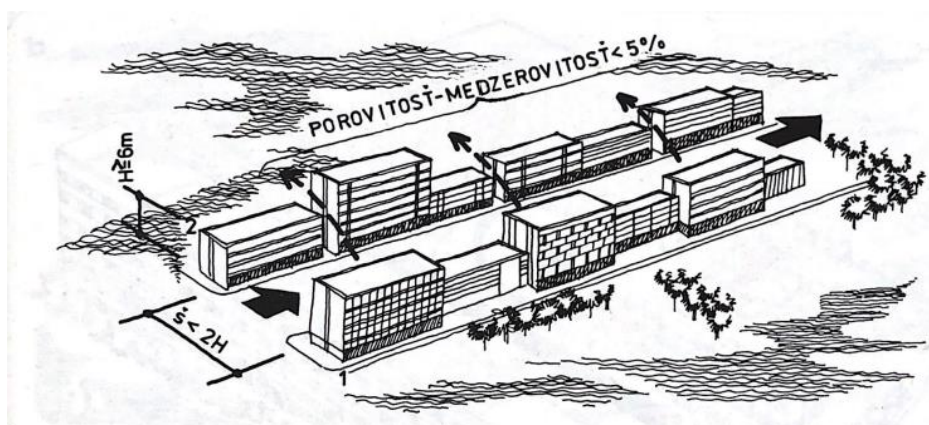
Efekt ulice se zvýrazní, když je ulice paralelní se směrem převládajících větrů. Jakmile má tato ulice charakter chodby, potom neposkytuje ochranu před nepohodou. [19]

Pro redukci či eliminaci efektu ulice lze udělat následující: [20] [19]

- ulici nekoncepovat jako úzkou. Když je šířka ulice větší než trojnásobek výšky budov $U > 3H$, ulice ztrácí charakter chodby,
- zástavbu ulice nekoncepovat jako kompaktní, ale vynechávat prostory, které porušují kompaktnost s celkovou pórovitostí větší než 5 %,



- ulici situovat pod úhlem 90° až 45° ve směru převládajících větrů. Pozor však na možnost vzniku stejně nežádoucího efektu tyče,
- využívat kompozici členění s aplikací i nižších hmot v uliční zástavbě, která dokáže účinně měnit směr větru.

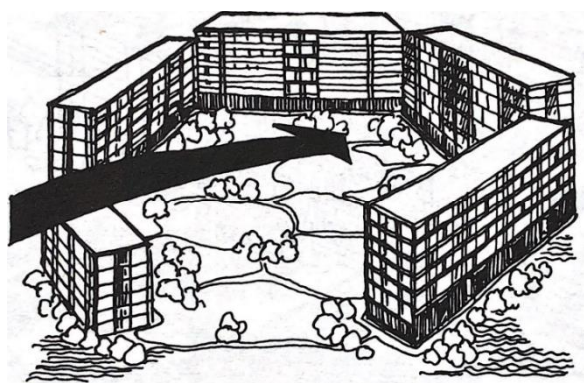


Obr. 18 Vznik efektu chodby, 1 – kompaktní zástavba, 2 – nekompaktní zástavba [19]

4.3.4 Efekt otevřeného mnohostěnu

Otevřený mnohostěn tvoří seskupení libovolného počtu budov s jakoukoli průměrnou výškou H větší, než je hloubka T , jehož vstup není větší než 25 % obvodu celého seskupení. V závislosti na geometrii tvaru tohoto seskupení bude vzduchový proud: [19] [20]

- procházet nad ním jako nad překážkou,
- vnikat do prostoru mezi budovami v podstatě ze všech směrů větru.



Obr. 19 Základní schéma efektu otevřeného mnohostěnu [19]

Efekt otevřeného mnohostěnu se dá redukovat nebo eliminovat následovně: [19]



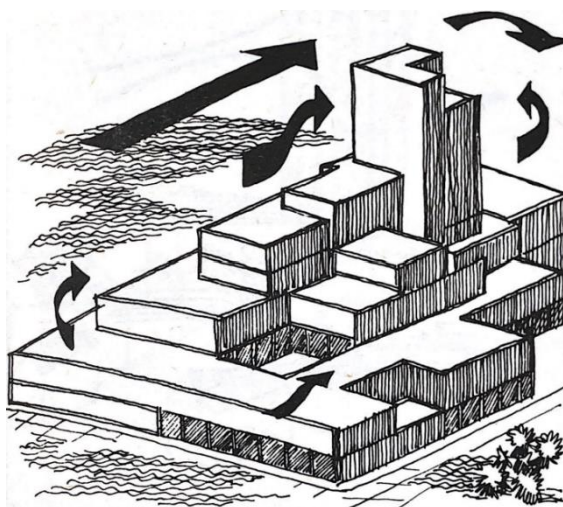
- všeobecně všechny mnohostěnové seskupení budov více či méně správně navržené zvyšují komfort, když jsou jejich transversální rozměry 50–60 m a jsou zastavěné budovami sejné výšky, jako mají budovy otevřeného mnohostěnu,
- výhodné jsou pravouhlé uskupení budov s ochrannou stěnou kolmou na směr převládajících větrů,
- výbornou ochranu představují mnohostěny se vstupem ve směru převládajících větrů (i na návětrné straně).

4.3.5 Efekt pyramidy

Geometrie pyramidy včetně její aerodynamiky drsného povrchu (balkóny, loggie, terasy, schodiště apod.) rozptyluje větrnou energii ve všech směrech. Představuje proto aerodynamicky výhodnou geometrii s malými rychlostmi vzduchových proudů s poměrně vysokou intenzitou turbulence a přijatelným parametrem průměrného komfortu. Kritické oblasti představují jen návětrné rohy pyramidy a balkóny nebo loggie nejvyšších podlaží návětrné strany budovy. [19]

Možnými radami, jak redukovat či eliminovat efektu pyramidy, jsou následující: [19] [20]

- progresivně zvyšovat úrovně jednotlivých podlaží, čímž se výrazně sníží nežádoucí rychlost vzduchových proudů v úrovni chodců,
- na rozích snížit výšky pyramidové struktury až na úroveň přibližně 3 m,
- okolí návětrných rohů pyramidy zahustit nízkou stavbou nebo vegetací,
- konstrukční tvorbu chráněných balkónů nebo loggií otevřených k exteriéru jen jednou stranou dořešit tak, aby vzduchový proud přecházel nad nimi.

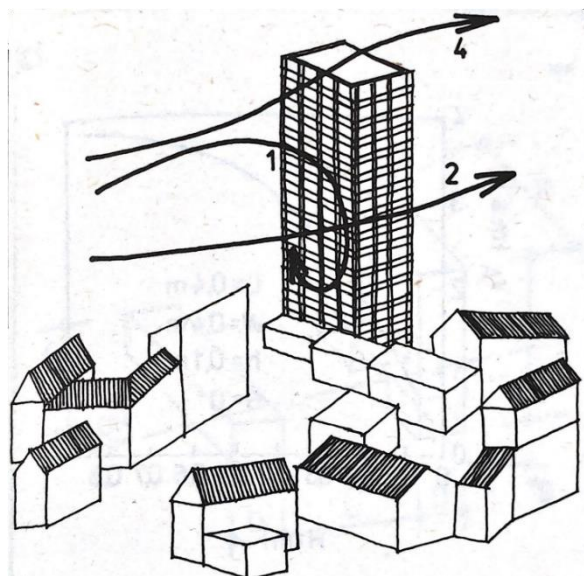


Obr. 20 Všeobecné schéma efektu pyramidy [19]



4.3.6 Wiseho efekt

Uvedený velký počet aerodynamických anomálií, které mohou zapříčinit rozmanité urbanistické nebo architektonické situace, často způsobuje kumulování účinků. Takovým příkladem je umístění vysoké budovy bodového nebo deskového typu do původní nízké zástavby. Vysoká budova je vystavována přímým nárazům větru, který odráží v horizontálním i vertikálním směru od jeho původního proudění. Budova tak modifikuje proud ve svém nejbližším okolí. Charakter proudění vzduchu okolo budovy, rozdělení rychlostí a tlaku větru na obalových konstrukcích budovy jsou ve vzájemném vztahu. [19] [22]



Obr. 21 Vliv vysoké budovy na proudění větru v nízké zástavbě, 1 – frontální proud, 2 – rohové proudění, 4 – nadstřešní proudění [19]

Hlavními faktory proudění vzduchu okolo vysokých budov je velikost a umístování překážek proudění, vzdálenost mezi budovami a geometrií budov, které mají důležitý vliv na proudy v jejich okolí. [19]

4.3.7 Shrnutí

Dle popsaných anomálií v odstavcích 4.2.1 až 4.3.6 lze usoudit, že na to, jak moc bude proudit vzduch v ulicích měst, má vliv především budova. Záleží na její geometrii, výšce, rozestupu od jiné budovy, postavení k jiné budově. Neopominutelnou úlohu bránění pohybu větrných proudů ve městě má taky vegetace, která se dá použít i k zabránění větrných proudů kolem budov.

Není v lidských silách analyzovat každou budovu ve městě a zjišťovat, jak moc má vliv na okolní proudění vzduchu. Proto se bude předpokládat, že urbanisti o daných jevech věděli a snažili se jim různými způsoby předcházet, nebo alespoň zmírnit jejich negativní účinky. Proto se dá



tvrdit, že na základě těchto informací vzduch obecně v zastavěné oblasti proudí špatně z důvodu větrného komfortu pro chodce. Tudiž tato místa se dají označit jako zóny, ve kterých by měla být omezena doprava, jelikož existuje riziko, že by se v ulicích mohly kumulovat exhaláty z projíždějících spalovacích vozidel.

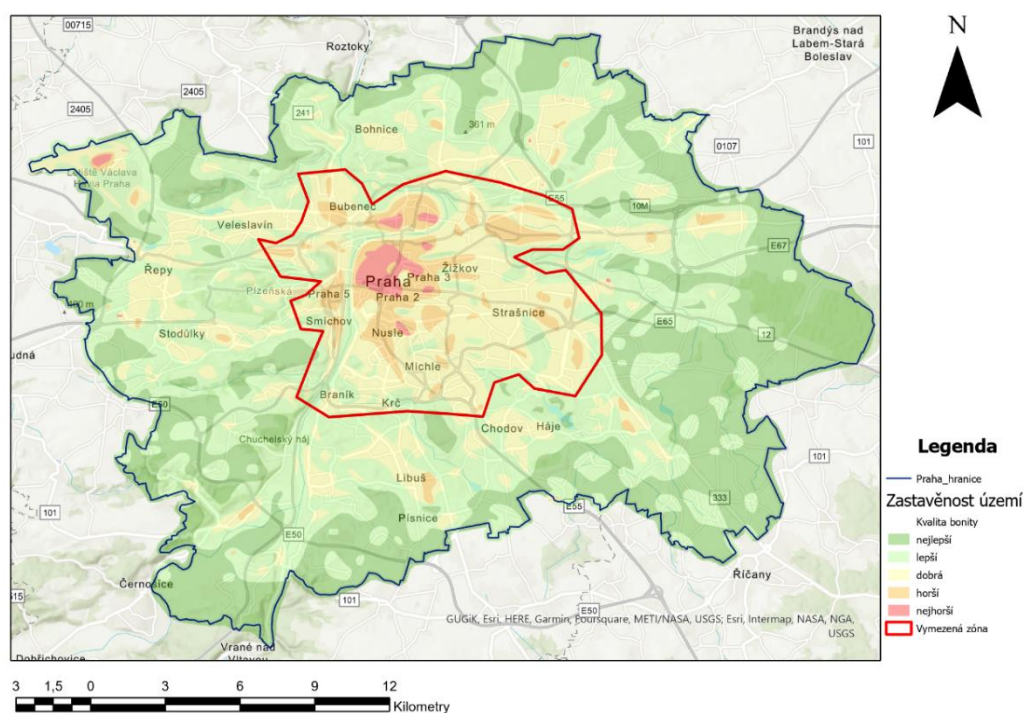
4.4 Stanovení rizikových zón města

Na základě předchozí kapitoly lze vyznačit zóny ve městě, kde vzduch proudí nepříznivě, v této kapitole se tato místa vymezí a porovná s již navrhovanou nízkoemisní zónou.

4.4.1 Mapa bonity kvality ovzduší Prahy a stanovení rizikové zóny

Pro vytvoření vymezené zóny je nutné zjistit hustotu zástavby v Praze. K tomu budou sloužit mapy bonity kvality ovzduší. Jedná se o matematické modely tvořené v prostředí GIS a datových prostředků digitální model terénu s horizontálním rozlišením 25 m, vektorová vrstva budov, uliční a dopravní sítě, data z větrných růžic a rastrový snímek pokryvu vegetace, které graficky zobrazují na škále „nejlepší – nejhorší“ klimatické podmínky města. Hodnotící škála je ale vztažena k parametru bonita a co je pro bonitu nejlepší. [23]

Bonita klimatu je znalecké a komplexní posouzení klimatických rozdílů zpravidla v měřítku mikroklimatu a místního klimatu. Hodnotí se vhodnost klimatu pro určitý účel, v tomto případě pro osídlení. Bonita klimatu se posuzuje podle metodických schémat vyhodnocující parametry oslunění, přirozená ventilace území, modelová rychlost proudění



Obr. 22 Mapa bonity klimatu – zastavěnost území, upraveno z [25]



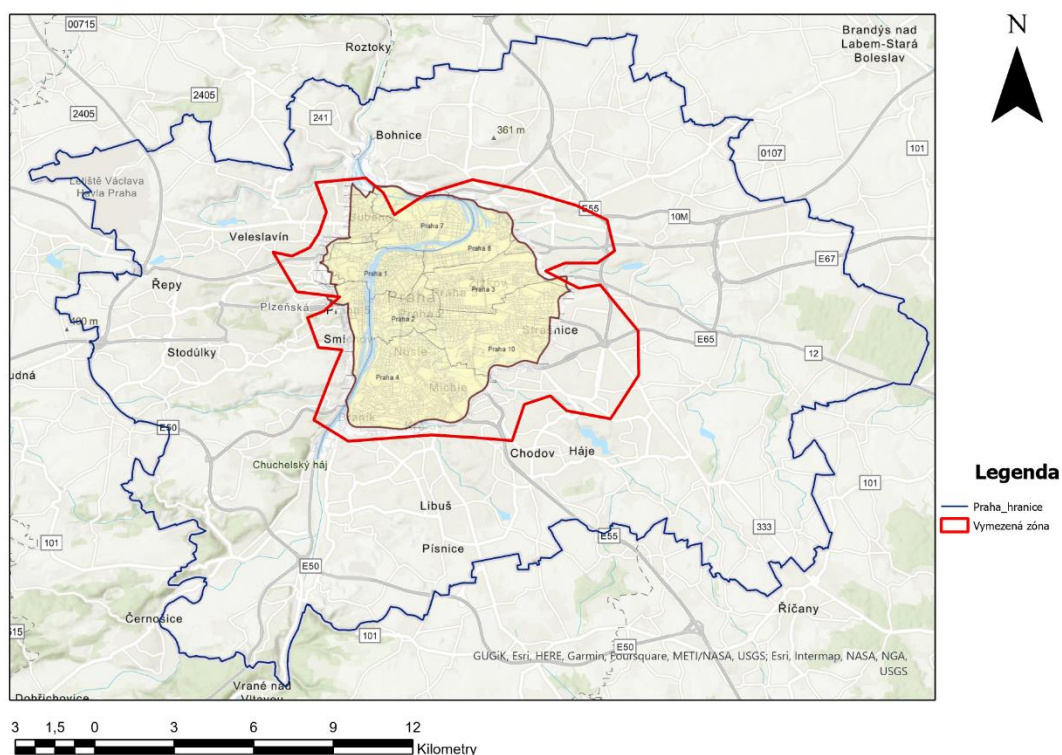
větru, četnost výskytu bezvětří, imisní zátěž území a zastavěnost území. Na základě hodnocení jednotlivých parametrů se vyhodnotí výsledná bonita klimatu pro celé město. Pro tuto práci bude dostačovat mapy zastavěnosti území. [23] [24]

Tato vrstva vznikla kombinací rastrové vrstvy vegetačního pokryvu dodané objednavatelem a rastrové vrstvy urbanizace, která byla vytvořena z uzlových bodů 25 × 25 m. Pro každý bod se vypočítal poměr ploch zástavby ve čtverci 100 × 100 m k celkové ploše zájmového území. Z těchto vypočtených bodů za pomoci interpolace vytvořila rastrová vrstva urbanizace. [23] [25]

Na Obr. 22 je určena zastavěnost území z hlediska bonity. Pro parametr bonita zastavěnosti území je stav „nejhorší“ označen pro nejvyšší zastavěnost území, pro „nejlepší“ nejnižší zastavěnost území. Z Obr. 22 lze určit, že nejvíce zastavěné území je v centru Prahy, zejména pak v historickém centru Prahy. Obecně se dá říct, že čím je vzdálenost od centra větší, tím klesá zastavěnost území. Pro další zpracování se tato oblast stává rizikovou z hlediska proudění ovzduší, viz kapitoly 4.2 až 4.3.

4.5 Porovnání navržené zóny s nerealizovanou emisní zónou

V této kapitole se bude porovnávat navržená nízkoemisní zóna z údajů proudění vzduchu ve městě a nízkoemisní zóna navržená hl. městem Prahou



Obr. 23 Porovnání navržené zóny (červená linka) a nerealizované zóny Prahou, upraveno z [13]



Porovnáním obou zón na základě Obr. 23 se dá říct, že se téměř shodují. Zóna navrhnutá dle nízkého proudění vzduchu je větší, protože nerespektuje skutečnost, že budou muset být navrženy i objízdné trasy pro vozidla, která do zóny nebudou moci vjet, což právě nízkoemisní zóna navrhnuta Prahou respektuje.

Z tohoto důvodu se může konstatovat, že zóna navržená Prahou je vytvořena správně tak, že by se množství vypouštěných nebezpečných látek v této lokalitě snížilo.

5 Služba sdílených vozidel – car sharing

Jak už samotný název napovídá, jedná se o službu, kdy si uživatelé sdílí vlastní vozidla nebo sdílí vozidla firmy. Ačkoli rozmach u nás nastal teprve v nedávné době, počátky car sharingu lze datovat do roku 1948, kdy se ve Švýcarsku členové bytového družstva rozhodli založit uskupení SEFAGE. Motivace byla hlavně ekonomická, protože členové si nemohli dovolit koupit každý svoje auto, proto sdíleli všichni jedno. [26]

V dnešní době se uživatelé nemusí dělit pouze o jedno auto, ale zpravidla mají na výběr z několika desítek, u některých dokonce z několika stovek. [27]

5.1 Projekt Uniqway

Studentský projekt sdílení aut, jehož kořeny sahají do roku 2015, ale oficiálně pro studenty byl spuštěn v roce 2018. Aktuálně je dostupný nejen pro všechny vysokoškolské studenty, ale i akademické pracovníky a absolventy partnerských vysokých škol. Mezi partnerské vysoké školy patří ČVUT, ČZU a VŠE. [1]

5.1.1 Vypůjčení vozidla a parkovací zóny

Vypůjčení probíhá následovně. Uživatel si v mobilní aplikaci vybere auto. Zobrazí se mu údaje o jeho přesné poloze, stavu paliva/kapacity baterie, modelu a základní technické informace. Poté zvolí požadovaný tarif a dostane bezplatných 15 min na odemknutí a zkontrolování vozu. Nastartováním auta uživatel stvrzuje, že je stav vozidla bezvadný a může vyrazit. Ukončení výpůjčky je možné pouze v zónách, ve kterých se po vjetí do nich v autě rozsvítí zelené logo Uniqway, nebo označených v aplikaci. Poté uživatel vypne motor, zamkne a vozidlo vrátí. Jízda znamená stav od zahájení výpůjčky po ukončení výpůjčky a vrácení vozidla. Jízdu může uživatel libovolněkrát přerušit a vozidlo zamknout. Stání v Praze na modrých a fialových zónách je zdarma. Uživatel smí mít auto ve výpůjčce max. 30 kalendářních dní, pak musí vozidlo vrátit. [1] [28]

Zákazník může vyrazit neomezeně po celé ČR. Pokud chce vyjet za hranice ČR, musí toto oznámit min. 48 hodin před plánovaným odjezdem, aby dostal potvrzení o zápůjčce vozu a tankovací kartu UTA. [28]



Místa, ze kterých lze auta půjčit a vrátit, se nacházejí po celé Praze, zejména v blízkosti univerzitních kampusů a kolejí ČVUT, ČZU a VŠE. Dále jsou tyto zóny i v Kladně, Buštěhradu a Mladé Boleslavi. [1]

5.2 Sběr dat

Každé sdílené vozidlo je monitorováno GPS systémem. Jednotka posílá do centrálního serveru v pravidelných intervalech informace o poloze vozidla, aktuální GPS rychlosti, stav zamčení, údaj o tachometru a rychlosti vozidla dle OBD. Zaznamenává se také identifikátor jízdy, výpůjčky a automobilu.

5.3 Čerpání paliva / nabíjení baterie

Starost o minimální stav paliva, či minimální úroveň nabití baterie je na straně zákazníka, tzn. před ukončením jízdy musí být dojezd u spalovacího vozidla min. 200 km, u elektrického 50 km. Uživatel k doplňování energie do vozu využívá kartu CCS, pro nabíjení čip od ČEZ a PRE. Jelikož se předpokládá, že čerpání paliva není nijak časově náročné a počet čerpacích stanic je dostatečný, zákazník nedostane žádnou odměnu. U elektrického auta je tomu ale obráceně. Rychlost nabíjení závisí na použité nabíjecí stanici, tudíž by zákazník musel strávit nabíjením čas nad rámec plánované výpůjčky. Z tohoto důvodu získává klient odměnu na další jízdu podle doby strávené u nabíjecí stanice. [28]

5.4 Skladba flotily vozidel

Flotila vozidel carsharingu Uniqway se stále rozrůstá, a proto se počet vozidel mění. Aktuálně ke dni 3. 7. 2022 jezdí 36 aut. Nejrozšířenějším vozidlem je Škoda Fabia s 29 kusy, dále Škoda Scala se 6 kusy a jediná Škoda Citigo e iV. V minulosti se ve vozovém parku nacházely i automobily Škoda Kamiq a Škoda Enyaq. [1]

Pohonem vozidel Škoda Fabia Škoda Scala je zážehový motor s přímým vstřikováním přeplňovaný jedním turbodmyčadlem. Fabia je vybavena tímto typem motoru ve dvou verzích, 70 kW a 81 kW, Scala s výkonem 85 kW. Na kola je výkon přenášen přes mechanické 5 nebo 6stupňové převodovky, nebo automatickou 7stupňovou převodovku DSG. [1]

Jediný elektromobil Škoda Citigo-e iV disponuje jedním synchronním elektromotorem s permanentními magnety o výkonu 61 kW, který pohání přední kola stálým redukčním převodem. [1]

6 Elektromobil

V této kapitole se bud rozebírat elektromobil z pohledu koncepce a fyzických vlastností. Pro ukázkou se zde představí dva elektromobily a porovná se jejich dojezd a délka nabíjení.



6.1 Celková koncepce

BEV je nejjednodušším typem všech elektrických vozidel díky jednomu zdroji energie: baterii. Baterie a elektrický pohonný systém musí být samostatně schopny splnit všechny požadavky na vozidlo jako u konvenčního, neelektrického vozidla. Elektromotor musí být schopen vozidlo zrychlit a pohánět a dojezd je přímo závislý na kapacitě baterie. Podmínky používání však dojezd značně ovlivňují. Agresivní jízda, klimatizace a další energeticky náročná zařízení spotřebovávají energii a zkracují dojezd stejně jako u konvenčního vozidla. [29]

6.2 Baterie

Baterie se normálně dělí na dva typy, primární a sekundární. Primární baterie lze vybit pouze jednou a jsou také známé jako „suché články“. Sekundární baterie mají dobíjecí vlastnosti a po vybití lze znovu nabít na původní hodnoty. Tyto typy baterií jsou také známy jako dobíjecí baterie. Bateriové systémy v elektrických vozidlech by měly mít dobíjecí vlastnosti s uspokojivým výkonem, včetně vysoké hustoty energie pro pokrytí dostatečného dojezdu, vysoké hustoty výkonu pro dosažení požadované rychlosti zrychlení a maximální rychlosti vozidla, dlouhé životnosti pro minimální údržbu a nízké ceny pro lepší přijetí na trhu. Sekundární baterie splňují většinu výše uvedených kritérií, a proto jsou v elektrických vozidlech široce používány. [30]

Za účelem dosažení výrazného zvýšení energetické hustoty a hustoty výkonu byly v nedávné době vyvinuty Li-ion baterie. Ve srovnání s jinými typy mají Li-ion baterie vyšší schopnost nabíjení a vybíjení, delší životnost a žádný paměťový efekt. Z těchto důvodů patří u elektromobilů k nejčastěji využívaným typům skladování elektrické energie. Vysoká počáteční cena omezuje jejich použití v aplikacích citlivých na cenu, ale nové chemické technologie a úspory z rozsahu slibují snížení nákladů na Li-Ion baterie. [30]

6.3 Nabíjení baterie

Baterie lze nabíjet jak střídavým, tak stejnosměrným proudem. Protože baterie dokáže pracovat pouze se střídavým proudem, musí se AC přes palubní nabíječku přeměnit na DC. U stejnosměrné nabíječky může stejnosměrný proud proudit do baterie přímo, zatímco u střídavé nabíječky se musí elektřina nejprve přeměnit na stejnosměrný proud. Proto jsou DC nabíjecí stanice mnohem rychlejší než AC. [31]

Nabíjení u elektromobilů lze rozdělit do několika kategorií. Nejčastěji se o nabíjení uvažuje z hlediska úrovně nabíjení. Existují tři úrovně nabíjení elektromobilů: úroveň 1, úroveň 2 a úroveň 3. Obecně platí, že čím vyšší úroveň, tím vyšší výkon a tím rychleji se vozidlo nabije.



Doba nabíjení však vždy závisí na kombinaci mezi typem baterie a nabíjecí kapacitou vozidla a výkonem nabíjecí stanice. [31]

6.3.1 Nabíjení úrovně 1

Nabíjení úrovně 1 probíhá tak, že elektromobil se zapojí do zásuvky pomocí standardní zástrčky střídavého proudu. Vzhledem k tomu, že standardní domácí zásuvka dodává maximálně 2,3 kW, je nabíjení pomocí nabíječky úrovně 1 nejpomalejším způsobem nabíjení elektromobilu. [31]

6.3.2 Nabíjení úrovně 2

Nabíječka úrovně 2 je jakákoli standardní nabíjecí stanice na střídavý proud, kterou můžete najít připevněnou na zdi, na sloupu nebo zapuštěnou v zemi. Nabíjecí stanice úrovně 2 běžně poskytují výkon v rozmezí 3,4–22 kW a je najdete v obytných domech, na veřejných parkovištích, ve firmách a na komerčních místech. Při maximálním výkonu 22 kW se dojezd baterie za hodinu nabíjení zvýší o desítky kilometrů. To je mnohem rychlejší než nabíjení úrovně 1. [31]

6.3.3 Nabíjení úrovně 3

Nabíjení úrovně 3, známé také jako stejnosměrné nebo rychlé nabíjení, využívá k přímému nabíjení baterie vozidla stejnosměrný proud, čímž se obejde palubní měnič AC/DC. Nabíječky úrovně 3 tak mohou dodávat stejnosměrný proud přímo do baterie. Díky tomu mohou nabíjecí stanice úrovně 3 dodávat více energie a rychleji, což je ideální pro místa s krátkou zastávkou, jako jsou čerpací stanice a vozové parky. Doba nabíjení se u různých vozidel a výkonů liší, obecně však platí, že nabíječky úrovně 3 mohou vozidlo nabít za několik desítek minut oproti hodinám u nabíjecích stanic úrovně 2 nebo desítkám hodin u nabíjecích stanic úrovně 1. [31]

6.4 Vliv teploty na baterii

Vzhledem k tomu, že články jsou do značné míry ovlivňovány teplotou, teplota, při které budou elektromobily provozovány, určuje určité mezní podmínky pro konstrukci baterií, aby byl zajištěn jejich výkon, bezpečnost a životnost. Například podnebí v různých oblastech světa ovlivní způsob, jakým je systém tepelného řízení baterie nastaven. V některých oblastech může být v některých částech roku nutné baterii ohřívat a v jiných oblastech je třeba baterii výrazně chladit. V mnoha oblastech může teplota přesáhnout 40 °C, a v zaparkovaném vozidle může být tato teplota i výrazně překročena. [29]

Na druhou stranu v chladných klimatických oblastech by vozidlo mělo být schopno nastartovat a fungovat i při teplotách pod -40 °C. Teplotní specifikace baterie pro elektromobily se mohou pohybovat v rozmezí od -50 °C do +80 °C. Často se specifikace dělí na provozní a skladovací

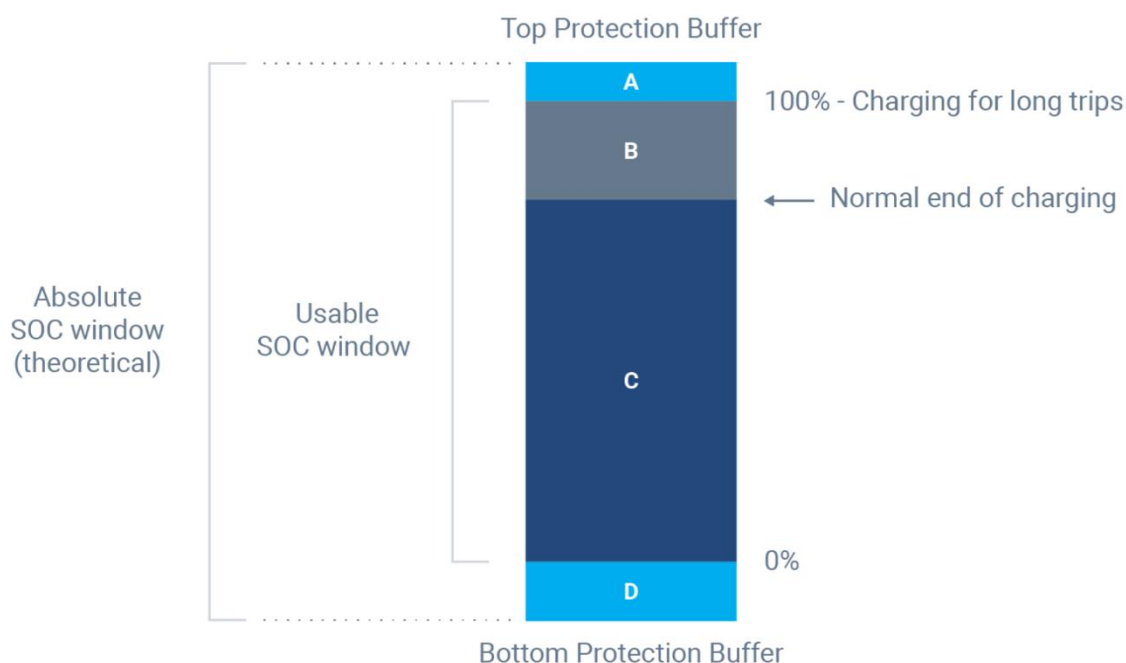


teploty. Při vysokých a nízkých teplotách dochází k procesům v článkách, které negativně ovlivňují jejich výkonnost, a používání mimo „bezpečný“ rozsah může články, a tím i baterii, vážně poškodit. Teplota navíc není jen parametrem ovlivňujícím výkon, ale také bezpečnost, kterou je třeba brát v úvahu. Baterie proto vždy obsahuje nějaký druh tepelného managementu, který udržuje její teplotu v optimálním intervalu. [29]

6.5 Kapacita baterie a využitelná část

Předpokládaným důvodem rozdílů ve stavu baterií u jednotlivých výrobců je způsob kontroly SOC. Provoz baterie při téměř plném nebo prázdném stavu má vliv na její stav. Aby se tento vliv omezil, přidává mnoho výrobců „vyrovnávací kapacitu“, která účinně brání přístupu ke krajním koncům okna SOC, viz Obr. 24. [32]

Teoreticky maximálně využitelná kapacita baterie se skládá z částí A + B + C + D, reálně využitelná část baterie je složená z částí B a C, viz Obr. 24. Kromě ochranné části A a D na horním a dolním konci rozsahu baterie poskytuje mnoho vozidel majiteli elektromobilu možnost zastavit běžné denní nabíjení při úrovni pod 100 %. Odstranění extrémů se provádí nejen kvůli zdraví baterie, ale také kvůli bezpečnému provozu vozidla. Na extrémních koncích by baterie nebyla schopna přijímat, nebo dodávat plný výkon a ovlivnilo by to zážitek z jízdy. [32]



Obr. 24 Grafika popisující využití kapacity baterie. A – horní ochranná kapacita baterie, D spodní ochranná kapacita baterie, B a C – využitelná část. [32]



V podstatě se dá říct, že baterie nabitá na 100 % není z čistě chemického hlediska zcela nabitá. Stejně tak 0 % neznamená úplné vybití. Vzhledem k tomu, že majitel vozidla nemá z bezpečnostních důvodů a z důvodů životnosti baterie přístup k těmto částem jejího rozsahu, je pravděpodobné, že si toho mnozí nejsou vědomi. [32]

6.5.1 Opotřebení a životnost baterie

Nabíjením se baterie opotřebovává a postupem času ztrácí svou kapacitu. Životnost baterie je dána počtem nabíjecích a vybíjecích cyklů, kterých lze dosáhnout, než baterie dosáhne konce své užitečné kapacity. U elektromobilů je konec životnosti definován jako pokles kapacity na 80 % původní kapacity. Životnost cyklu závisí především na teplotě baterie, vybíjecím profilu a hloubce vybití. Obecně platí, že baterie mají dlouhou životnost při nízké hloubce vybíjecích cyklů. Například Li-Ion baterie obvykle vydrží 2 000 cyklů při 100% hloubce vybití při nízkých rychlostech vybíjení/nabíjení a pokojové teplotě, při 20–40 % hloubce vybití mohou vydržet až 20 000 cyklů. Automobiloví výrobci na baterii často poskytují záruku 7 až 8 let, nebo až 160 000 km, že neklesne kapacita pod 70 %. [30] [33] [34] [35]

6.6 Porovnání elektromobilů

Ve vozové flotile Uniqway jezdí elektromobil Škoda Citigo-e iV. Jelikož se tento vůz již nevyrábí, jako alternativa v podobné cenové hladině vychází Dacia Spring. V této kapitole se zjistí jejich dojezdy na jedno nabití a rychlosti nabíjení baterií. [34] [33]

6.6.1 Škoda Citigo-e iV

Škoda Citigo-e iV je městský automobil vyráběný v letech 2019–2020 s výkonovými parametry uvedenými v kapitole 5.4. Jeho základ vychází z koncernové techniky VW eUP!, čímž jsou tato auta z technického hlediska shodná. Jeho udávaný dojezd je dle metodiky WLTP 253 km. Výrobce udává celkovou kapacitu baterie 36,8 kWh, z níž 32,3 kWh tvoří využitelnou část. [36] [37] [33]

Jak bylo řečeno v kapitole 6.1, skutečný dojezd závisí na kapacitě baterie, stylu jízdy řidiče a zapnutých elektrických spotřebičích. Teoretického dojezdu tak skuteční uživatelé nemusí dosáhnout. K zjištění, jaký je dojezd elektromobilů blízký realitě, poslouží data reálných jízd ze serveru [spritmonitor.de](https://www.spritmonitor.de). Je to webová služba, která po bezplatné registraci umožňuje zaznamenávat spotřebu a provozní náklady registrovaného vozidla. [Spritmonitor.de](https://www.spritmonitor.de) sbírá údaje od 1 016 785 vozidel a 697 539 vlastníků, což ji dává na relevantnosti. [38]

Pro model Citigo-e iV jsou dostupné údaje o 50 záznamech o průměrné spotřebě za různých provozních podmínkách. [39]



Tabulka 2 Spotřeba a počet záznamů Škoda Citigo-e iV [39]

Spotřeba [kWh/100 km]	9,1	10,4	11,6	13,1	14,2	15,7	17,0	18,3	19,6	20,9
Počet záznamů	2	2	5	3	13	11	10	6	2	1

Na spritmonitor.de se udává minimální spotřeba 8,59 kWh/100 km, maximální byla 20,86 kWh/100 km a průměrná 15,19 kWh/100 km. Dojezd se dá vypočítat použitím vzorce: [39]

$$\text{Dojezd} = \frac{\text{využitelná kapacita baterie} \cdot 100}{\text{spotřeba}}$$

(1)

Vypočítaný dojezd je při minimální spotřebě 376 km, při maximální 155 km a průměrné 213 km.

Pro porovnání dojezdů na jedno nabití lze použít databázi EV databases. Tato databáze počítá dojezd elektromobilů na základě vlastního matematického modelu, který je následně ověřován v praxi a dále vylepšován. Čímž se zpřesňují výsledky samotného modelu [40]

V databázi se Škoda Citigo e iV nenachází, ale je v ní sesterský model VW eUP! a parametry dojezdu jsou následující: [41]

Tabulka 3 Údaj o reálném rozsahu v několika situacích. Chladné počasí: „nejhorší případ“ založený na -10 °C a použití topení. Mírné počasí: „nejlepší případ“ založený na 23 °C a nepoužívání klimatizace. Pro údaje „dálnice“ se předpokládá konstantní rychlost 110 km/hod. Skutečný dojezd závisí na rychlosti, stylu jízdy, počasí a podmínkách na trase. [41]

Chladné počasí		Mírné počasí	
Město	205 km	Město	315 km
Dálnice	145 km	Dálnice	185 km
Kombinace	170 km	Kombinace	240 km

Z údajů EV database vyplývá dojezd Citigo-e iV v rozmezí 145–315 km. Na základě údajů z reálných jízd spritmonitor.de a EV database lze stanovit minimální dojezd 150 km. [39]

Nabíjení u Citigo-e iV probíhá jak stejnosměrným, tak střídavým proudem. Maximální výkon palubní nabíječky automobilu je 7,2 kW. Auto dokáže nabíjet stejnosměrně z rychlonabíjecí stanice maximálním výkonem 40 kW, čímž je schopné se nabít z 10 na 80 % za 48 min. Střídavým proudem se může nabíjet z 230V zásuvky a 10A jističem výkonem 2,3 kW



16 hod 45 min, jednofázovým 16A jističem a 230 V s výkonem 3,7 kW 10 hod 45 min a třífázovým 32A jističem 230 V s výkonem 22 kW 5 hod 30 min. [41]

Tabulka 4 Škoda Citigo-e i V a údaje o nabíjení [41]

AC nabíjení			DC nabíjení
230 V, 10 A, 2,3 kW	230 V, 16 A, 3,7 kW	230 V, 32 A, 22 kW	Max 40 kW
16 hod 45 min	10 hod 45 min	5 hod 30 min	48 min

6.6.2 Dacia Spring

Dacia Spring je městský elektromobil s výkonem 33 kW a točivém momentu 125 N.m. Výkon je dostatečný na převážně městské jízdy, neboť zrychlení z 0 na 100 km/h trvá 19,1 s. Dle cyklu WLTP se udává spotřeba elektrické energie 12 kWh/100 km a dojezd mezi 230 a 305 km. Baterie pojme celkově 27,4 kWh, ale využitelná část je 26,8 kWh. [34] [42]

Z 27 reálných jízd uživatelů ze spritmonitor.de lze zjistit minimální spotřebu 8,49 kWh/100 km, maximální 18,50 kWh/km a průměrnou 13,96 kWh/km. Na základě využitelné kapacity baterie můžeme vypočítat ze vzorce (1) dojezd elektromobilu, který činí při nejnižší spotřebě 316 km, při nevyšší 145 km a při průměrné 192 km. [43]

Tabulka 5 Počet záznamů a spotřeba Dacia Spring [43]

Spotřeba [kWh/100 km]	8,5	9,6	10,4	11,8	13,0	13,7	15,3	16,0	17,4	18,3
Počet záznamů	1	1	4	2	3	5	4	3	1	3

Z matematického modelu společnosti EV database o dojezdu Dacie Spring se dá vyvodit závěr, že se dojezd pohybuje mezi 115 a 265 km. Porovnáním dojezdů na základě reálné spotřeby a matematicky modelovaných dojezdů lze dojít ke stanovení minimálního dojezdu, a to 130 km. [44]



Tabulka 6 Údaj o reálném rozsahu v několika situacích. Chladné počasí: „nejhorší případ“ založený na $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a použití topení. Mírné počasí: „nejlepší případ“ založený na $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nepoužívání klimatizace. Pro údaje „dálnice“ se předpokládá konstantní rychlost 110 km/hod . Skutečný dojezd závisí na rychlosti, stylu jízdy, počasí a podmínkách na trase. [44]

Chladné počasí		Mírné počasí	
Město	170 km	Město	265 km
Dálnice	115 km	Dálnice	150 km
Kombinace	140 km	Kombinace	195 km

Dacii Spring lze nabíjet jak střídavým, tak stejnosměrným napětím. Ve standardní výbavě je jen palubní nabíječka o výkonu $6,6\text{ kW}$, za tu se stejnosměrným napájením je nutné připlatit v rámci výbavy na přání. Rychlonabíjecí výkon nabíječky pak činí 30 kW a nabití z 20 na 80 % trvá 41 min. Pomalým střídavým proudem se může nabíjet z 230 V zásuvky a 10 A jističem výkonem $2,3\text{ kW}$ 13 hod 45 min, jednofázovým 16 A jističem a 230 V s výkonem $3,7\text{ kW}$ 8 hod 45 min a třífázovým 32 A jističem 230 V s výkonem 22 kW 5 hod. [44]

Tabulka 7 Dacia Spring a nabíjení [44]

AC nabíjení			DC nabíjení
$230\text{ V}, 10\text{ A}, 2,3\text{ kW}$	$230\text{ V}, 16\text{ A}, 3,7\text{ kW}$	$230\text{ V}, 32\text{ A}, 22\text{ kW}$	Max 30 kW
13 hod 45 min	8 hod 45 min	5 hod	41 min

6.6.3 Shrnutí

V této kapitole se probraly hlavní nedostatky baterií, a sice omezený dojezd a rychlost nabíjení. Pro Škoda Citigo-e iV se stanovil minimální dosažitelný dojezd 150 km , pro Dacii Spring 130 km . Přestože se kapacity obou baterií liší, doba nabíjení je víceméně shodná.

7 Zpracování dat

Následující kapitola této práce je věnována zpracování dat. Ke zpracování dat byly dodány dva sešity souboru CSV, jeden ze srpna roku 2020, druhý ze srpna 2021. Tyto soubory se skládají z provozních údajů carsharingu Uniqway reálných uživatelů, proto tato data podléhají utajení a nesmějí se zveřejňovat. V této práci budou zveřejněny pouze výsledná zpracovaná data a postupy, které vedly k řešení. Bude se i porovnávat, jak se mezi roky 2020 a 2021 změnilo chování uživatelů.



7.1 Použitý software

K tomu, aby se data mohla zpracovat, bylo zapotřebí software Microsoft PowerBI, ArcGIS Pro, DAX Studio a programovací jazyk Python.

7.1.1 Microsoft Power bi

Microsoft Power BI je platforma business inteligence, která poskytuje uživatelům nástroje pro agregaci, analýzu, vizualizaci a sdílení dat. Uživatelské rozhraní Power BI je pro uživatele znalé aplikace Excel poměrně intuitivní a díky hluboké integraci s dalšími produkty společnosti Microsoft se jedná o velmi všestranný samoobslužný nástroj. Microsoft Power BI slouží k vyhledávání poznatků v datech organizace. Power BI může pomoci propojit různorodé datové sady, transformovat a vyčistit data do datového modelu a vytvářet grafy nebo tabulky, které poskytují vizualizaci dat. To vše lze sdílet s ostatními uživateli Power BI v rámci organizace. [45]

7.1.2 ArcGIS Pro

ArcGIS Pro je nástrojem pro tvorbu a správu dat a databází, pro jejich prostorovou analýzu a pro vizualizaci dat ve 2D i ve 3D. Hlavně je ale nástrojem pro profesionální tvorbu tištěných map, pro které se dají využít pečlivě navržené grafické styly nebo lze vytvářet vizualizace zcela vlastní. [46]

7.1.3 DAX studio

DAX Studio je nástroj pro psaní, provádění a analýzu dotazů DAX v aplikaci Power BI Desktop a Power Pivot pro Excel. Obsahuje prohlížeč objektů, úpravu a provádění dotazů, úpravu vzorců a měření, zvýrazňování a formátování syntaxe, integrované trasování a rozpisy provádění dotazů. Jelikož software PowerBI neumožňuje vyexportování obsáhlých tabulek, je nutné využít tento nástroj. [47]

7.1.4 Python

Python je interpretovaný, objektově orientovaný programovací jazyk vysoké úrovně s dynamickou sémantikou. Jeho vysokoúrovňové datové struktury v kombinaci s dynamickým typováním a dynamickými vazbami jej činí velmi atraktivním pro rychlý vývoj aplikací a také pro použití jako skriptovací nebo spojovací jazyk pro propojení existujících komponent. Jednoduchá a snadno naučitelná syntaxe jazyka Python klade důraz na čitelnost, a tím snižuje náklady na údržbu programu. Python podporuje moduly a balíčky, což podporuje modularitu programu a opakované použití kódu. Interpret jazyka Python a rozsáhlá standardní knihovna



jsou k dispozici ve zdrojové nebo binární podobě zdarma pro všechny hlavní platformy a lze je volně šířit. [48]

7.2 Návrh chování uživatelů z pohledu typické jízdy

Carsharing Uniqway má ve městě spoustu míst, ze kterých lze auto vypůjčit, a následně je tam i vrátit. Pokud by se vzaly v úvahu navrhované nízkoemisní zóny, i auta carsharingu by musela být nízkoemisní. Může nastat situace, kdy auto carsharingu bude umístěno mimo nízkoemisní zónu, uživatel přesto bude chtít vjet do této zóny. Z toho plyne, že všechna vozidla, která by měla za cíl obsloužit městské jízdy, musí být nízkoemisní, tedy poháněná elektřinou.

Na druhou stranu služba sdílených vozidel Uniqway umožňuje se svými vozidly cestovat po celé ČR, a vyjet i do zahraničí. Pro tyto uživatele by bylo vhodnější užití spalovacího vozu vzhledem k možnostem dojezdu a rychlosti doplnění paliva.

7.3 Zpracování dat

Aby bylo možné zjistit optimální rozložení vozidel ve flotile tak, aby byl realizován všechny jízdy, je nutné z dodaných dat zjistit, jak dlouhá je obvyklá městská a mimoměstská trasa, z důvodu zjištění, zda by dojezd elektromobilu umožnil uskutečnit mimoměstské jízdy. Nutné je i zjistit, jestli by bylo možné v průběhu jízdy vůz dobíjet nebo jestli by bylo možné elektrovozy dobíjet mezi výpůjčkami.

Zpracování dat se uskuteční zvlášť pro městské jízdy, z toho důvodu, že uživatelé ve městě mohou různě překračovat nízkoemisní zónu, a pro mimoměstské jízdy.

7.3.1 Postup zpracování dat

Postup zpracování dat začal načtením do PowerBI, ve kterém se smazaly některé nepotřebné sloupce, vymazaly se duplicitní řádky a chybové hodnoty. Následně se přes program DEX Studio tato tabulka vyexportovala do formátu CSV. Z této tabulky jsem vzorci získal počet jízd a délku ujetých kilometrů.

V ArcGIS Pro se musela vytvořit vrstva hranice Prahy, aby se data mohla podél této vrstvy ořezat. K tomu se využil volně přístupný soubor všech obcí ČR, ze které se ořezala vrstva Prahy. [49]

Vyexportovaná tabulka se nahrála do ArcGIS Pro, ve kterém se dle vrstvy Prahy ořezala data na data uvnitř Prahy a vně Prahy. Jednotlivé tabulky se vyexportovaly do formátu CSV.

Vyexportované tabulky z ArcGIS Pro byly nahrány do PowerBI. Jelikož většina jízd začíná a končí v Praze, odečetla se čísla jízd vykonaná mimo Prahu od jízd uvnitř Prahy. Bylo zjištěno, které jízdy byly vykonány uvnitř Prahy a které pokračovaly za Prahu.



Pro zjištění doby stání v rámci jízdy a mezi jízdami se tabulky jízdy v Praze a mimo Prahu exportovaly přes program DEX Studio do formátu CSV. Pro redukce řádků a následné zrychlení výpočtového vzorce se aplikací skriptu v Pythonu, viz příloha 1, získala filtrovaná data. Tabulka se nahrála do PowerBI a aplikoval se na ni volně dostupný výpočtový vzorec, viz příloha 2. [50]



Obr. 25 Schéma postupu [autor]

Jazyk Python a programy PowerBI, DEX Studio a ArcGIS Pro podporují funkce automatizace kroků, tudíž by bylo možné pouze použít tento algoritmus a data by se zpracovala automaticky. Nicméně pro automatizaci je nutné využít buď cloudových služeb, nebo vzdáleného serveru. Jelikož se data zpracovávala na lokálním počítači, nešlo toho dosáhnout.

7.4 Výsledky zpracování

Zpracované výsledky se věnují zvláště délce a počtu tras a zvláště údajům o době strávené stáním v jízdě a mezi jízdami.



7.4.1 Počet a délka ujetých tras

Po zpracování dat následovalo dodatečné odfiltrování tras ve městě kratších než 2 km, které by z důvodu iniciačních jízd z projektu Uniqway zkreslovaly výsledky. Stejně tak se trasy mimo město kratší než 18 km nezapočítávaly, čímž se odfiltrovaly jízdy započaté a skončené mimo území Prahy, protože se nepředpokládá, že by délka jízdy v jiném městě, kde jsou zóny pro odevzdání vozu, byla větší než v Praze průměrně ujetá vzdálenost 18 km.

Výsledkem zpracování dat jsou následující údaje uvedené v tabulce:

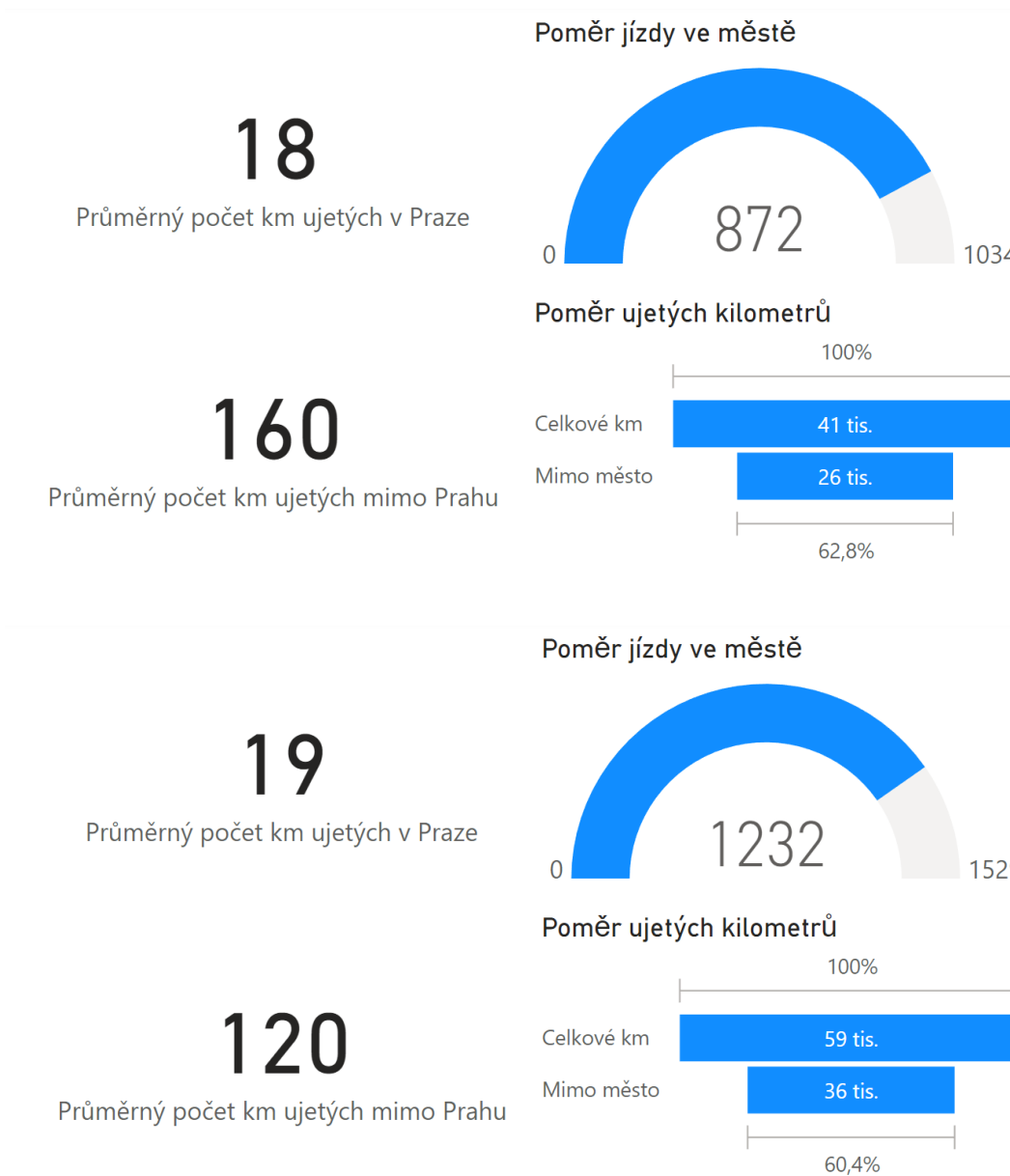
Tabulka 8 Přehled o délce jízd v roce 2020 a 2021 [autor]

	8/2020	8/2021	Změna	Změna v procentech
Celkový počet jízd	1 034	1 529	+495	+48
Počet jízd ve městě	872	1 232	+360	+41
Počet jízd mimo město	162	297	+135	+83
Procentní poměr jízdy ve městě [%]	84	81	-3	-4
Průměrná délka trasy jízdy ve městě [km]	18	19	+1	+6
Průměrná délka trasy jízdy mimo město [km]	160	120	-40	-25
Poměr jízd ve městě do 30 km [%]	85	84	-1	-1
Poměr jízd mimo město do 100 km [%]	61	73	+12	+20

Z výsledků zpracování dat tabulek ze srpna 2020 a 2021 lze zjistit, že počet jízd za srpen 2020 byl 1 034 a za srpen 2021 1 529. Nárůst počtu jízd představuje téměř 50 %, uživatelé si tedy vozy půjčovali častěji. Stejně jako se zvýšil počet celkových jízd, zvýšil se i počet jízd ve městě a jízd mimo město. Ve městě se počet jízd zvýšil o 41 %, mimoměstských jízd dokonce o 81 %. Průměrně ujetá vzdálenost v Praze je za rok 2020 18 km a za rok 2021 19 km. Rozdíl jednoho ujetého kilometru mezi roky ukazuje, že uživatelé využívají auta pro jízdu ve městě téměř stejně. Z grafu ovšem vyplývá, že se změnil poměr jízd 2–10 km a 10–20 km. Zatímco v roce 2020 byl tento poměr 36,5 % a 32,1 %, v roce 2021 byl téměř opačný, 31,0 % a 36,2 %. Z toho plyne, že uživatelé častěji jezdili trasy dlouhé 10–20 km. Poměr ostatních jízd ve městě zůstal téměř shodný.



U jízd mimo město nastala výrazná změna chování uživatelů. V roce 2020 byla průměrně ujetá vzdálenost 160 km, kdežto v roce 2021 jen 120 km. Změnilo se totiž chování zákazníků, kteří častěji jezdili kratší trasy, a naopak méně často delší trasy. Změna je nejvíce patrná u jízd v rozsahu 15–50 km a 50–75 km, kdy v roce 2020 toto procento jízd tvořilo 27,8 % a 24,7 %, v roce 2021 se zvýšilo na 32,7 % a 29,6 %. Mezi lety 2020 a 2021 také klesl podíl jízd o délce 300–500 km a 500 km a více o 3,6 %, respektive 3,8 %.



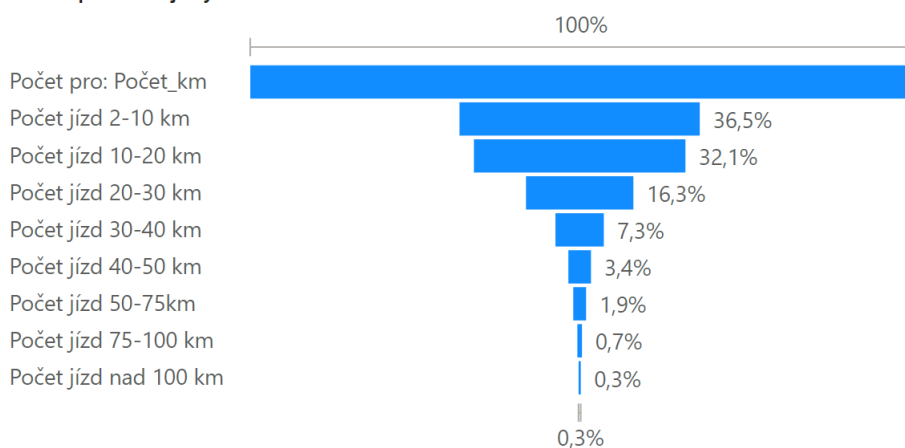
Obr. 26 Údaje na horní grafice jsou z roku 2020, na spodní z roku 2021. [autor]



Celkové jízdy v Praze 2020

Index	Počet jízd	Počet_k m	Průměr z: Počet_km	Medián pro: Počet_km	Standardní odchylka z Počet_km	Maximum pro: Počet_km	Minimum pro: Počet_km
2	1	12	12,00	12	0,00	12	12
3	1	13	13,00	13	0,00	13	13
4	1	7	7,00	7	0,00	7	7
5	1	8	8,00	8	0,00	8	8
6	1	107	107,00	107	0,00	107	107
7	1	15	15,00	15	0,00	15	15
8	1	30	30,00	30	0,00	30	30
9	1	105	105,00	105	0,00	105	105
10	1	9	9,00	9	0,00	9	9
Celkem	872	15407	17,67	13	15,42	183	2

Podíl počtu ujetých km ve městě na celku 2020



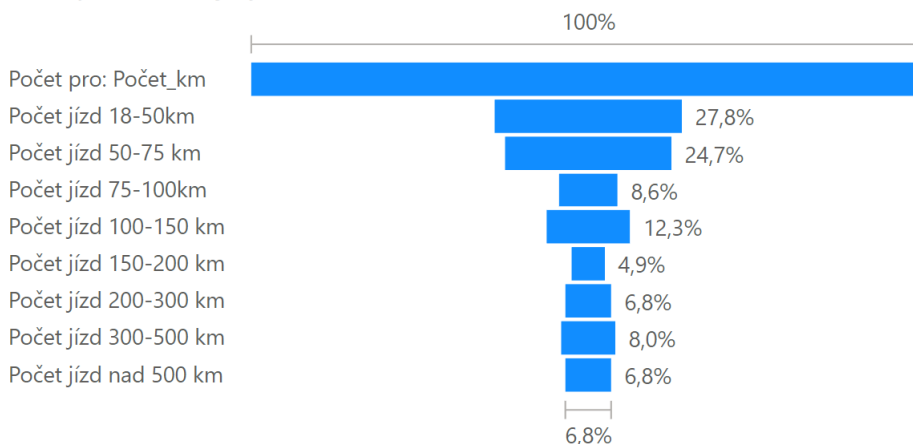
Celkové jízdy mimo Prahu 2020

Index	Počet pro: Cislo_jizdy	Počet_km	Průměr z: Počet_km	Medián pro: Počet_km	Standardní odchylka z Počet_km	Maximum pro: Počet_km	Minimum pro: Počet_km
1	1	67	67,00	67	0,00	67	67
2	1	315	315,00	315	0,00	315	315
3	1	315	315,00	315	0,00	315	315
4	1	369	369,00	369	0,00	369	369
5	1	237	237,00	237	0,00	237	237
6	1	281	281,00	281	0,00	281	281
7	1	103	103,00	103	0,00	103	103
8	1	99	99,00	99	0,00	99	99
9	1	86	86,00	86	0,00	86	86
Celkem	162	25994	160,46	73	213,87	1277	19

Obr. 27 Tabulka nahoře zobrazuje celkové jízdy v Praze v roce 2020, trychtýřový diagram podíl počtu ujetých kilometrů v Praze za rok 2020, spodní tabulka zobrazuje celkové jízdy mimo Prahu. [autor]



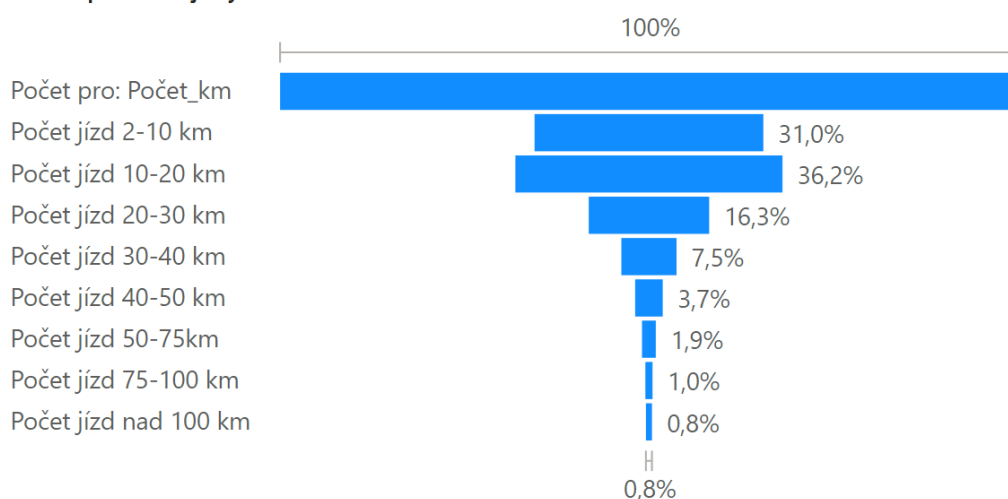
Podíl počtu km ujetých mimo město na celku 2020



Celkové jízdy v Praze 2021

Index	Počet jízd	Počet_km	Průměr z: Počet_km	Medián pro: Počet_km	Standardní odchylka z Počet_km	Maximum pro: Počet_km	Minimum pro: Počet_km
1	1	5	5,00	5	0,00	5	5
2	1	10	10,00	10	0,00	10	10
3	1	6	6,00	6	0,00	6	6
4	1	18	18,00	18	0,00	18	18
5	1	8	8,00	8	0,00	8	8
6	1	4	4,00	4	0,00	4	4
7	1	15	15,00	15	0,00	15	15
8	1	9	9,00	9	0,00	9	9
9	1	4	4,00	4	0,00	4	4
Celkem	1232	23367	18,97	14	17,23	210	2

Podíl počtu ujetých km ve městě na celku 2021



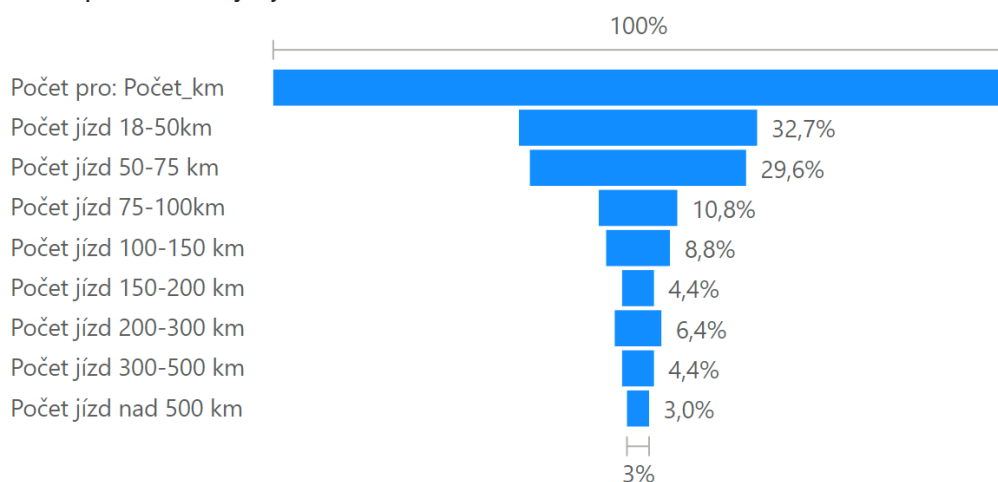
Obr. 28 Trychtýřový diagram nahoře zobrazuje podíl počtu kilometrů ujetých mimo Prahu v roce 2020, tabulka zobrazuje celkové jízdy v Praze v roce 2021, spodní trychtýřový diagram zobrazuje podíl počtu ujetých kilometrů v Praze v roce 2021. [autor]



Celkové jízdy mimo Prahu 2021

Index	Počet jízd	Počet_km	Průměr z: Počet_km	Medián pro: Počet_km	Standardní odchylka z Počet_km	Maximum pro: Počet_km	Minimum pro: Počet_km
1	1	300	300,00	300	0,00	300	300
2	1	347	347,00	347	0,00	347	347
3	1	393	393,00	393	0,00	393	393
5	1	35	35,00	35	0,00	35	35
6	1	218	218,00	218	0,00	218	218
7	1	75	75,00	75	0,00	75	75
8	1	75	75,00	75	0,00	75	75
9	1	56	56,00	56	0,00	56	56
10	1	638	638,00	638	0,00	638	638
Celkem	297	35673	120,11	65	183,79	1625	19

Podíl počtu km ujetých mimo město na celku 2021



Obr. 29 Horní tabulka zobrazuje celkové jízdy mimo Prahu v roce 2021, spodní trychtýřový diagram zobrazuje podíl počtu ujetých kilometrů mimo Prahu v roce 2021. [autor]



7.4.2 Doba stání vozidla v rámci jízdy a mezi jízdami

Zpracování dat času stání jízdy a stání mezi jízdami bylo rozděleno na stání ve městě, mimo město a stání mezi výpůjčkami. Samotným pojmem „stání v rámci jízdy“ se rozumí doba, po kterou byl u vozidla vypnut motor a bylo zamčené. Pojem „stání mezi jízdami“ znamená dobu, po kterou bylo vozidlo zaparkováno mezi ukončením jedné výpůjčky a začátkem druhé. Z důvodu relevantnosti dat se doby stání mezi jízdami delší než 10 000 min do souhrnu nezapočítaly, neboť se mohlo jednat o technický problém vozidla.

Tabulka 9 Přehled o délce stání v roce 2020 a 2021 [autor]

	2020	2021	Změna	Změna v procentech
Průměrná doba stání mezi jízdami [min]	592	630	+38	+6
Průměrná doba stání v jízdě ve městě [min]	47	49	+2	+4
Podíl vozidel, která uskutečnila parkování v rámci jízdy [%]	49	46	-3	-3
Průměrná doba stání v jízdě mimo město [min]	158	127	-31	-20

Z analýzy dat vyplývá, že průměrná doba stání mezi jízdami byla v srpnu 2020 592 min a v srpnu 2021 se zvýšila o 38 min na 620 min. Zajímavé je zjištění, že v 45 % případů v roce 2020 a 49 % případů doba mezi výpůjčkami byla vyšší než šest hodin. Z výsledků plyne, že vozidla jsou relativně málo využívaná, kdy na jedno vozidlo připadají v průměru denně dvě výpůjčky. Mezi roky 2020 a 2021 nedošlo k výrazné změně chování uživatelů a vozidla si půjčují v podobných intervalech.

Z přehledu jízd Tabulka 8 je znám celkový počet jízd ve městě, který činil 872 v roce 2020 a 1 232 v roce 2021. Z těchto jízd pouze v necelé polovině případů došlo na zaparkování vozidla. Ve většině případů jízd ve městě bylo vozidlo půjčeno a vráceno bez parkování. Z těch jízd, ve kterých došlo k parkování, lze zjistit, že vozidlo ve městě v průměru parkovalo v roce 2020 47 min a v roce 2021 49 min. Rozdíl je zde zanedbatelný, dá se říct, že se chování uživatelů mezi lety 2020 a 2021 nezměnilo. V roce 2020 činily doby stání od 1 do 15 min 58 % doby parkování, v roce 2021 57 %. Zde se dá říct, že se uživatelé chovají stále stejně a, jak

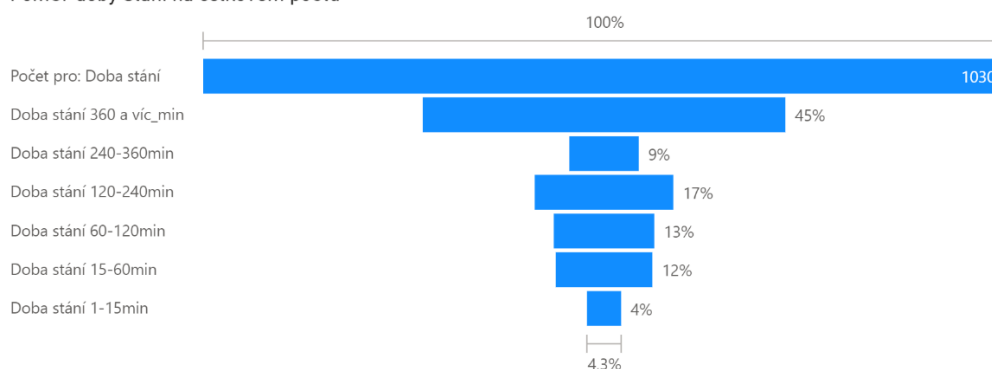


se dá předpokládat, maximálně využívají půjčené auto tak, aby zbytečně neplatili za používání zaparkovaného vozidla.

V případě parkování mimo město byla průměrná doba zastavení v roce 2020 158 min a v roce 2021 127 min. Snížení průměrné doby parkování má na svědomí pravděpodobně zkrácení průměrné délky trasy ujeté mimo město, viz Obr. 29. Nejčastěji vozidlo parkuje v intervalu 1–15 min a 120 min a víc. Tento poměr se mezi lety 2020 a 2021 příliš nezměnil.

Index	Doba stání	Průměr z: Doba stání	Počet pro: Doba stání	Medián pro: Doba stání	Minimum pro: Doba stání	Maximum pro: Doba stání	Standardní odchylka z Doba stání
2	564	564,00	1	564	564	564	0,00
4	96	96,00	1	96	96	96	0,00
10	33	33,00	1	33	33	33	0,00
16	25	25,00	1	25	25	25	0,00
22	19	19,00	1	19	19	19	0,00
24	656	656,00	1	656	656	656	0,00
52	1150	1150,00	1	1150	1150	1150	0,00
54	1404	1404,00	1	1404	1404	1404	0,00
62	34	34,00	1	34	34	34	0,00
70	971	971,00	1	971	971	971	0,00
74	854	854,00	1	854	854	854	0,00
92	1074	1074,00	1	1074	1074	1074	0,00
98	140	140,00	1	140	140	140	0,00
Celkem		591,68	1030	282	1	9166	833,64

Poměr doby stání na celkovém počtu

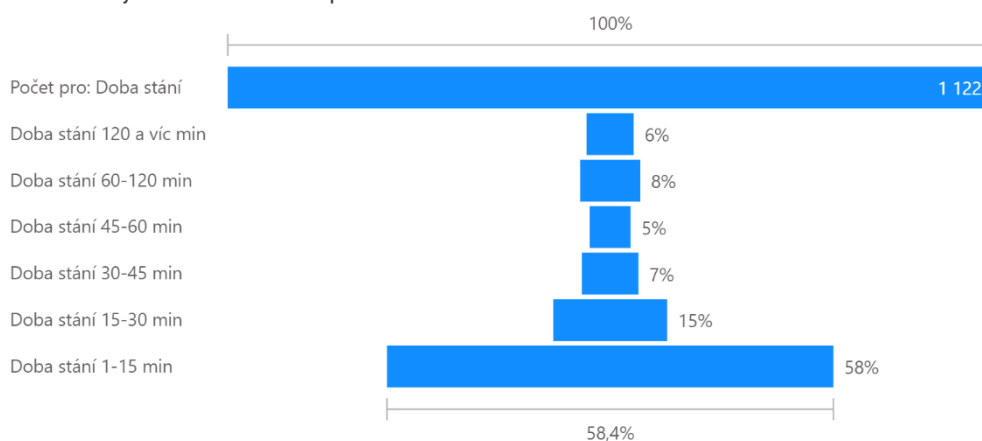


Index	Průměr z: Doba stání	Celkový počet zastavení	Medián pro: Doba stání	Standardní odchylka z Doba stání	Minimum pro: Doba stání	Maximum pro: Doba stání	Počet pro: Císlo_jizdy
2540	4037,00	1	4037	0,00	4037	4037	1
5647	1513,00	1	1513	0,00	1513	1513	1
4963	1210,00	1	1210	0,00	1210	1210	1
4997	1139,00	1	1139	0,00	1139	1139	1
3478	1063,00	1	1063	0,00	1063	1063	1
2548	1028,00	1	1028	0,00	1028	1028	1
2612	1008,00	1	1008	0,00	1008	1008	1
120	843,00	1	843	0,00	843	843	1
550	816,00	1	816	0,00	816	816	1
1080	782,00	1	782	0,00	782	782	1
4543	763,00	1	763	0,00	763	763	1
4719	753,00	1	753	0,00	753	753	1
1178	739,00	1	739	0,00	739	739	1
Celkem	47,24	1122	12	171,64	1	4037	429

Obr. 30 Tabulka nahoře zobrazuje dobu stání mezi výpůjčkami v roce 2020, diagram zobrazuje poměr dob výpůjček, spodní tabulka zobrazuje dobu stání v rámci jízdy ve městě. [autor]

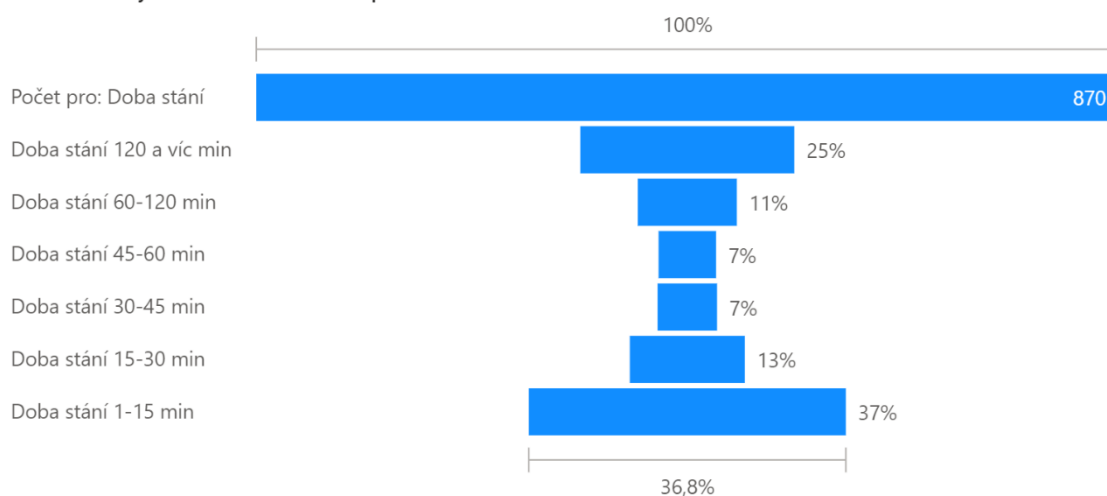


Poměr doby stání na celkovém počtu



Index	Počet pro: Císlo_jizdy	Průměr z: Doba stání	Medián pro: Doba stání	Standardní odchylka z Doba stání	Minimum pro: Doba stání	Maximum pro: Doba stání
6	1	7,00	7	0,00	7	7
8	1	112,00	112	0,00	112	112
12	1	115,00	115	0,00	115	115
14	1	121,00	121	0,00	121	121
76	1	426,00	426	0,00	426	426
78	1	42,00	42	0,00	42	42
80	1	74,00	74	0,00	74	74
82	1	50,00	50	0,00	50	50
84	1	68,00	68	0,00	68	68
86	1	723,00	723	0,00	723	723
88	1	374,00	374	0,00	374	374
Celkem	134	157,80	30	322,65	1	4087

Poměr doby stání na celkovém počtu

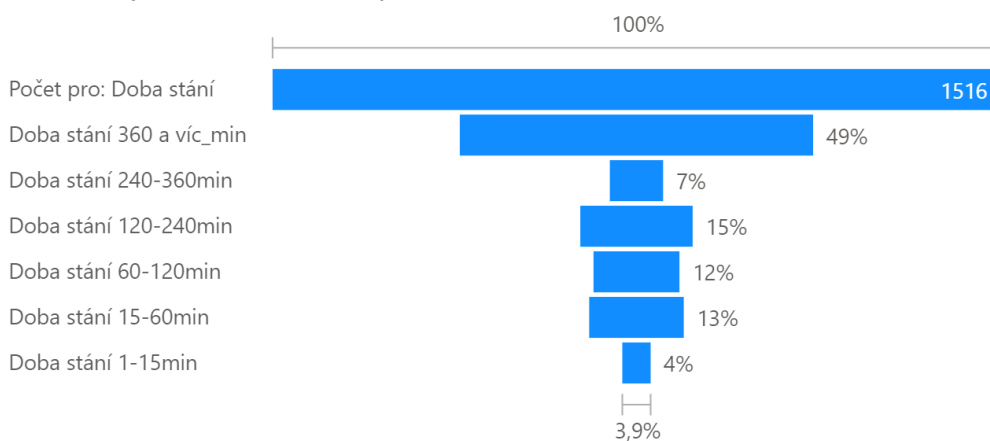


Obr. 31 Trychtýřový diagram nahoře zobrazuje poměr dob stání ve městě v roce 2020, tabulka zobrazuje dobu stání v rámci jízdy mimo Prahu, trychtýřový diagram dole zobrazuje poměr dob stání mimo Prahu v roce 2020. [autor]



Index	Průměr z: Doba stání	Počet pro: Doba stání	Medián pro: Doba stání	Standardní odchylka z Doba stání	Minimum pro: Doba stání	Maximum pro: Doba stání
2	1055,00	1	1055	0,00	1055	1055
4	25,00	1	25	0,00	25	25
8	999,00	1	999	0,00	999	999
10	466,00	1	466	0,00	466	466
24	299,00	1	299	0,00	299	299
30	198,00	1	198	0,00	198	198
34	54,00	1	54	0,00	54	54
38	124,00	1	124	0,00	124	124
42	165,00	1	165	0,00	165	165
44	707,00	1	707	0,00	707	707
Celkem	629,78	1516	335	845,66	1	9487

Počet doby stání na celkovém počtu

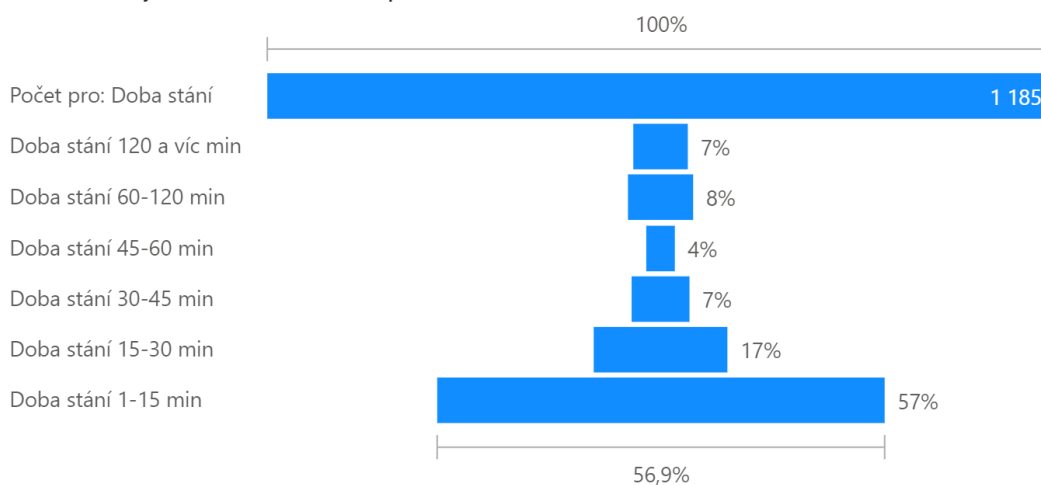


Index	Průměr z: Doba stání	Celkový počet zastavení	Medián pro: Doba stání	Standardní odchylka z Doba stání	Minimum pro: Doba stání	Maximum pro: Doba stání	Počet jízd
6	25,00	1	25	0,00	25	25	1
12	497,00	1	497	0,00	497	497	1
14	19,00	1	19	0,00	19	19	1
16	697,00	1	697	0,00	697	697	1
18	25,00	1	25	0,00	25	25	1
20	582,00	1	582	0,00	582	582	1
22	17,00	1	17	0,00	17	17	1
28	1,00	1	1	0,00	1	1	1
32	5,00	1	5	0,00	5	5	1
36	18,00	1	18	0,00	18	18	1
40	4,00	1	4	0,00	4	4	1
46	39,00	1	39	0,00	39	39	1
Celkem	48,65	1185	12	145,32	1	1569	563

Obr. 32 Tabulka nahoře zobrazuje dobu stání mezi jízdami v roce 2021, trychtýřový diagram zobrazuje poměr dob stání v roce 2021, spodní tabulka zobrazuje doby stání ve městě v roce 2021. [autor]

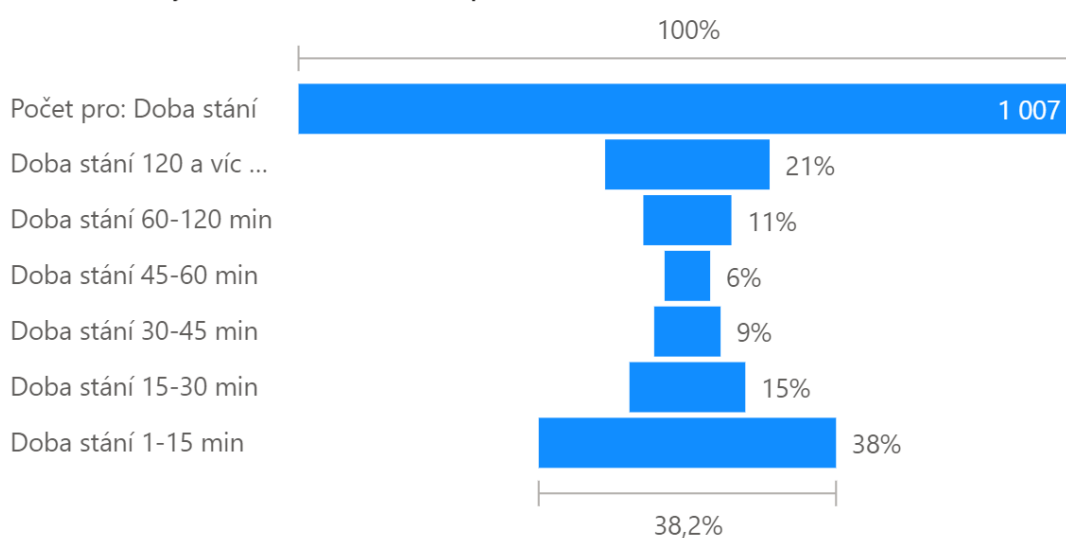


Poměr doby stání na celkovém počtu



Index	Průměr z: Doba stání	Počet pro: Doba stání	Medián pro: Doba stání	Standardní odchylka z Doba stání	Minimum pro: Doba stání	Maximum pro: Doba stání
50	1,00	1	1	0,00	1	1
54	4,00	1	4	0,00	4	4
104	20,00	1	20	0,00	20	20
106	1,00	1	1	0,00	1	1
148	31,00	1	31	0,00	31	31
150	2,00	1	2	0,00	2	2
160	4,00	1	4	0,00	4	4
162	77,00	1	77	0,00	77	77
164	3,00	1	3	0,00	3	3
192	144,00	1	144	0,00	144	144
194	1,00	1	1	0,00	1	1
196	132,00	1	132	0,00	132	132
Celkem	126,88	1007	27	284,60	1	2798

Poměr doby stání na celkovém počtu



Obr. 33 Trychtýřový diagram nahoře zobrazuje poměr doby stání ve městě v roce 2021, tabulka zobrazuje doby stání mimo Prahu v roce 2021, trychtýřový diagram zobrazuje podíl dob stání v roce 2021. [autor]



7.5 Souhrn

Z analýzy jízdých dat uživatelů služby Uniqway se dá říct, že většina jízd probíhá ve městě a jen malá část mimo město. Tento poměr jízd se mezi roky 2020 a 2021 výrazně nezměnil. Oproti roku 2020 se v roce 2021 snížila průměrně ujetá vzdálenost o 40 kilometrů z toho důvodu, že vzrostl počet kratších jízd uskutečněných mimo Prahu.

V rámci půjčky uživatelé s vozidlem, zejména ve městě, moc neparkují. Při více než polovině jízd ve městě uživatelé s vozidlem vůbec nezaparkovali, a ti, co tak učinili, ve většině případů byla tato doba menší než 15 min. U výpůjček mimo město uživatelé nejčastěji odstavovali vozidlo do 15 min a na více než 120 min. Doba mezi výpůjčkami se pohybovala kolem deseti hodin. Mezi lety 2020 a 2021 nedošlo v rámci parkování ke změně chování. Průměrná doba mezi výpůjčkami, doba parkování ve městě i mimo něj byly velmi podobné, poměrově se téměř nezměnily.

7.6 Stanovení poměru elektromobilů ve flotile Uniqway

V kapitole 6.6 se pro elektromobil Škoda Citigo-e iV dojezd 150 km, pro Dacii Spring 130 km. Doba nabíjení u Citigo-e iV střídavým proudem je 5 hod 30 min, na DC nabíjecí stanici 48 min. U Dacie Spring trvá AC nabíjení 5 hod a DC 41 min. S pomalým nabíjením úrovně 1 se u obou elektromobilů nebude počítat.

Z analýzy jízdých dat z jízd ve městě vyplývá, že pokud se nebude počítat 1 % jízd, ve kterých se ujelo více než 100 km, dojezd elektromobilů Citigo-e iV i Spring bude dostačovat na 99 % jízd. U mimoměstských jízd se bude počítat s nejnižším poměrem jízd uskutečněným za rok 2020 a 2021. Citigo-e iV by bylo schopno s dojezdem 150 km zajistit 73,5 % jízd, Spring s dojezdem 130 km 68,5 % jízd, viz Obr. 34. Vzhledem k tomu, že se v roce 2020 mimoměstské jízdy podílely 16 %, v roce 2021 19 % na počtu jízd, bude se počítat s větším poměrem jízd.

Celkový poměr elektromobilů se vypočítá vynásobením poměru jízd ve městě s uskutečnitelnými jízdami a sečtením s poměrem jízd mimo město vynásobeného s uskutečnitelnými jízdami mimo město.

$$\begin{aligned} & \text{Poměr jízd ve městě} \cdot \text{uskutečnitelné jízdy ve městě} + \text{poměr jízd mimo město} \\ & \cdot \text{uskutečnitelné jízdy mimo město} = \text{poměr elektromobilů ve flotile} \end{aligned}$$

(2)

Dosažením do rovnice (2) se zjistí, že Citigo-e iV je schopno obsloužit 94 % jízd a na zbylých 6 % by bylo nutné použít spalovací vozidlo. Škoda Citigo-e iV by ve vozovém parku mohla být zastoupena v 94 %.



Dacia Spring je schopna obsloužit 93 % jízd. Nutné je ale zmínit, že svými výkonovými parametry se na jízdy mimo město příliš nehodí, tím spíš pokud by byla plně zatížena. Proto pokud by se předpokládalo, že bude určena pouze pro jízdy ve městě, byla by schopna obsloužit 80 % jízd. Na zbylých 20 % jízd by bylo nutné použít spalovací vozidlo. Dacia Spring by dle toho byla ve vozovém parku zastoupena 80 %.

Kromě dojezdu je třeba u elektromobilů počítat i s dobíjením, neboť trvá výrazně déle než tankování paliva. Na základě jízdních dat se dá říct, že uživatelé vozidla využívají tak, že je nejde v rámci výpůjčky nabít. Platí to zejména pro jízdy po městě, kde ve většině jízd ani nedošlo k přerušení jízdy parkováním. U těch jízd, kde uživatel vozidlo zaparkoval, trvalo parkování ve více než 50 % případů dobu kratší než 15 min. Za takovou dobu by se baterie nestačila dobít, čili by i postrádalo smysl vozidlo na nabíjecí stanici připojovat. Uživatelé jezdící mimo město už mají větší šanci auto dobít, což je pravděpodobně dáno tím, že si vozidlo půjčují na delší dobu a taky parkují s vozidlem déle.

Ideální doba, kdy by se měl elektromobil dobíjet, by měla být mezi jízdami, jelikož poměr dob mezi výpůjčkami trvající více než 6 hod byl 45, respektive 49 % v roce 2021. Za tuto dobu by se baterie s 10 % kapacity bezpečně dobila na 80 % u obou zmiňovaných elektromobilů při připojení na nabíjecí stanici úrovně 2.

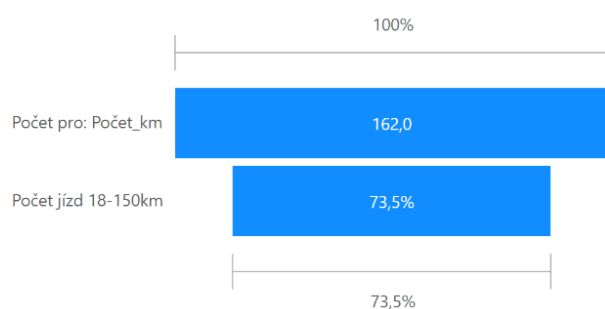
Pokud by byla k dispozici rychlonabíjecí stanice, se kterou nabíjení elektromobilů trvá 41–48 min, a jestliže poměr dob mezi výpůjčkami trvající více než 60 min byl 84 % v roce 2020 a 83 % mezi jízdami, bylo by vozidlo ve valné většině případů dostatečně nabito na další jízdu. Pokud se vezme v úvahu, že by Škoda Citigo-e iV měla obsluhovat i mimoměstské jízdy do vzdálenosti 150 km, musela by se vozidla nabíjet po každé jízdě z toho důvodu, že nelze předpovědět, jak dlouhá by byla následující jízda, jestli by byla městská, nebo mimoměstská. Přes 80 % jízd ve městě se ujede vzdálenost menší než 30 km, těch by Škoda Citigo-e iV byla schopna ujet pět. Po 30km jízdě se očekává dojezd 120 km. V případě mimoměstských jízd se nejčastěji jezdí tratě do 100 km. Takovou jízdu by absolvovala pouze jednu, s tím že by byl očekávaný dojezd 50 km.

U Dacie Spring by se předpokládalo, že bude určena pouze pro městské jízdy. Jelikož v roce 2020 bylo 85 % jízd do 30 km, v roce 2021 84 %, dá se říct, že by vozidlo zvládlo ujet čtyři jízdy 30km jízdy a že by se vozidlo mělo nabíjet právě každou čtvrtou jízdu. Po 30km jízdě by dojezd činil 100 km.

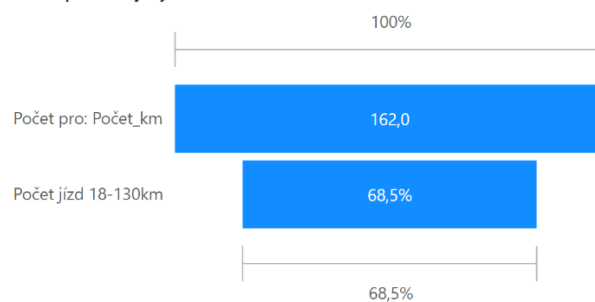
Problémem je ale infrastruktura, jelikož v současné době není na většině parkovacích zón, kde se dá vozidlo Uniqway půjčit či vrátit, nabíjecí stanice. Tudíž v současné době by se vozový park nedal elektrifikovat. Řešením by mohla být modernizace veřejného osvětlení s integrovaným nabíjením pro elektromobily, které postupně instaluje PRE. [51] [52]



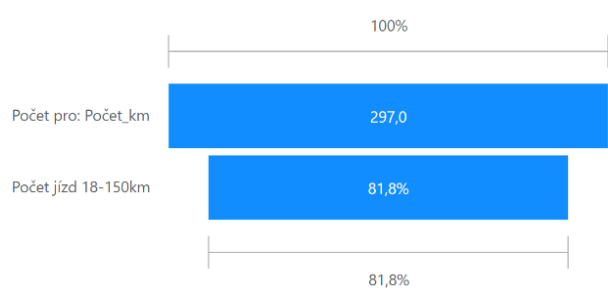
Podíl počtu ujetých 18-150 km na celku 2020



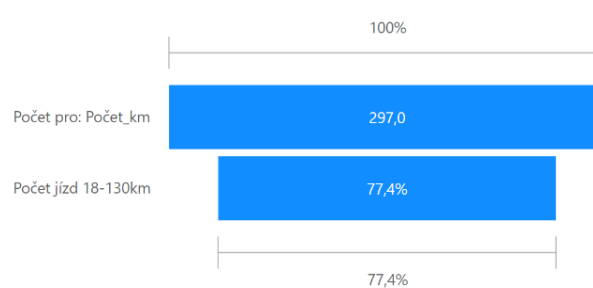
Podíl počtu ujetých 18-130 km na celku 2020



Podíl počtu ujetých 18-150 km na celku 2021



Podíl počtu ujetých 18-130 km na celku 2021



Obr. 34 Na trychtýřových diagramech vlevo je vidět poměr počtu jízd 18–150 km v roce 2020 a 2021, vpravo poměr počtu jízd 18–130 km v roce 2020 a 2021. [autor]



8 Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat aspekty proudění vzduchu ve městě s následným porovnáním míst s nižším rozptylem látek s navrhovanou nízkoemisní zónou. V další části se analyzovaly reálné jízdy uživatelů z pohledu typického užívání a stanovoval se na základě nich ideální poměr elektromobilů ve vozovém parku carsharingu Uniqway.

Na začátku práce se uvedlo, na základě jakých aspektů pravděpodobně vznikají nízkoemisní zóny a uvedly se škodlivé látky, které se v ovzduší vyhodnocují. Navrhovaná nízkoemisní zóna byla vytyčena v místech, kde je problém s překračováním doporučených imisních limitů. Poté se provedla analýza proudění vzduchu kolem budov. Zjistilo se, že mají významný vliv na rozptyl škodlivých látek ve vzduchu, tudíž se na základě zastavěnosti území navrhla nízkoemisní zóna. Tato zóna se porovnála s již navrženou nízkoemisní zónou a dospělo se k názoru, že jsou téměř shodné. Další část práce byla věnována projektu carsharingu Uniqway a elektromobilům. Zjistilo se, že největší výzvou jsou baterie, které poskytují omezený dojezd a nabíjení. Na základě reálných dat uživatelů se zpracovaly dvě tabulky dat, které se dále rozdělily na délku jízd a délku parkování vozidel. Zjistilo se, že uživatelé si vozidla půjčují nejčastěji na jízdy po městě a vozidla využívají tak, že s nimi, až na mimoměstské jízdy, téměř neparkují. Naopak doba, po kterou vozidlo stojí nevyužíváno, je poměrně dlouhá. Na základě informací o dojezdu elektromobilů se určilo v případě Škody Citigo-e iV optimální rozložení ve flotile na úrovni 94 %, pro Dacii Spring vyšlo rozložení 80 %. Škodu Citigo-e iV bylo nutné dobíjet po každé jízdě, kdežto Dacii Spring po každé čtvrté. Jelikož ale není v Praze na všech místech možnost nabíjení alespoň úrovně 2, nelze v současné době flotilu vozidel elektrifikovat.

Výsledkem této práce je analýza dat a určení skupiny uživatelů. Informace, jak zpracovávat dat a zjistit výsledné optimální rozložení elektrických vozidel ve flotile vozového parku, můžou využít nejen carsharingové společnosti, ale i jiné firmy disponující svým vlastním vozovým parkem.



9 Zdroje

- [1] První český univerzitní carsharing Uniqway [online]. *In: .* 2022 [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: <https://uniqway.cz>
- [2] Nařízení č. 16/2010 Sb. hl. m. Prahy [online]. Praha, 2010 [cit. 2022-07-13]. Dostupné z: https://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/vyhlasiky_a_narizeni/vyhledavani_v_pravnich_predpis ech/rok_2010-vyhlasika_cislo_16_ze_dne_16_11_2010.html
- [3] *Nízkoemisní zóny [online]. Praha, 2014 [cit. 2022-07-11]. Dostupné z: https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/automobilova/nizkoemisni_zony_1/index.html*
- [4] Klíma a bioklíma Bratislavy. Bratislava: Veda, 1979.
- [5] *HAVEL, Milan, Petr VÁLEK a Jindřich PETRLÍK. Polétavý prach - PM [online]. 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/poletavy-prach-pm*
- [6] *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2021. ISBN 978-80-7653-024-9.*
- [7] Benzoapyren [online]. 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/benzoapyren>
- [8] *HAVEL, Milan, Petr VÁLEK a Vít VEBR. Oxidy dusíku [online]. 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/oxidy-dusiku*
- [9] *Přízemní ozon O3 [online]. [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: https://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/slovnicek-pojmu/20cs-prizemni-ozon-o3*
- [10] *HOGAN, John a J. SHRADER. BENZOL POISONING. American Journal of Public Health [online]. 1923, 13(4), 279-282 [cit. 2022-06-26]. ISSN 0271-4353. Dostupné z: doi:10.2105/AJPH.13.4.279*
- [11] *PETRLÍK, Jindřich a Petr VÁLEK. Benzen [online]. 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/benzen*
- [12] *Emission Standards Europe: Cars and Light Trucks [online]. [cit. 2022-07-11]. Dostupné z: https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php*
- [13] *Návrh parametrů nízkoemisní zóny v Praze. Praha, 2014. Dostupné také z: https://www.praha.eu/public/c9/ec/d1/1885865_574162_Navrh_parametru_NEZ.pdf*
- [14] *První kvartál roku 2022 potvrdil další stárnutí vozového parku v ČR [online]. 2022 [cit. 2022-07-11]. Dostupné z: https://portal.sda-cia.cz/clanek.php?id=6892&v=m*



- [15] *Beech Street Zero Emissions Scheme [online]*. Londýn, 2022 [cit. 2022-07-11]. Dostupné z: <https://www.cityoflondon.gov.uk/services/streets/traffic-schemes-and-proposals/beechee-street>
- [16] *Ekologická zóna Berlín [online]*. [cit. 2022-07-11]. Dostupné z: <https://www.green-zones.eu/cs/environmentalni-zony/nemecko/berlin>
- [17] *Imisní model ATEM [online]*. 2015 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: <https://www.atem.cz/atem.php>
- [18] *Imise - model polétavých koncentrací [online]*. 2019 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: https://gs-pub.praha.eu/arcgis/rest/services/ovz/imise_model_polekoncentraci/MapServer
- [19] BIELEK, Milan, Mirko TAJMÍR a Peter ČERNÍK. *Aerodynamika budov. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1990. ISBN 80-05-00632-2.*
- [20] GANDEMER, J. a A. GUYOT. *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti: guide méthodologique et conseils pratiques. Ministère de l'équipement, Direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme: diffusion, La documentation française, 1976.*
- [21] NEWBERRY, Cyril W. a K. J. EATON. *Wind loading handbook. London: H.M.S.O., 1974. Building Research Establishment report. ISBN 978-0116705297.*
- [22] WISE, A. F. E. *Effects due to groups of buildings. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences [online]*. 1971, **269**(1199), 469-485 [cit. 2022-07-13]. ISSN 0080-4614. Dostupné z: [doi:10.1098/rsta.1971.0045](https://doi.org/10.1098/rsta.1971.0045)
- [23] PRETEL, Jan a Martin STŘÍŽ. *Mapa bonity klimatu hl. m. Prahy aktualizace 2008. Praha, 2008.*
- [24] *Elektronický meteorologický slovník: Bonitace klimatologická [online]*. [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/309>
- [25] *Mapa bonity [online]*. 2008 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: https://gs-pub.praha.eu/arcgis/rest/services/ovz/klima_bonita/MapServer
- [26] HARMS, Sylvia a Bernard TRUFFER. *The Emergence of a Nation-wide Carsharing Co-operative in Switzerland. 1998.*
- [27] *Carsharing Anytime. In: Proč Anytime [online]*. 2022 [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: <https://anytimecar.cz/#how-section>
- [28] *Všeobecné obchodní podmínky k poskytování služby car-sharing Uniqway. Praha, 2022. Dostupné také z: https://uniqway.cz/legal/vop/uniqway_vop_cs.pdf*



- [29] BERG, Helena. *Batteries for electric vehicles: materials and electrochemistry*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2015. ISBN 9781107085930.
- [30] XIONG, Rui a Weixiang SHEN. *Advanced battery management technologies for electric vehicles*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2018. ISBN 9781119481645.
- [31] *Everything you should know about electric vehicle charging* [online]. [cit. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://evbox.com/en/ev-charging-guide>
- [32] *What can 6,000 electric vehicles tell us about EV battery health?: Geotab* [online]. 2020 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: <https://www.geotab.com/blog/ev-battery-health/>
- [33] ŠKODA CITIGOE iV CENÍK [online]. 2019 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20190923071756/https://az749841.vo.msecnd.net/sitescscz/alv1/a5fb0156-5ff9-404e-8d7f-5441be7d8344/citigoe-iv-cenik.af6bf18922f354276e5088a44870ea9f.pdf>
- [34] DACIA SPRING ceník [online]. In: . 2022 [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://cdn.group.renault.com/dac/cz/pdf/pricelists/spring-price.pdf.asset.pdf/a559ed164a.pdf>
- [35] *Elektroauto-Batterie: Lebensdauer, Garantie, Reparatur* [online]. 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-batterie/>
- [36] *Škoda Citigo včetně elektrické verze definitivně končí. S nástupcem se nepočítá* [online]. 2020 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/skoda-citigo-vcetne-elektricke-verze-definitivne-konci-s-nastupcem-se-nepocita-135876>
- [37] *Škoda Citigoe iV oficiálně: První elektrická škodovka slibuje sportovního ducha* [online]. 2019 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/skoda-citigoe-iv-oficialne-prvni-elektricka-skodovka-slibuje-sportovniho-ducha-129346>
- [38] *Spritmonitor.de - MPG and Cost Calculator and Tracker* [online]. 2022 [cit. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://www.spritmonitor.de/en/>
- [39] *Stromverbrauch: Skoda - Citigo*. In: *Sprit monitor* [online]. Německo [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: <https://www.spritmonitor.de/de/uebersicht/45-Skoda/1289-Citigo.html?fueltype=5&powerunit=2>
- [40] *Fully Charged teams up with EV Database to 'Get Real' about range* [online]. 2020 [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: <https://fullycharged.show/blog/fully-charged-teams-up-with-ev-database-to-get-real-about-range/>
- [41] *Volkswagen e-Up! price and specifications* [online]. [cit. 2022-07-04]. Dostupné z: <https://ev-database.org/car/1650/Volkswagen-e-Up>



- [42] *TEST Dacia Spring – Do firmy možná, pro rodinu určitě ne* [online]. 2022 [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/test-dacia-spring-do-firmy-mozna-pro-rodinu-urcite-ne-142112>
- [43] *Stromverbrauch: Dacia - Spring* [online]. 2022 [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://www.spritmonitor.de/de/uebersicht/113-Dacia/1958-Spring.html?fueltype=5&powerunit=2>
- [44] *Dacia Spring Electric price and specifications* [online]. 2022 [cit. 2022-07-05]. Dostupné z: <https://ev-database.org/car/1319/Dacia-Spring-Electric>
- [45] *DEFINITION Microsoft Power BI* [online]. [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchcontentmanagement/definition/Microsoft-Power-BI>
- [46] *ArcGIS Pro – základ systému ArcGIS* [online]. [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/desktopovy-gis/arcgis-pro>
- [47] *DAX Studio* [online]. [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://www.sqlbi.com/tools/dax-studio/>
- [48] *What is Python? Executive Summary* [online]. [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>
- [49] *ArcČR 4.0 - přehled* [online]. Praha, 2021 [cit. 2022-07-08]. Dostupné z: <https://arcdata.maps.arcgis.com/home/item.html?id=7998d527e477478aaf2771813d2a3576>
- [50] *Time Difference between two timestamps in same column DAX* [online]. 2020 [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://stackoverflow.com/questions/64476847/time-difference-between-two-timestamps-in-same-column-dax>
- [51] *Dobíjecí stanice a návody* [online]. 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/dobijeni-na-prepoint/dobijeci-stanice-a-navody/>
- [52] *DOBÍJECÍ STANICE PRE* [online]. 2022 [cit. 2022-07-10]. Dostupné z: <https://chargepre.smatrics.com/cs/>



10 Seznam obrázků a tabulek

10.1 Seznam obrázků

Obr. 1 Návrh nízkoe emisní zóny v Praze [13].....	18
Obr. 2 Nahoře imisní mapa suspendovaných prachových částic PM ₁₀ , dole suspendovaných prachových částic PM _{2,5} [18].....	20
Obr. 3 Nahoře imisní mapa benzo(a)pyrenu, dole oxidu dusičného [18]	21
Obr. 4 Nahoře imisní mapa přízemního ozónu, dole benzenu [18].....	22
Obr. 5 S přibývajícím výškou budovy vzrůstá efekt penetrace proudu. [19].....	24
Obr. 6 Redukce efektu penetrace proudu rozdělením toku proudu [19]	24
Obr. 7 Schéma horizontálního gradientu vzniku efektu rohu [19]	25
Obr. 8 Redukce efektu proudu ohrazením přízemním podstavcem [19].....	25
Obr. 10 Redukce účinku efektu stopy zpětného proudu vegetací v aerodynamickém stínu budovy [19]...	26
Obr. 9 Vznik efektu stopy zpětného proudu u budovy deskového typu [19].....	26
Obr. 11 Tvorba víru ve spodní části návětrné strany budovy [19].....	26
Obr. 12 Redukce účinku efektu zpětného proudu zahuštěním zástavby [19].....	26
Obr. 13 Vznik kritické zóny [19].....	27
Obr. 14 Redukce účinku efektu tyče kolnými dispozičními hmotami situovanými kolmo na tyčovou budovu [19]	27
Obr. 15 Základní schéma Venturiho efektu. [19]	28
Obr. 16 Redukce účinku Venturiho efektu snížením délky ramen [19]	28
Obr. 17 Základní schéma efektu vyrovnání tlaku [19]	29
Obr. 18 Vznik efektu chodby, 1 – kompaktní zástavba, 2 – nekompaktní zástavba [19]	30
Obr. 19 Základní schéma efektu otevřeného mnohostěnu [19]	30
Obr. 20 Všeobecné schéma efektu pyramidy [19]	31
Obr. 21 Vliv vysoké budovy na proudění větru v nízké zástavbě, 1 – frontální proud, 2 – rohové proudění, 4 – nadstřešní proudění [19]	32



Obr. 22 Mapa bonity klimatu – zastavěnost územ, upraveno z [25]	33
Obr. 23 Porovnání navrhnuté zóny (červená linka) a nerealizované zóny Prahou, upraveno z [13]	34
Obr. 24 Grafika popisující využití kapacity baterie. A – horní ochranná kapacita baterie, D spodní ochranná kapacita baterie, B a C – využitelná část. [32].....	39
Obr. 25 Schéma postupu [autor].....	46
Obr. 26 Údaje na horní grafice jsou z roku 2020, na spodní z roku 2021. [autor].....	48
Obr. 27 Tabulka nahoře zobrazuje celkové jízdy v Praze v roce 2020, trychtýřový diagram podíl počtu ujetých kilometrů v Praze za rok 2020, spodní tabulka zobrazuje celkové jízdy mimo Prahu. [autor]	49
Obr. 28 Trychtýřový diagram nahoře zobrazuje podíl počtu kilometrů ujetých mimo Prahu v roce 2020, tabulka zobrazuje celkové jízdy v Praze v roce 2021, spodní trychtýřový diagram zobrazuje podíl počtu ujetých kilometrů v Praze v roce 2021. [autor].....	50
Obr. 29 Horní tabulka zobrazuje celkové jízdy mimo Prahu v roce 2021, spodní trychtýřový diagram zobrazuje podíl počtu ujetých kilometrů mimo Prahu v roce 2021. [autor].....	51
Obr. 30 Tabulka nahoře zobrazuje dobu stání mezi výpůjčkami v roce 2020, diagram zobrazuje poměr dob výpůjček, spodní tabulka zobrazuje dobu stání v rámci jízdy ve městě. [autor]	53
Obr. 31 Trychtýřový diagram nahoře zobrazuje poměr dob stání ve městě v roce 2020, tabulka zobrazuje dobu stání v rámci jízdy mimo Prahu, trychtýřový diagram dole zobrazuje poměr dob stání mimo Prahu v roce 2020. [autor].....	54
Obr. 32 Tabulka nahoře zobrazuje dobu stání mezi jízdami v roce 2021, trychtýřový diagram zobrazuje poměr dob stání v roce 2021, spodní tabulka zobrazuje doby sání ve městě v roce 2021. [autor]	55
Obr. 33 Trychtýřový diagram nahoře zobrazuje poměr doby stání ve městě v roce 2021, tabulka zobrazuje doby stání mimo Prahu v roce 2021, trychtýřový diagram zobrazuje podíl dob stání v roce 2021. [autor] .	56
Obr. 34 Na trychtýřových diagramech vlevo je vidět poměr počtu jízd 18–150 km v roce 2020 a 2021, vpravo poměr počtu jízd 18–130 km v roce 2020 a 2021. [autor].....	59



10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Imisní limity a doporučení WHO pro látky znečišťující ovzduší [6]	17
Tabulka 2 Spotřeba a počet záznamů Škoda Citigo-e iV [39]	41
Tabulka 3 Údaj o reálném rozsahu v několika situacích. Chladné počasí: nejhorší případ" založený na -10 °C a použití topení. Mírné počasí: „nejlepší případ“ založený na 23 °C a nepoužívání klimatizace. Pro údaje „dálnice“ se předpokládá konstantní rychlost 110 km/hod. Skutečný dojezd závisí na rychlosti, stylu jízdy, počasí a podmínkách na trase. [41].....	41
Tabulka 4 Škoda Citigo-e iV a údaje o nabíjení [41].....	42
Tabulka 5 Počet záznamů a spotřeba Dacia Spring [43]	42
Tabulka 6 Údaj o reálném rozsahu v několika situacích. Chladné počasí: nejhorší případ" založený na -10 °C a použití topení. Mírné počasí: „nejlepší případ“ založený na 23 °C a nepoužívání klimatizace. Pro údaje „dálnice“ se předpokládá konstantní rychlost 110 km/hod. Skutečný dojezd závisí na rychlosti, stylu jízdy, počasí a podmínkách na trase. [44].....	43
Tabulka 7 Dacia Spring a nabíjení [44].....	43
Tabulka 8 Přehled o délce jízd v roce 2020 a 2021 [autor]	47
Tabulka 9 Přehled o délce stání v roce 2020 a 2021 [autor].....	52



11 Příloha 1

```
import pandas as pd
import numpy as np

df=pd.read_csv('Jízdy_stání_3.csv', sep=';')

df_moved = df.copy()
df_moved.loc[-1] = [-1, '2021-07-31T22:10:03.000', False, -1, -1]
df_moved.index = df_moved.index + 1
df_moved.sort_index(inplace=True)
df_moved.drop(df_moved.tail(1).index,inplace=True)
def filter(idx, locked, locked_before):
    if idx == 0:
        return True

    return True if locked_before != locked else False

series_filter = np.vectorize(filter)(df.index, df["Zamceno"], df_moved["Zamceno"])
df[series_filter]
df[series_filter].to_csv("Jizdy_stani_3_py.csv", sep=";")
```



12 Příloha 2

Doba stání =

```
VAR current_action_type = MIN(Jizdy_stani_c_py[Zamceno])
VAR current_row_index = MIN(Jizdy_stani_c_py[Index])
VAR current_row_comment_date_time = MIN(Jizdy_stani_c_py[Cas_jizdy])

VAR previous_row_action_type =
CALCULATE(
    MAX(Jizdy_stani_c_py[Zamceno]),
    FILTER(
        ALL(Jizdy_stani_c_py),
        Jizdy_stani_c_py[Index] = current_row_index - 1
    )
)

VAR previous_max_user_comment_index =
CALCULATE(
    MAX(Jizdy_stani_c_py[Index]),
    FILTER(
        ALL(Jizdy_stani_c_py),
        Jizdy_stani_c_py[Index] < current_row_index
        && Jizdy_stani_c_py[Zamceno] = "NEPRAVDA"
    )
)

VAR previous_dealer_comment_index =
CALCULATE(
    MIN(Jizdy_stani_c_py[Index]),
    FILTER(
        ALL(Jizdy_stani_c_py),
        Jizdy_stani_c_py[Index] > previous_max_user_comment_index
        && Jizdy_stani_c_py[Zamceno] = "PRAVDA"
    )
)

VAR previous_dealer_comment_date_time =
CALCULATE(
    MIN(Jizdy_stani_c_py[Cas_jizdy]),
    FILTER(
        ALL(Jizdy_stani_c_py),
        Jizdy_stani_c_py[Index] = previous_dealer_comment_index
    )
)

RETURN
IF(
    current_action_type <> "NEPRAVDA" || previous_row_action_type = current_action_type,
    "",
    DATEDIFF(previous_dealer_comment_date_time, current_row_comment_date_time, MINUTE)
)
```