

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Tereza NÝDECKÁ

**Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě
Olomouc-Velkomoravská**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.

Olomouc 2018

Bibliografický záznam

- Autor (osobní číslo):** Tereza Nýdecká (R15392)
- Studijní obor:** Regionální geografie
- Název práce:** Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská
- Title of thesis:** Assessment of traffic intensity and air pollution levels at the site Olomouc-Velkomoravská
- Vedoucí práce:** RNDr. Martin Jurek, Ph.D.
- Rozsah práce:** 52 stran, 1 volná příloha na CD-ROM
- Klíčová slova:** intenzita dopravy, ulice Velkomoravská, imise, koncentrace škodlivin, Olomouc
- Keywords:** traffic intensity, air pollution, Velkomoravská, Olomouc
- Abstrakt:** Bakalářská práce se zabývá hodnocením intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská. Hlavním cílem této práce je vyhodnocení celkové dynamiky intenzity dopravy a jejího vlivu na koncentrace prašného aerosolu v ovzduší. Je hodnocen denní chod intenzity dopravy a koncentrací prašného aerosolu v hodinových intervalech a s přihlédnutím ke dni v týdnu za období let 2014–2017.
- Abstract:** Bachelor thesis deals with the assessment of traffic intensity and air pollution levels at the measurement site Olomouc-Velkomoravská. The main goal of this thesis is to assess the overall dynamics of traffic intensity and its impact on concentrations of particulate matter in the air. The thesis analyses the daily patterns of traffic intensity and particulate matter concentrations in hourly intervals and regarding the day of week, for the period of the years 2014–2017.

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Martina Jurka, Ph.D. a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne 26. dubna 2017

podpis

Mé poděkování patří RNDr. Martinu Jurkovi, PhD. za odborné vedení, cenné rady a vstřícnost v průběhu zpracování této bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat Ing. Jitce Pudelové z Odboru životního prostředí Magistrátu města Olomouce za poskytnutí dat k této bakalářské práci od společnosti ENVItech Bohemia.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza NÝDECKÁ**
Osobní číslo: **R15392**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Regionální geografie**
Název tématu: **Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě
Olomouc-Velkomoravská**
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

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

Cílem bakalářské práce je zhodnotit celkovou dynamiku intenzity dopravy a její možnou vazbu na úroveň znečištění ovzduší v prostoru měřicí stanice kvality ovzduší dopravního typu v lokalitě Olomouc-Velkomoravská. Budou využita data městského monitoringu kvality ovzduší a automatického sledování dopravní zátěže čtyřproudové komunikace v prostoru mezi řekou Moravou a křižovatkou ulic Velkomoravská a Rooseveltova.

Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**

Rozsah pracovní zprávy: **5 000 - 8 000 slov**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Bartoš, L., Martolos, J. (2012) Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích: TP 189. Plzeň: EDIP.

Braniš, M., Hůnová, I. et al. (2009) Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Praha: Karolinum.

Henelová, V. ed. (2013) Příručka ochrany kvality ovzduší. Praha: IREAS - Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor.

Huzlík, J., Pospíšil, J., Jedlička, J. (2015) Stanovení příspěvku dopravy k znečištění ovzduší v malých sídlech: metodika uplatnění výsledků výzkumu. Brno: Centrum dopravního výzkumu.

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Martin Jurek, Ph.D.**

Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: **30. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2018**

L.S.

prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Marián Halás, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 30. ledna 2017

Obsah

Seznam použitých zkratk a značek.....	8
Úvod	9
1 Cíle práce	11
2 Data a metody.....	12
2.1 Data	12
2.2 Metody	12
3 Rešerše odborné literatury	17
4 Mobilní zdroje znečištění	20
4.1 Emise z dopravy	20
4.1.1 Emisní limity – emisní norma EURO.....	22
4.2 Celostátní sčítání dopravy	24
5 Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská	27
5.1 Hodnocení intenzity dopravy v lokalitě Olomouc-Velkomoravská.....	27
5.2 Koncentrace PM ₁₀ a PM _{2,5} v lokalitě Velkomoravská.....	35
5.3 Analýza vztahu intenzity dopravy a koncentrací prашného aerosolu	41
6 Diskuze.....	46
Závěr	47
Summary.....	48
Seznam použité literatury	49
Seznam příloh.....	52

Seznam použitých zkratek a značek

Cd	kadmium
CO	oxid uhelnatý
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
HC	uhlovodíky
IKO	index kvality ovzduší
MHD	městská hromadná doprava
Ni	nikl
NO ₂	oxid dusičitý
NO _x	oxidy dusíku
Pb	olovo
PM ₁₀	prašný aerosol velikostní frakce do 10 mikrometrů
PM _{2,5}	prašný aerosol velikostní frakce do 2,5 mikrometrů
PM ₁	prašný aerosol velikostní frakce do 1,0 mikrometrů
RDPI	roční průměr denních intenzit
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
SO ₂	oxid siřičitý
SŘKO	System řízení kvality ovzduší
UTC	Koordinovaný světový čas
WHO	Světová zdravotnická organizace

Úvod

Kvalita ovzduší je v posledních letech velice rozebírané téma. Znečištěný vzduch, který nás obklopuje a je všude kolem, má neblahé účinky nejen na životní prostředí, ale především na lidské zdraví. V minulosti se na znečištění ovzduší podílela v podstatné míře průmyslová výroba, v současnosti už ve vyspělých zemích svázaná nejrůznějšími environmentálními regulacemi a používající moderní technologie k omezení svého dopadu na životní prostředí. V některých znečišťujících látkách proto dnes už dominují jednotlivě menší, ale celkově početné zdroje emisí, jako jsou lokální topeniště na pevná paliva či mobilní zdroje, zejména silniční dopravní prostředky.

Přestože neustále dochází k obměně vozového parku a automobilový průmysl přichází s inovacemi, které mají vést ke snížení emisí, pokračující trend stále vyššího využívání automobilové dopravy vede zatím spíše k nárůstu než k poklesu emisí.

Problematickou oblastí jsou zejména města, kde se soustředí velký počet obyvatel a vysoká intenzita dopravy. S tímto problémem se nepotýká pouze Česká republika, ale města napříč celým světem. Problém utváří škodliviny, které se do ovzduší dostanou z výfukových plynů při spalování pohonných hmot. Mezi nejvýznamnější a nejnebezpečnější škodliviny se řadí oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x) a suspendované částice prašného aerosolu (PM). Tyto látky mají nepříznivý a často i závažný dopad na lidské zdraví. Velmi ohroženou skupinou jsou děti, které trpí na alergie nebo astma. Dále sem patří lidé s kardiovaskulárními potížemi, lidé s problémy dýchacích cest a těhotné ženy. Při zvýšených koncentracích znečišťujících látek dochází ke vzniku nádorových onemocnění, snížení obranyschopnosti organismu a v horších případech i k předčasnému úmrtí.

Problematika znečišťování ovzduší tvoří zásadní problém, a proto bychom jej neměli brát na lehkou váhu. Pro zabránění šíření znečišťování ovzduší slouží emisní limity EURO, které určují limitní hodnoty škodlivin platící pro všechny státy Evropské unie. Stát se také snaží zabránit nárůstu automobilové dopravy pomocí rozšiřování městské hromadné dopravy (MHD). Některá města dokonce usilují i o zrušení poplatků na některé typy MHD, což by mohlo zvýšit počet osob využívajících tuto službu. Ve velké míře jsou budovány i cyklostezky, které propojují obce ležící blízko měst a slouží ke zvýšení bezpečnosti. Díky nim by mohli lidé začít využívat kola místo automobilů.

Dalším způsobem, jak snížit automobilovou dopravu by mohlo být zpoplatnění veškerých parkovacích míst, které se v daném městě nacházejí.

Všechny tyto problémy se týkají také města Olomouce, především ulice Velkomoravská, která se se svou intenzitou dopravy řadí mezi nejvytíženější ulice města a díky tomu přispívá nemalou měrou k znečištění ovzduší v oblasti města Olomouce.

1 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení celkové dynamiky intenzity dopravy a její možnou vazbu na úroveň znečištění ovzduší v prostoru měřicí stanice kvality ovzduší dopravního typu v lokalitě Olomouc-Velkomoravská v letech 2014 až 2017. Analýza se zaměří na denní chod intenzity dopravy v kontinuálně sledovaném úseku ulice Velkomoravská a koncentrací prašného aerosolu s rozlišením charakteru tohoto denního chodu během jednotlivých dnů týdne a zhodnotí míru vazby nárůstu intenzity provozu v dopravních špičkách na případný vzestup koncentrací prašného aerosolu.

2 Data a metody

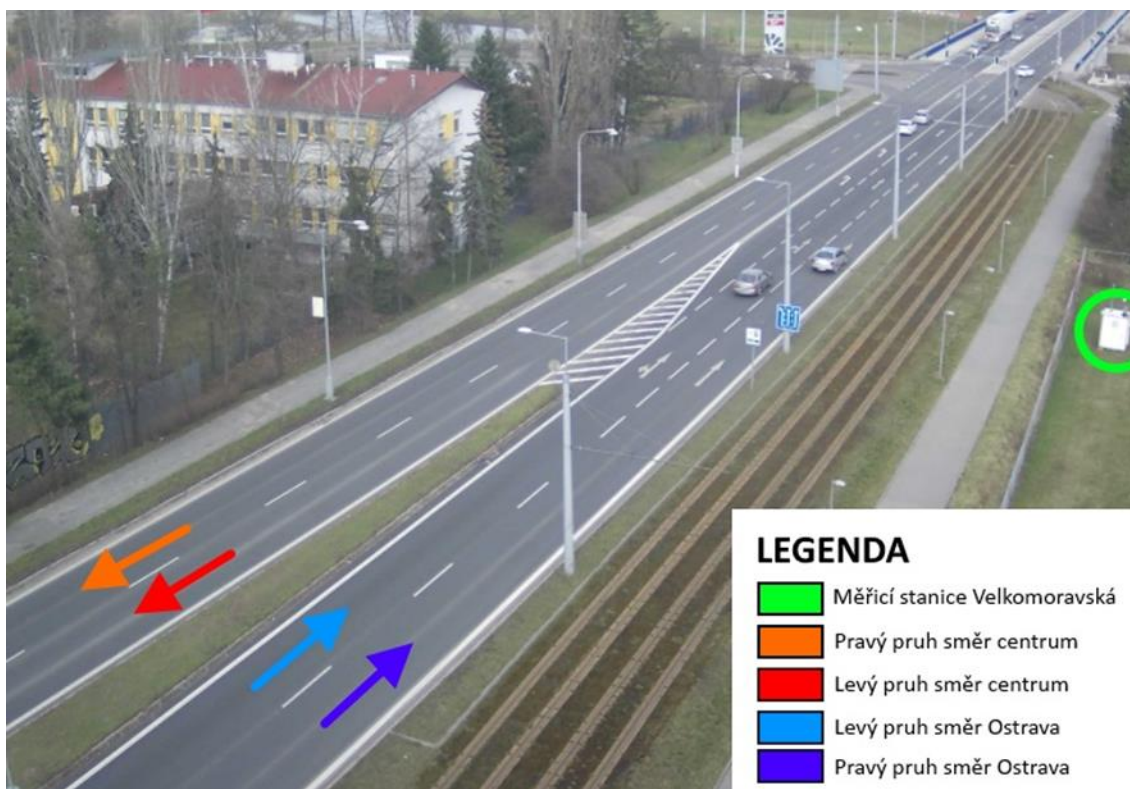
2.1 Data

Vstupní data do analýz byla převzata z automatizované měřicí stanice Olomouc-Velkomoravská, kde jsou data o imisích vybraných znečišťujících látek a doprovodných meteorologických prvků sledována na objednávku Magistrátu města Olomouce. Servisní obsluhu provozu stanice zajišťuje firma ENVItech Bohemia s. r. o. Zároveň je v lokalitě od podzimu 2013 umístěno počítadlo dopravní situace, sledující počet aut projíždějících jednotlivými čtyřmi jízdními pruhy přilehlé komunikace. Data z měření imisí a intenzity dopravy jsou v téměř reálném čase dostupná na internetových stránkách statutárního města Olomouce v podobě tabulkových výpisů a grafů. Pro souhrnnou analýzu dat za období let 2014 až 2017 byla na oddělení ochrany ovzduší odboru životního prostředí Magistrátu města Olomouce vyžádána data v ucelených tabulkových souborech.

2.2 Metody

Hlavní metodou při zpracování bakalářské práce byla analýza dat městského monitoringu kvality ovzduší a automatického sledování dopravní zátěže v lokalitě Olomouc-Velkomoravská a následně statistické zhodnocení těsnosti vazeb mezi intenzitou dopravy a koncentracemi prašného aerosolu.

Ulice Velkomoravská v Olomouci je rozdělena do čtyř jízdních pruhů. Pro účely sledování intenzity dopravy jsou jízdní pruhy označeny podle toho, zda vedou směrem do centra města Olomouce nebo směrem na Ostravu. V poskytnutých datech jsou pruhy označeny Z01–Z04 směrem od jižního okraje komunikace k severnímu a jedná se tedy o pravý pruh směr Ostrava (Z01), levý pruh směr Ostrava (Z02), levý pruh směr centrum (Z03) a pravý pruh směr centrum (Z04), viz obr. 1. V pravé části obr. 1 je možné vidět i automatizovanou měřicí stanici imisního monitoringu, která je umístěna v areálu Střední školy polytechnické (bližší pohled obr. 2 a 4). Na sloupku mezi tramvajovou tratí a silnicí je za cedulí směřující na parkoviště nedalekého nákupního centra umístěno počítadlo dopravní situace. Provozovatelem měřicí stanice i počítadla dopravy je Magistrát města Olomouce (odbor životního prostředí), vlastníkem je společnost ENVItech Bohemia.



Obr. 1: Pohled na sledovaný úsek ulice Velkomoravská a přehled jízdnic pruhů (zpracováno na podkladu snímku z webové kamery na dopravavolomouci.cz).



Obr. 2: Lokalita měření imisí a intenzity dopravy v ulici Velkomoravská (foto Tereza Nýdecká).



Obr. 3: Počítadlo dopravní situace (foto Tereza Nýdecká).



Obr. 4: Měřicí stanice imisních a meteorologických veličin (foto Tereza Nýdecká).

Získaná data byla v programu Microsoft Excel nejprve roztríděna a uspořádána do meziročně jednotného formátu. Následně byla z celkového souboru dat vybrána část týkající se počtu vozidel v jednotlivých jízdních pružích a imise PM₁₀ a PM_{2,5}. Jednotlivé dny v každém roce byly rozděleny na dny běžné a dny, které měly určitá omezení v dopravě. Pracovně byly indikovány státní svátky (14 státních svátků v roce), prázdniny (pololetní, jarní, velikonoční, letní, podzimní a zimní) a především uzavírky v ulici Velkomoravská, které byly ve sledovaném období tři (uzavírka v roce 2015, 2016 a 2017). V případě, že data v určitém kalendářním dni chyběla (ať částečně nebo úplně), byl daný den označen příznakem „výpadek“ a do celkového hodnocení nebyl tento den zahrnut.

Data jsou ukládána s časovým určením v koordinovaném světovém čase (UTC). Pro účely vyhodnocení denního dopravního cyklu je na místě uvažovat běžný občanský čas, tedy UTC+1 a v době letního času UTC+2, protože řidiči své denní dopravní rytmy podřizují právě občanskému času. Při změně ze standardního pásmového času na letní dochází ke „zkrácení dne“ o jednu hodinu, nástupy dopravních špiček by se tím při měření v UTC o hodinu zdánlivě uspíšily. Blok naměřených hodnot za období platnosti letního času v daném kalendářním roce byl proto posunut celý o řádek níž vůči časovým údajům v UTC (z řádku 01:00–02:00 UTC na 02:00–03:00 UTC atd.), což znamená, že mezi druhou a třetí hodinou ranní občanského času vznikla mezera v datech. Pro zachování úplnosti dat v daném dni (pro účely bezvýpadkové analýzy) byla chybějící data doplněna převzetím údajů z prvního posouvaného řádku (data první posouvané hodiny se zopakovala) – vzhledem ke zcela minimálnímu dopravnímu provozu v uvedenou hodinu nepředstavuje toto doplnění žádné zásadní narušení datového souboru. Při konci letního času poslední říjnovou nedělí se tímto posunem bloku dat naopak vynechaly hodnoty naměřené mezi druhou a třetí hodinou letního času (pro daný den se vezme za platnou druhá až třetí hodina standardního pásmového času, tedy údaje z 01:00–02:00 UTC v daném dni). V analyzovaném období let 2014–2017 došlo ke změně času takto: posun na letní čas nastal 30. 3. 2014, 29. 3. 2015, 27. 3. 2016 a 26. 3. 2017, konec letního času 26. 10. 2014, 25. 10. 2015, 30. 10. 2016 a 29. 10. 2017.

Následně byly sečteny hodnoty za jednotlivé pruhy v daném směru, pomocí nichž byl získán celkový počet vozidel ve směru na Ostravu nebo na centrum v dané hodině. Poté byly sečteny i počty vozidel v obou směrech a tím byl získán celkový počet vozidel, který projede ulicí Velkomoravská v rozmezí jedné hodiny. Zda došlo k nárůstu

nebo poklesu hodnot týkajících se počtu vozidel nebo polétavého prachu PM_{10} a $PM_{2,5}$ oproti předchozí hodině, byl spočítán rozdíl jednotlivých hodnot, a to v každé hodině.

V další fázi byla data za období 2014–2017 seřazena podle dnů v týdnu od pondělí do neděle a zároveň podle hodin daného dne, tedy od začátku dne nového (0:00). Do takto hodnocených dat nebyly zařazeny dny s příznakem „výpadek“ dat a vyřazeno bylo také období úplné uzavírky komunikace v roce 2015, kdy 6.–22. července byl na příslušném úseku komunikace pokládán nový povrch (tzv. „tichý asfalt“) a počítadlo dopravy tak registrovalo pouze pohyb dopravních strojů a obsluhy stavby. Částečné uzavírky mostu přes řeku Moravu z roku 2016 a 2017 byly v datech ponechány, protože v profilu měřeném dopravním čidlem byly registrovány obvyklé počty vozidel (šlo pouze o ovlivnění rytmu průjezdu jízdními pruhy, intenzitu dopravy ve směrech Ostrava a centrum bylo možné určit). Pro každý den v týdnu a také každou hodinu dne byla utvořena popisná statistika datového podsouboru (medián, minimum, maximum, horní a dolní kvartil hodnot), Pro každý den v týdnu tak bylo utvořeno 24 statistických souhrnů (za každou hodinu dne jeden).

Ze vzniklých statistických souhrnů byly následně utvořeny grafy. Co se týče vyhodnocení dopravy, pro každý den v týdnu byly zhotoveny tři grafy – směr centrum, směr Ostrava a celkové zhodnocení za oba dva směry. V grafech jsou zaneseny hodiny dne (1–24) a statistické parametry medián, minimum, maximum, horní a dolní kvartil. U statistického vyhodnocení koncentrací prašného aerosolu PM_{10} a $PM_{2,5}$ byla data hodnocena i v rozdělení do teplého a chladného půlroku. Teplý půlrok zahrnoval všechny měsíce od dubna do září (včetně), do chladného půlroku spadaly měsíce od října do března. Pro zhodnocení těsnosti vazby intenzity dopravy a koncentrací prašného aerosolu byly vypočteny nárůsty počtu vozidel a koncentrací prašného aerosolu. Na základě toho byla provedena regresní analýza.

3 Rešerše odborné literatury

Proces znečišťování ovzduší je velmi komplexní záležitostí a je závislý na mnoha faktorech. Tyto faktory vznikají především v prostředí lidských sídel a jejich vzájemným působením se do ovzduší dostávají primární a sekundární polutanty. Problém imisí je řešen sledováním pomocí imisních monitorovacích sítí. Tato monitorovací činnost nemá vést pouze ke sběru dat, ale na základě zjištěných skutečností z dlouhodobého monitorování k návrhu a přijetí nápravných opatření. Přehled metod měření, jak manuálních, tak automatických, je popsán např. v publikaci Braniš et al. (2009) *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*.

Některé znečišťující látky se v řadě oblastí světa vyskytují ve velkém množství, často nad limity určenými Světovou zdravotnickou organizací (WHO). Znečištění vzduchu má tak za následek nepříznivé účinky na lidské zdraví. Nejhorší situace je v současné době pozorována ve městech rozvojových zemí. Problémem je, že zde nelze dosáhnout brzkého zlepšení kvality ovzduší. Situace se v nejlepším případě stabilizuje, ale znečištění ovzduší ještě bude ještě nějakou dobu přetrvávat. Tyto poznatky jsou shrnuty v odborném článku *Air pollution in cities* (Mayer, 1999).

Imisní limity, které vykazují přípustnou úroveň znečištění, zahrnuje *zákon o ochraně ovzduší* č. 201/2012 Sb. Znečišťující látky, pro které je imisní limit stanoven, jsou oxid siřičitý (SO₂), oxidy dusíku (NO_x), oxid dusičitý (NO₂), oxid uhelnatý (CO), suspendované částice PM₁₀ a PM_{2,5}, olovo (Pb), kadmium (Cd), nikl (Ni) a další. Další podrobnosti k této problematice zmiňuje *Průručka ochrany kvality ovzduší* (Henelová, ed., 2013).

Největším znečišťovatelem ovzduší ve městě Olomouc je automobilová doprava, nikoliv průmyslové zdroje. Mezi nejvíce znečištěné oblasti je zahrnuto centrum města spolu s městskou částí Hodolany a Bělidla. Naopak za nejméně znečištěnou oblast je považován Neředín. Z dotazníkového šetření v rámci bakalářské práce *Percepce kvality ovzduší ve městě Olomouci* (Němec, 2010) vyplynulo, že obyvatelé města předpokládají, že dochází k postupnému zlepšování kvality ovzduší.

Další bakalářská práce (Řezníček, 2009) zabývající se kvalitou ovzduší, konkrétně znečištěním ovzduší prašným aerosolem v Olomouci, uvádí trend snižování podílu některých znečišťujících látek, jako jsou oxidy dusíku, a to díky zdokonalování automobilových motorů. Naopak největší nárůst by měl nastat u prachových částic. Neblahý účinek na kvalitu ovzduší mají teplotní inverze či povětrnostní situace. Co se

týče srážek, jejich působení je na kvalitu ovzduší pozitivní díky účinku mokré depozice škodlivin.

System řízení kvality ovzduší (SŘKO) pro město Olomouc zveřejnil výsledky, které poukazují na překračování nejen ročních, ale i krátkodobých – 24hodinových limitů prachových částic (PM₁₀). Překročení těchto limitů nezpůsobuje pouze automobilová doprava, ale vysoký podíl tvoří i průmyslové zdroje nebo lokální topeniště, což se projevuje na zdraví celé populace – především u dětí a osob s onemocněním dýchacích cest a oběhového ústrojí (Pudelová, 2009).

V posledních letech se problematika znečišťování ovzduší mobilními zdroji řadí mezi prioritní témata v otázkách kvality ovzduší. Jak moc se automobilová doprava na tomhle problému podílí, lze zjistit na základě dopravních průzkumů a údajů o intenzitě dopravy. Základní informace o intenzitě dopravy poskytují například data z Celostátního sčítání dopravy, které probíhá každých pět let a jehož objednavatelem je Ředitelství silnic a dálnic ČR. K průzkumu dopravy dochází více způsoby. Jedním ze způsobů měření je ruční měření, jehož výhodou je přesnost rozlišení jednotlivých druhů vozidel, avšak při vysoké intenzitě dopravy není tato metoda vhodná. Měřit lze také pomocí technických zařízení, ta jsou vhodná zejména pro dlouhodobější průzkumy. Dalším možným způsobem průzkumu jsou detektory, ať už zabudované nebo připevněné k vozovce. Je využíváno také detektorů radarových, infračervených a videodetekce. Videozáznam doplněný ručním vyhodnocením zahrnuje metoda kombinovaná. Při výzkumu intenzity dopravy jsou vozidla rozdělena na osobní automobily, motocykly, nákladní automobily, autobusy a nákladní soupravy. Cyklisté a chodci se řadí do kategorie, která se sleduje odděleně (Bartoš et al., 2012).

Negativní dopady automobilové dopravy, které mají výrazný vliv na životní prostředí, nespočívají pouze v problematice spojené s emisemi. Dalším z problémů může být nadměrné množství hluku a vibrací, které se objevují především ve velkých městech. Hlukem zasaženými oblastmi jsou bytové zástavby vedle frekventovaných komunikací, ale také oblasti kolem letiště či železnice. V důsledku rozšiřování silniční sítě také dochází k záborům půdy, které mají negativní dopad na ekosystémy. Další problémy související s automobilovou dopravou jsou shrnuty českou informační agenturou životního prostředí v publikaci *Životní prostředí – prostředí pro život?* (Fereš, et al., 2007).

Vzhledem k současnému trendu vývoje intenzity dopravy lze očekávat její další navyšování. Průvodním jevem tohoto vývoje je zvyšující se počet registrovaných vozidel

a jejich využívání ke každodennímu dojíždění do zaměstnání. Od začátku tohoto tisíciletí dochází k výraznému snížení podílu využití veřejné hromadné dopravy k dojíždění do zaměstnání a lze očekávat, že trend bude přetrvávat i nadále. Z toho vyplývá, že zásadní vliv na intenzitu dopravy má především lidské rozhodování. Tyto trendy mj. podrobněji rozebírá *Strategie ITI Olomoucké aglomerace* (Foltýnek, 2016).

K částečnému snížení intenzity dopravy, alespoň o víkendech, dochází v případě kamionové dopravy. Kamiony mají zákaz jízdy nejen v České republice, ale i v okolních státech, ať už o prázdninách nebo i během roku. V období letních prázdnin (1.7.–31. 8.) platí tento zákaz od pátku do neděle, včetně státních svátků (19 hodin zákazu jízdy), v období mimo letní prázdniny jde o neděle a státní svátky (9 hodin zákazu jízdy), viz tab. 1 (Policie ČR, 2018).

Tab. 1: Zákaz jízdy kamionů v ČR

	Období mimo prázdniny	Období prázdnin
Pátek	–	17 – 21
Sobota	–	7 – 13
Neděle, státní svátky	13 – 22	13 – 22

Zdroj: Policie ČR, 2018

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) pravidelně zveřejňuje ročenky o kvalitě ovzduší na území České republiky. Jedním z ukazatelů, které ČHMÚ poskytuje, je index kvality ovzduší (IKO), uvádějící informace o kvalitě pro danou měřicí stanici. Hodnoty indexu nabývají od 1 do 6, přičemž u indexu 1 a 2 se jedná o velmi dobrou až dobrou kvalitu ovzduší, uspokojivá a vyhovující kvalita ovzduší zahrnuje indexy 3 a 4. Indexy 5 a 6 označují kvalitu ovzduší za špatnou až velmi špatnou (ČHMÚ, 2017).

Emisní bilance České republiky za rok 2011 sledovala zdroje, které vynášejí do ovzduší škodliviny znečišťující ovzduší, pomocí tzv. REZZO – Registru emisí a zdrojů znečištění ovzduší, který zahrnuje kategorie REZZO 1-4 a řadí se mezi hlavní nástroje hodnotící kvalitu ovzduší ČR. U zdrojů REZZO 4, kam spadají mobilní zdroje, byly v roce 2011 pro Olomoucký kraj zjištěny hodnoty emisí pro oxidy dusíku (NO_x) 5 417,6 t/rok a pro oxid uhelnatý (CO) 6 866,5 t/rok (ČHMÚ, 2015).

4 Mobilní zdroje znečišťování

Zdroje znečišťování ovzduší se dělí na stacionární a mobilní. Stacionární zdroje, kam se řadí především činnost průmyslových podniků a lokální topeniště, se na tvorbě emisí podílejí v nemalé míře. Avšak více než polovinu vypuštěných škodlivin do ovzduší vytváří mobilní zdroje, kam spadají dopravní prostředky (Henelová, ed., 2013).

K evidenci zdrojů vypouštějících do ovzduší znečištěné látky slouží Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO). Zdroje se dělí do kategorie REZZO 1–4, přičemž REZZO 1–3 tvoří stacionární zdroje a REZZO 4 jsou zdroje mobilní. Evidence zdrojů znečišťování je ukotvena v zákoně č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší. V České republice vykonává správu Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO) Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ, 2015).

Rozdělení zdrojů znečišťování ovzduší (ČHMÚ, 2015):

- **REZZO 1** – velké stacionární zdroje znečišťování
- **REZZO 2** – střední stacionární zdroje znečišťování
- **REZZO 3** – malé stacionární zdroje znečišťování
- **REZZO 4** – mobilní zdroje znečišťování

Mobilní zdroje, které spadají do kategorie REZZO 4 zahrnují emise nejen ze silniční dopravy, ale také z dopravy letecké, železniční a vodní. Patří sem také emise z nesilničních zdrojů, do kterých řadíme stroje zemědělské, stavební, lesní nebo armádní vozidla.

4.1 Emise z dopravy

Znečišťující příměsi se do ovzduší dostávají ve velké míře ze spalovacích procesů. Kromě tepelných elektráren nebo jiných průmyslových objektů se na emisích podílí automobilová doprava. Využíváním katalyzátorů v automobilech sice dochází ke snížení emisí NO a CO z jednotlivých vozů, avšak intenzita automobilové dopravy v celku narůstá (Braníš et al., 2009).

Za nejlepší a nejpřesnější způsob pro určení množství emisí se považuje měření specifických emisí. Tato metoda se neprovádí velmi často, protože je velmi nákladná a technicky obtížná. Častěji využívanou metodou je výpočet emisí pomocí tzv. emisních faktorů, kdy se spočítají emise daných látek podle známého množství a druhu paliva.

Emisním faktorem rozumíme množství znečišťující látky, která je vypouštěna do atmosféry ze zdroje činnosti. Může se jednat o spalování, výrobní procesy nebo úniky ze záření (Braniš et al., 2009).

Každé silniční vozidlo má povinnost absolvovat měření emisí společně s technickou kontrolou každé dva roky. Provádí se vizuální kontrola dílů, které mohou ovlivnit tvorbu emisí výfukových plynů. Tato kontrola má za účel odhalit těsnost palivové sací a výfukové soustavy a dále také kontrolovat všechna zařízení, která mají za účel snižování škodlivin. Kromě vizuální kontroly se provádí také kontrola obsahu oxidu uhelnatého (CO) a uhlovodíků (HC) při volnoběžných otáčkách a poté při otáčkách 2 500 až 2 800 min⁻¹, v případě vznětového motoru se provádí měření kouřivosti motoru metodou volné akcelerační. Naměřené hodnoty se poté porovnají s předepsanými hodnotami výrobce vozidla, popřípadě s hodnotami uvedenými v příloze vyhlášky 302/2001 Sb. U obou typů motorů je provedena kontrola funkce řídicího systému pomocí diagnostického zařízení. Výsledky měření jsou zaznamenány v protokolu o měření emisí. Při měření emisí je kontrolován i soulad vozidla s technickým průkazem. Jsou prověřovány také identifikační údaje vozidla, motoru a štítky na vozidle (Ministerstvo dopravy, 2001).

Ze spalovacích motorů mají nejvyšší emise motory vznětové. Jde především o emise velmi jemných prachových částic (PM) neboli „particulate matter“ (Frank Bold, 2007). Diesellové motory produkují až dvě třetiny prachových částic z aut. Míra nebezpečí těchto částic závisí na zdroji znečišťování a na složení prachu. Částice, které jsou větší než 10 μm, se uchycují na nosní sliznici a částice o velikosti 10 μm se usazují na průduškách. Nejnebezpečnější jsou koncentrace částic PM_{2,5} a PM₁, které pronikají až do plicních sklípků. Kvůli prachu se také zkracuje průměrná délka života obyvatel žijících ve městech, a to až o jeden rok (Bernard, 2008). Krátkodobé vystavení těmto částicím vede k podráždění hrtanu, průdušek nebo k dýchacím potížím (Hromádko et al., 2011). Dlouhodobé vystavení vysokým koncentracím prachových částic vede až k výskytu rakoviny plic (Bernard, 2008).

V souvislosti se závažností emisí jemných prachových částic, oxidů dusíku i dalších škodlivin do ovzduší jsou přijímána regulační opatření v podobě emisních norem. V září 2015 byly zveřejněny výsledky testů US EPA, které odstartovaly tzv. „emisní skandál“, pro který se vžilo také označení Dieselgate. Jednalo se o úmyslné snižování emisí oxidů dusíku v diesellových motorech výrobce automobilů značky Volkswagen. Ke snížení obsahu emisí dusíku docházelo softwarovou úpravou řídicí

jednotky automobilu tak, aby motor při emisních testech vykazoval minimální množství oxidu dusíku, přestože reálné hodnoty byly mnohonásobně – až čtyřicetkrát – vyšší (Hospodářské noviny, 2016a). Software na manipulaci s emisemi byl instalovaný přibližně do 11 milionů aut, včetně 1,2 milionu vozů Škoda (Weiser M., 2017). Volkswagenu byla udělena pokuta 14,7 miliardy dolarů s nutností odškodnění každého zákazníka, kterého se aféra týká. Celkově tedy Volkswagen musí zaplatit 16,5 miliardy dolarů (Hospodářské noviny, 2016b).

Problematika dieselových aut se týká také České republiky. Nádoba (2018) uvádí, že přes technickou kontrolu u nás projdou i automobily, které jsou nevyhovující. Za nízký poplatek je možné nechat si filtr pevných částic odstranit a připravit vozidlo na technickou kontrolu tak, aby bez problému prošlo. Zatímco v Německu neprojde přes kontrolu emisí zhruba 10 % aut, v Česku jsou to pouhá 2 %. V reakci na tyto informace již došlo ke zpřísnění průběhu Státní technické kontroly.

4.1.1 Emisní limity – emisní norma EURO

Ke snížení emisí z dopravy jsou zaváděna opatření, která se nazývají emisní limity. Česká republika spolu se všemi zeměmi Evropské unie využívá evropské emisní normy, tzv. EURO normy. Jedná se o normy určující množství spalin, které může dané vozidlo vypustit do ovzduší. Cílem této normy je snížení oxidů dusíku (NO_x), uhlovodíků (HC), oxidu uhelnatého (CO) a prašných částic (PM), které vznikají při spalování pohonných hmot (CENIA, 2013). Přehled hodnot emisních norem pro jednotlivé znečišťující látky a kategorie vozidel uvádějí tabulky 2–4.

První norma, která určovala emisní limity, vznikla v Kalifornii již v roce 1968. Emisní norma mající označení EURO se vyskytla až v roce 1992. Téměř každé 4 roky poté vyšla nová emisní norma nesoucí tento název. Poslední platnou normou vydanou v roce 2014 byla Euro 6, která má nejpřísnější limity ze všech doposud vydaných norem (Sajdl, 2018).

Tab. 2: Emisní limity osobních vozidel se zážehovým motorem

Limit	Rok	CO [g.km ⁻¹]	HC+NO_x [g.km ⁻¹]	HC [g.km ⁻¹]	NO_x [g.km ⁻¹]	PM [g.km ⁻¹]
Euro 1	1992	2,72	0,97	–	–	–
Euro 2	1996	2,20	0,50	–	–	–
Euro 3	2000	2,30	–	0,20	0,15	–
Euro 4	2005	1,0	–	0,10	0,08	–
Euro 5	2009	1,0	–	0,10	0,06	0,005
Euro 6	2014	1,0	–	0,10	0,06	0,005

Zdroj: Příručka ochrany kvality ovzduší, 2013

Tab. 3: Emisní limity osobních vozidel se vznětovým motorem

Limit	Rok	CO [g.km ⁻¹]	HC+NO_x [g.km ⁻¹]	HC [g.km ⁻¹]	NO_x [g.km ⁻¹]	PM [g.km ⁻¹]
Euro 1	1992	2,72	0,97	–	–	0,140
Euro 2	1996	1,00	0,70	–	–	0,080
Euro 3	2000	0,64	0,56	–	0,50	0,050
Euro 4	2005	0,50	0,30	–	0,25	0,025
Euro 5	2009	0,50	0,23	–	0,18	0,005
Euro 6	2014	0,50	0,17	–	0,08	0,005

Zdroj: Příručka ochrany kvality ovzduší, 2013

Tab. 4: Emisní limity těžkých nákladních vozidel

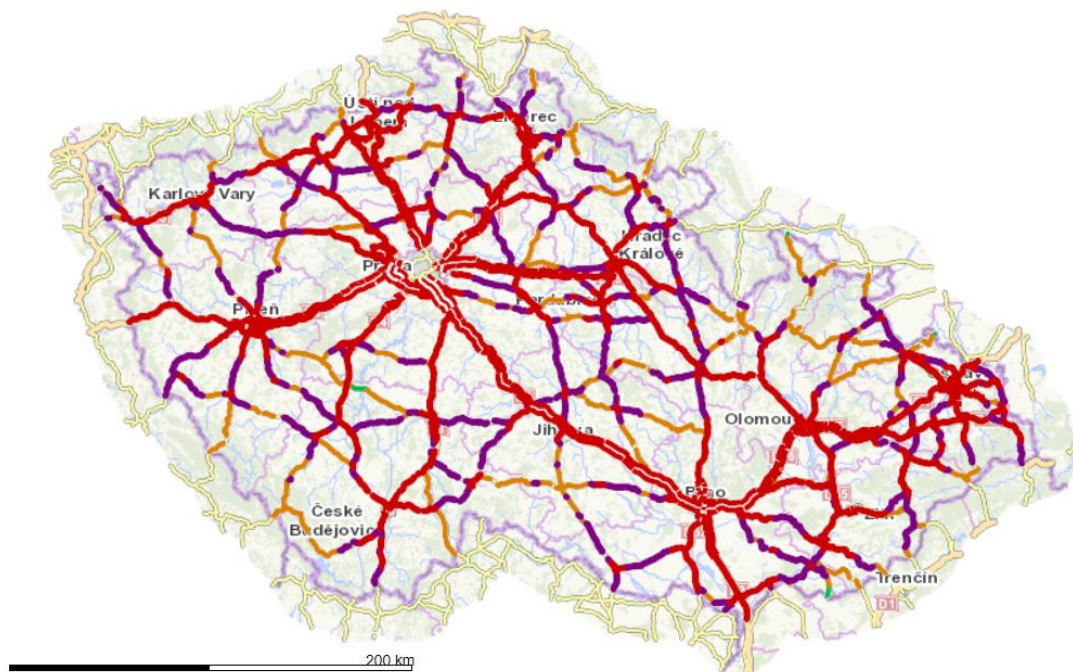
Limit	Rok	CO [g.kWh ⁻¹]	HC [g.kWh ⁻¹]	NO [g.kWh ⁻¹]	PM [g.kWh ⁻¹]
Euro I	1992	4,50	1,10	8,00	0,36
Euro II	1996	4,00	1,10	7,00	0,25
	1998	4,00	1,10	7,00	0,15
Euro III	2000	2,10	0,66	5,0	0,10
Euro IV	2005	1,50	0,46	3,50	0,02
Euro V	2008	1,50	0,46	2,00	0,02
Euro VI	2013	1,50	0,13	0,40	0,01

Zdroj: Příručka ochrany kvality ovzduší, 2013

4.2 Celostátní sčítání dopravy

Při celostátním sčítání dopravy dochází ke zjišťování informací ohledně intenzit automobilové dopravy na silnicích a dálnicích České republiky. První celostátní sčítání dopravy bylo provedeno v roce 1959 a od té doby probíhá pravidelně, s drobnými odchylkami po pěti letech. Zatím poslední sčítání dopravy proběhlo v roce 2016. Dosažené výsledky ze sčítání jsou dostupné na webových stránkách Ředitelství silnic a dálnic České republiky. Kromě výsledků jsou zde uvedeny základní informace týkající se celostátního sčítání dopravy, použitá metodika sběru dat a interaktivní mapa pro rychlé nalezení požadované lokality (Ředitelství silnic a dálnic ČR).

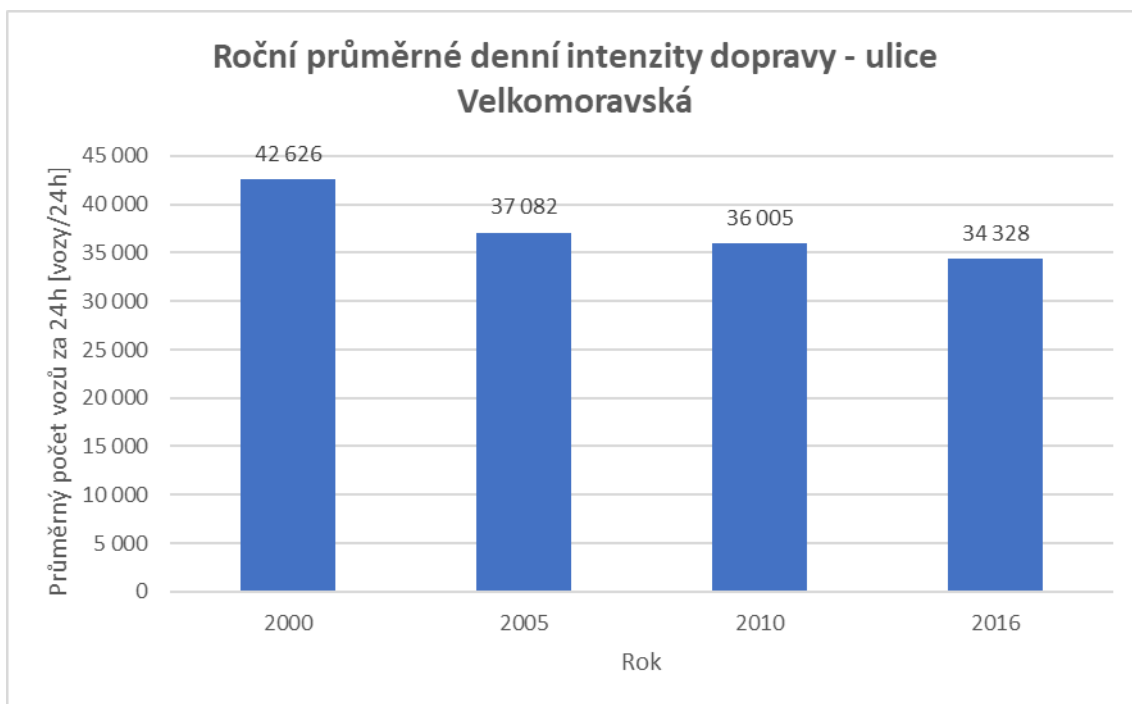
Intenzitou dopravy rozumíme vytížení jednotlivých komunikací dopravními prostředky. Při vyhodnocení intenzity dopravy se nejčastěji využívá ročních průměrů denních intenzit (RDPI) pro daný úsek v obou směrech za 1 den, tedy 24 hodin (České dálnice). Intenzita dopravy na dálnicích je určena pomocí údajů získaných z automatických detektorů dopravy, na silnicích je stanovena z výsledků ručních průzkumů, a to pomocí přepočtových koeficientů intenzit dopravy (Ředitelství silnic a dálnic ČR).



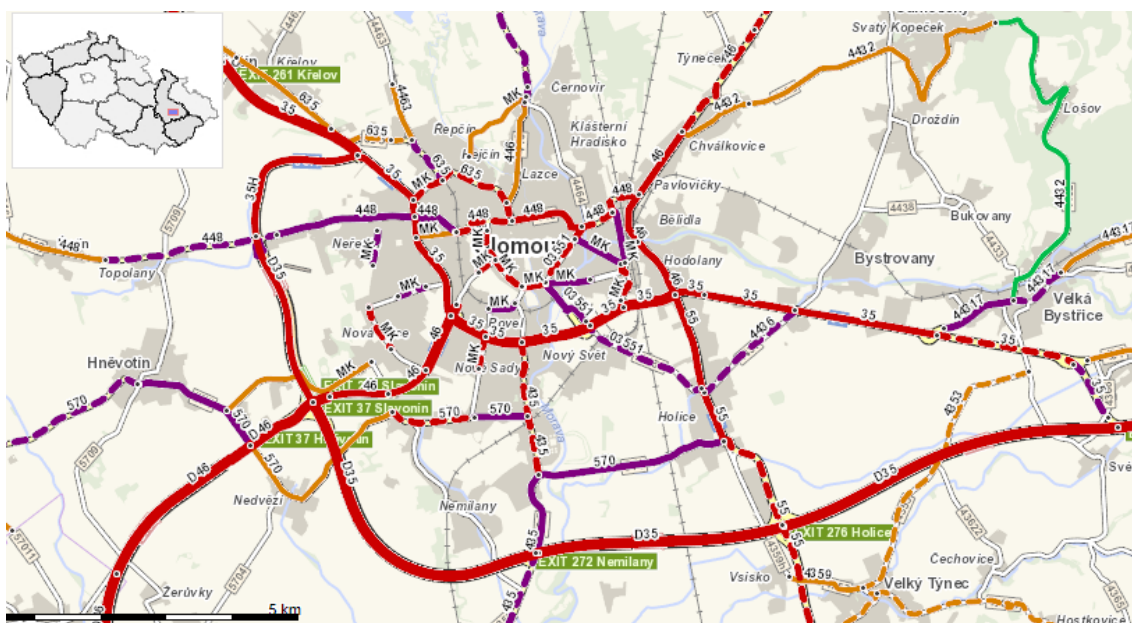
Obr. 5: Stuhový diagram z výsledků celostátního sčítání dopravy 2016 v ČR
(zdroj: Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2017).

Výsledky sčítání dopravy vykazují, že intenzita dopravy v celé České republice obecně narůstá. Mezi nejvytíženější úseky silniční dopravy patří dálnice a velká města, jako je Praha, Brno, Ostrava nebo další města České republiky. Intenzita dopravy pak obecně s narůstající vzdáleností od měst postupně klesá (Ředitelství silnic a dálnic ČR). Nejvytíženější dálnicí je D1, přes kterou na úsecích před Prahou projelo v roce 2016 za 24 hodin až 100 tisíc vozidel, u Brna hodnoty dosahovaly kolem 60 tisíc vozidel (Ředitelství silnic a dálnic ČR).

Z výsledků celostátního sčítání dopravy se mezi nejvytíženější komunikace v Olomouci řadí ulice Velkomoravská. Na rozdíl od celostátního trendu nárůstu intenzity dopravy je zde pozorován postupný pokles. V roce 2000 zde hodnoty roční průměrné intenzity dopravy (průměrný počet vozidel za 24 hodin) dosahovaly 42 626 vozidel. Dle sčítání dopravy v roce 2005 už byly tyto hodnoty výrazně nižší, průměrný počet vozidel za 24 hodin činil 37 082, což je o 5 tisíc méně, než v roce 2000. Příčinou výrazného snížení počtu vozidel bylo vybudování obchvatu města Olomouce v říjnu roku 2003, který výrazně urychlil dopravu ve směru Brno, Hranice na Moravě a Přerov. Značná část dopravy tak byla odkloněna na obchvat, čímž se zlepšila kvalita životního prostředí nejen v ulici Velkomoravská. Došlo také ke snížení hluku, jehož přípustná hladina byla překračována, a to až o 75 %. V následujících letech se počet projíždějících vozidel nijak výrazně nezměnil, v roce 2010 tudý projelo v průměru 36 005 vozidel za den. V posledním sčítání dopravy, které proběhlo v roce 2016, došlo k poklesu na 34 328 vozidel. Hodnoty ročních průměrných denních intenzit dopravy jsou zobrazeny v obr. 6.



Obr. 6: Roční průměrné denní intenzity dopravy v ulici Velkomoravská v letech 2000, 2005, 2010 a 2016 (vypracováno z dat ŘSD).



Obr. 7: Výsledky celostátního sčítání dopravy 2016 – město Olomouc (zdroj: Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2017)

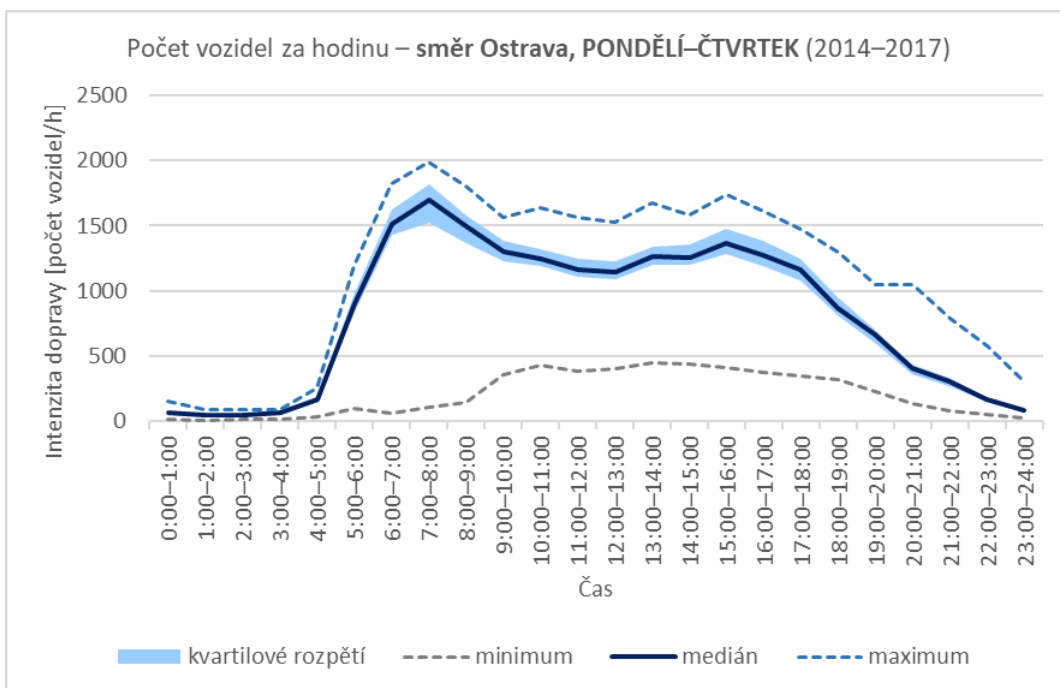
5 Hodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská

K vyhodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská byla analyzována data, která jsou kontinuálně zaznamenávána na měřicí stanici v ulici Velkomoravská. Veškerá data byla poskytnuta Magistrátem města Olomouce za čtyřleté období 2014–2017.

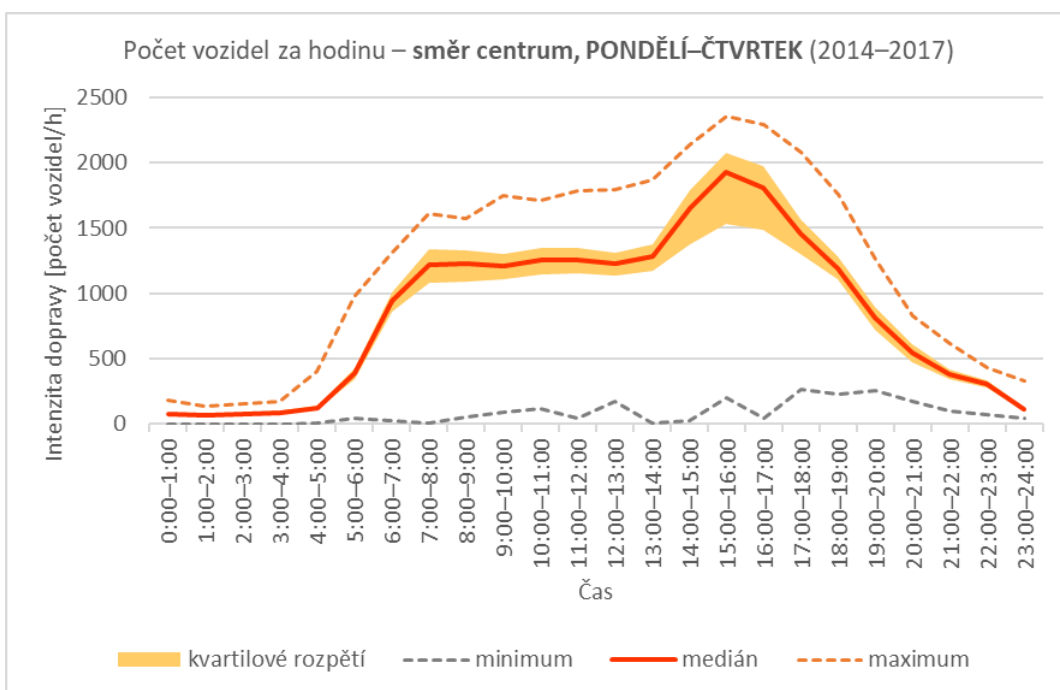
5.1 Hodnocení intenzity dopravy v lokalitě Olomouc-Velkomoravská

Denní chod hodinových intenzit dopravy v lokalitě Olomouc-Velkomoravská za dny pondělí–čtvrtek v období 2014–2017 znázorňují obr. 8–10. Statistické hodnocení bylo provedeno zvlášť i za jednotlivé dny, průběh denního chodu intenzit je však ve všech těchto čtyřech pracovních dnech týdne velmi podobný (číselné hodnoty statistik jsou uvedeny v Příloze 1 k bakalářské práci). Pátek vykazuje odlišný denní průběh intenzity dopravy, proto je znázorněn zvlášť (obr. 11–13).

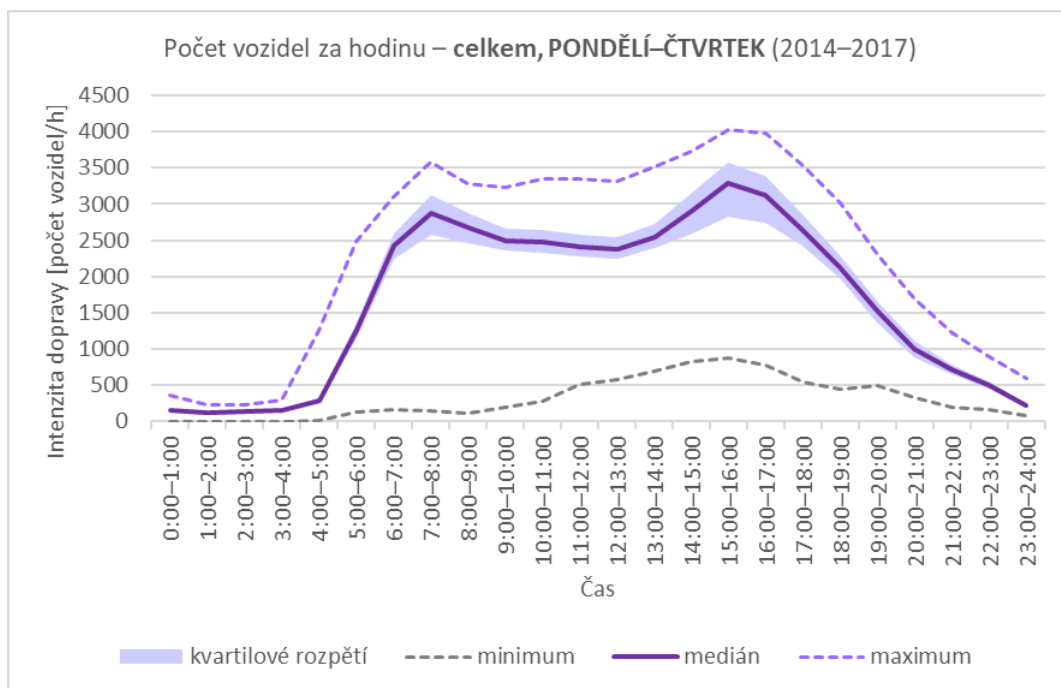
V případě počtu vozidel za hodinu ve dnech **pondělí–čtvrtek** lze ve směru na Ostravu (obr. 8.) pozorovat mírný nárůst vozidel mezi 4. a 5. hodinou ranní a následný rychlý nárůst až do 7.–8. hodiny ranní, kdy dochází k dopravní špičce. Od 9. hodiny doprava mírně kolísá a po 16. hodině odpolední začne doprava výrazně klesat. Kvartilové rozpětí je po celý den velice blízké mediánu. Nejvyšší intenzita dopravy v tomto směru je z celého dne mezi 7.00–8.00 v době ranní špičky (medián 1 695 vozidel/h). Minimální hodnoty jsou velmi od mediánu odchýlené, což je přisuzováno částečným uzavírkám nebo dnům, na které výjimečně připadá den pracovního klidu (státní svátky). Nejvyšší hodnoty počtů vozidel za hodinu ve směru centrum (obr. 9) ve všedních dnech nejsou v ranních hodinách, ale až odpoledne. Nárůst dopravy začíná stejně jako u směru na centrum mezi 4. a 5. hodinou ranní a vrcholí kolem 7. hodiny. Poté doprava narůstá velmi pozvolna až do 14. hodiny, následuje výrazný nárůst. Dopravní špička nastává mezi 15. a 16. hodinou (medián 1 925 vozidel/h) a lze předpokládat, že k ní přispívá návrat vozidel z ranní špičky v opačném směru. V obr. 10, kde jsou zahrnuty oba směry, jsou objemy ranní a odpolední špičky vyrovnanější, přičemž maximum je dosahováno mezi 15. a 16. hodinou (medián 3 293 vozidel/h), druhotné denní maximum je pak mezi 7. a 8. hodinou (medián 2 879 vozidel/h). Mediánový součet hodinových intenzit ukazuje na denní vytíženost komunikace ve výši 40 425 vozidel.



Obr. 8: Počet vozidel za hodinu – směr Ostrava, PONDĚLÍ–ČTVRTEK



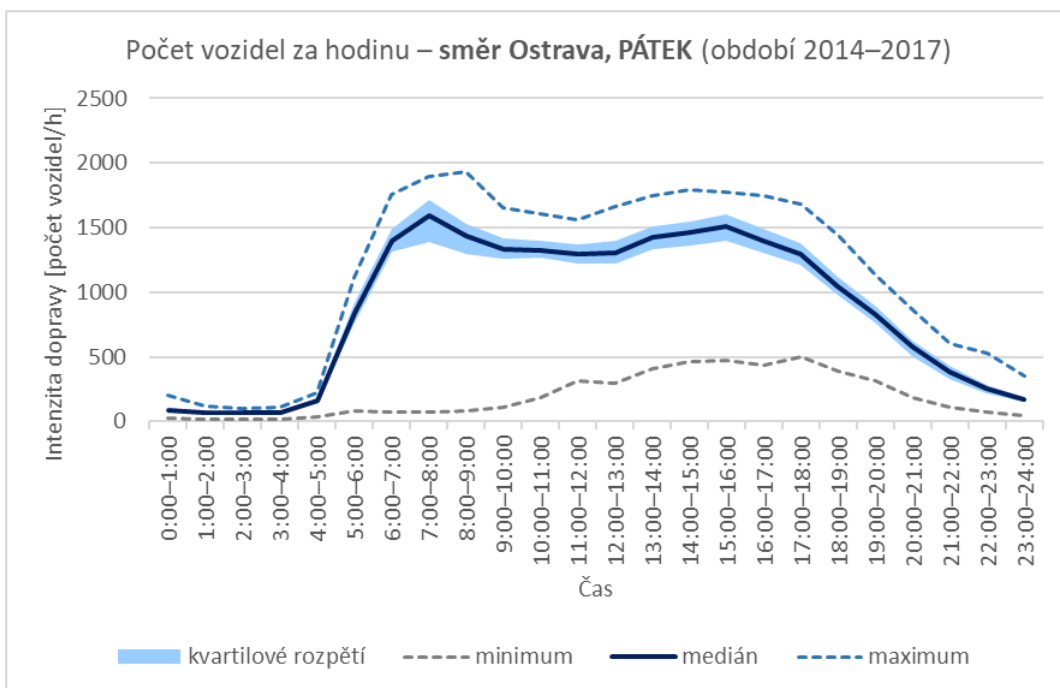
Obr. 9: Počet vozidel za hodinu – směr centrum, PONDĚLÍ–ČTVRTEK



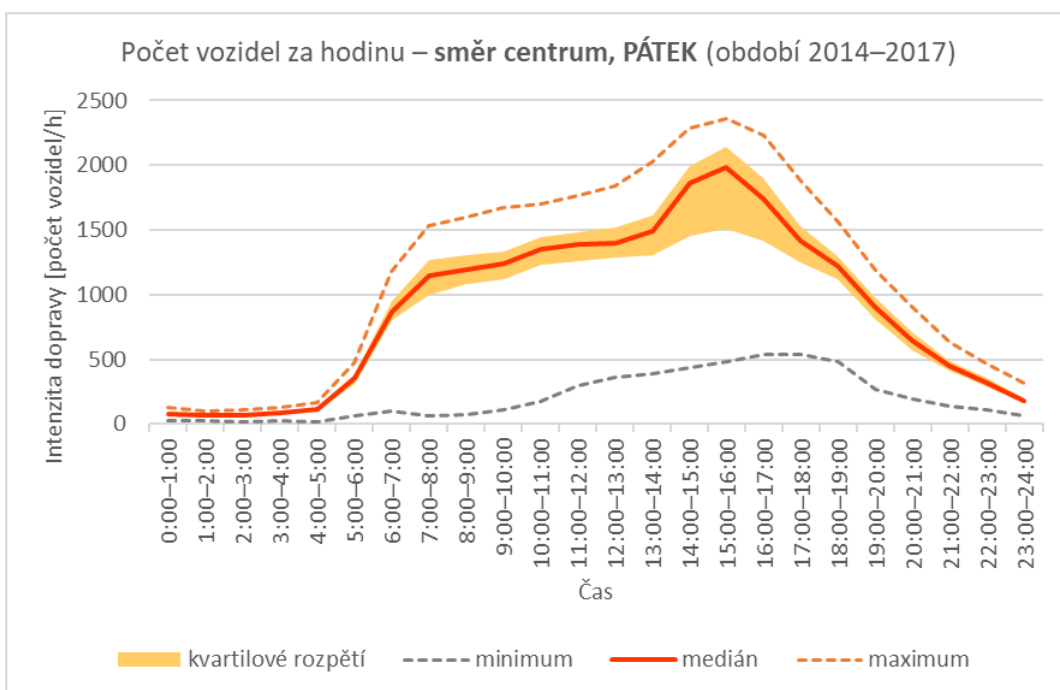
Obr. 10: Počet vozidel za hodinu – celkem, PONDĚLÍ–ČTVRTEK

Pátek na rozdíl od ostatních pracovních dnů (pondělí až čtvrtek) vykazuje mírně odlišný denní průběh intenzit dopravy. Jedná se o nejnáročnější den v týdnu, co se týče celkového počtu vozidel, mediánový součet hodinových intenzit dosahuje 42 865 vozidel (za hodnocené období 2014–2017). Ve směru na Ostravu (obr. 11) začíná nárůst počtu vozidel stejně jako v předchozích pracovních dnech mezi 4. a 5. hodinou ráno, ranní špička vrcholí opět mezi 7. a 8. hodinou (medián 1 589 vozidel/h je nižší než pro pondělí–čtvrtek). Po 8. hodině začne doprava mírně klesat a ani v odpoledních hodinách není patrný žádný vyšší nárůst. Kvartilové rozpětí těsně kopíruje hodnoty mediánu, tudíž nedochází k žádné velké odchylce.

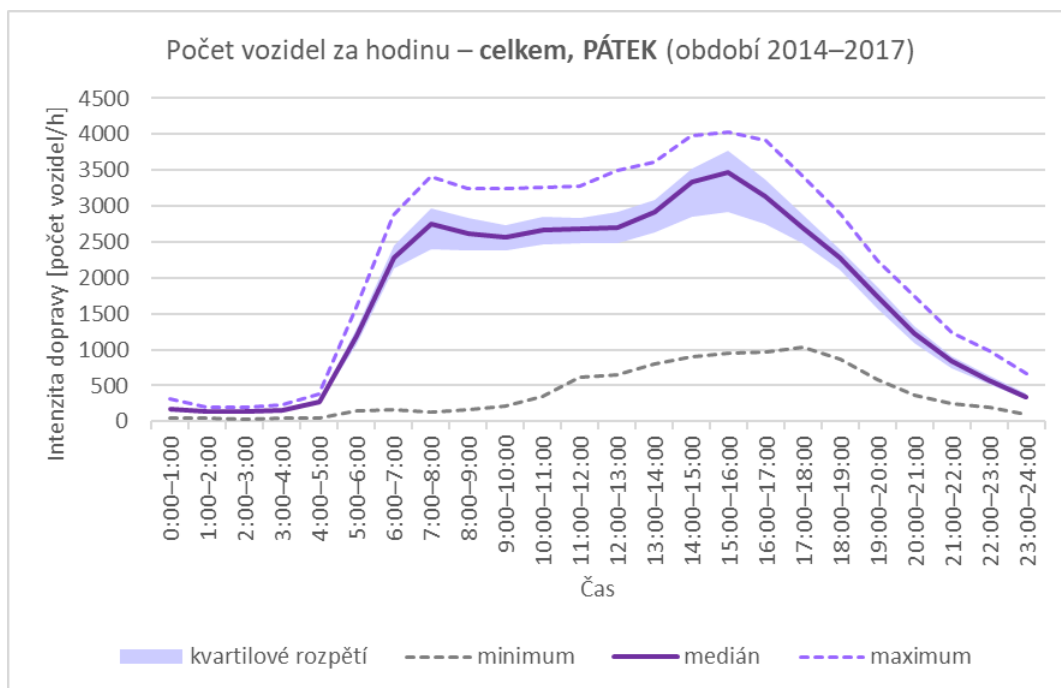
Ve směru na centrum (obr. 12) lze vidět postupný nárůst dopravy u ranních hodin, stejně jako ve směru na Ostravu je nárůst nejstrmější po 7. až 8. hodinou, odkud však hodnoty nadále mírně narůstají až do 13:00, následně doprava dosahuje špičky s maximem mezi 15. a 16. hodinou (medián 1 985 vozidel/h). Od 16. hodiny hodnoty rovnoměrně klesají. Z dat za oba směry (obr. 13) vyplývá odpolední špička s maximem mezi 15. a 16. hodinou (medián 3 478 vozidel/h) a ranní špička mezi 7. a 8. hodinou (medián 2 742 vozidel/h). Celkově vyšší počet vozidel za den je v pátek způsoben větším počtem aut v obou jízdních směrech.



Obr. 11: Počet vozidel za hodinu – směr Ostrava, PÁTEK



Obr. 12: Počet vozidel za hodinu – směr centrum, PÁTEK

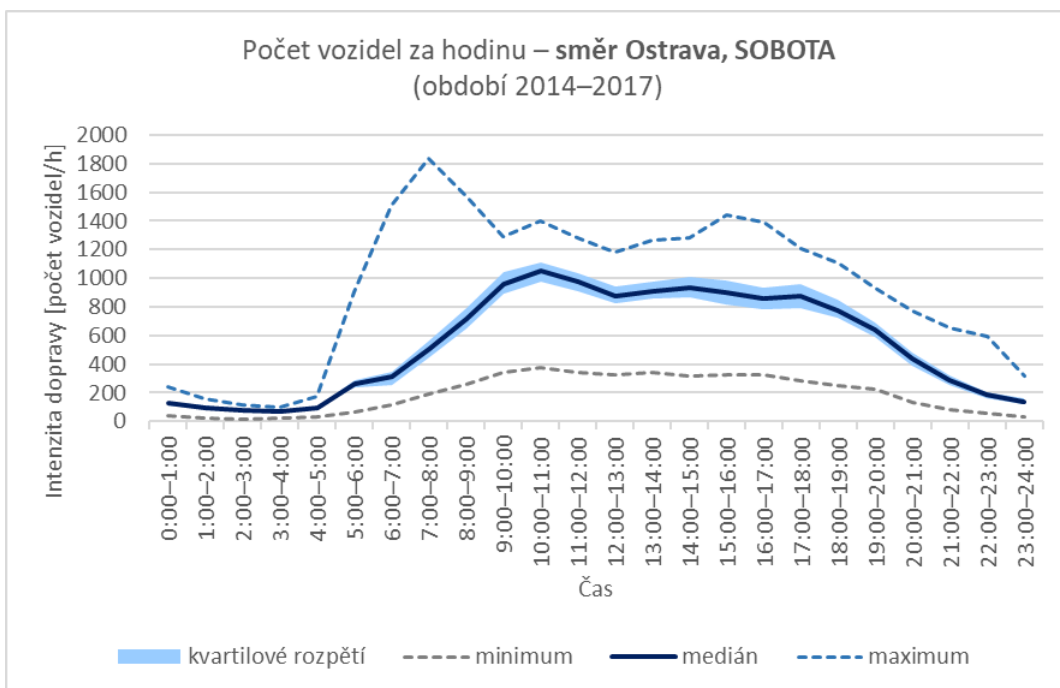


Obr. 13: Počet vozidel za hodinu – celkem, PÁTEK

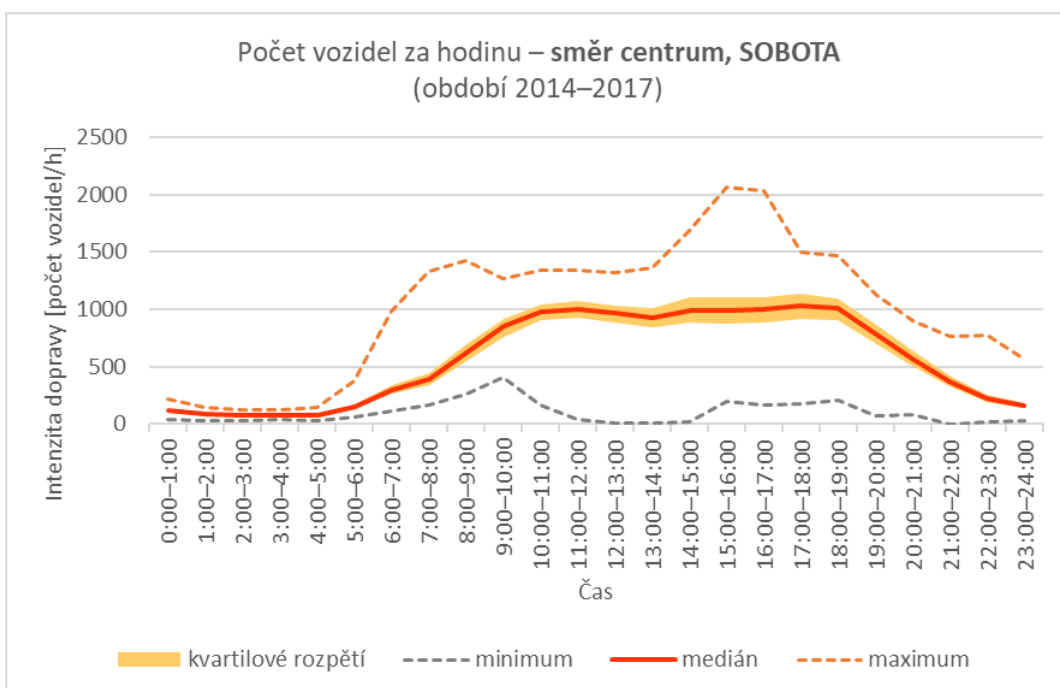
Sobota má zcela odlišný vývoj v intenzitě dopravy než dny pracovní. Ve směru na Ostravu začíná narůstat provoz od 5. až 6. hodiny. Růst dopravy je pozvolnější a mezi 10:00–11:00 dosáhne svého vrcholu, kdy je nejvyšší z celého dne (medián 1 050 vozidel/h). Ve srovnání s pracovními dny dochází ke zpoždění ranního maxima o 2 až 3 hodiny. Od tohoto okamžiku doprava pozvolna klesá a mírně kolísá mezi 800–1 000 vozidly/h. Od 17. hodiny začíná intenzita dopravy výrazněji klesat. Po celý den nedochází k žádné výrazné dopravní špičce, jako je tomu u všedních dnů (obr. 14).

V případě počtu vozidel směrem na centrum začíná v ranních hodinách doprava narůstat ve stejnou hodinu jako ve směru na Ostravu, mezi 10:00–11:00 se hodnoty ustálí a jsou téměř beze změn okolo 1 000 vozidel/h až do večerní 19. hodiny (obr. 15).

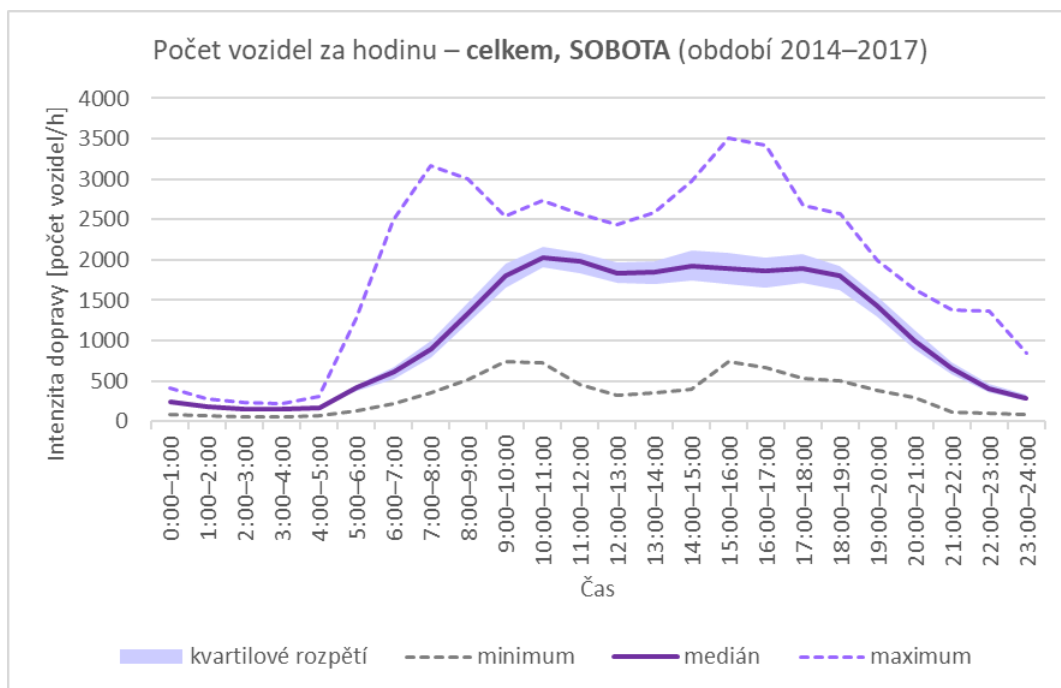
V průběhu celého dne jsou oproti běžným pracovním dnům počty vozidel logicky výrazně nižší i v součtu za oba směry (obr. 16), s nevýrazným maximem intenzity mezi 10. a 11. hodinou (medián 2 030 vozidel/h) a mediánovým součtem intenzit ukazujícím na celkem 26 885 vozidel za den.



Obr. 14: Počet vozidel za hodinu – směr Ostrava, SOBOTA



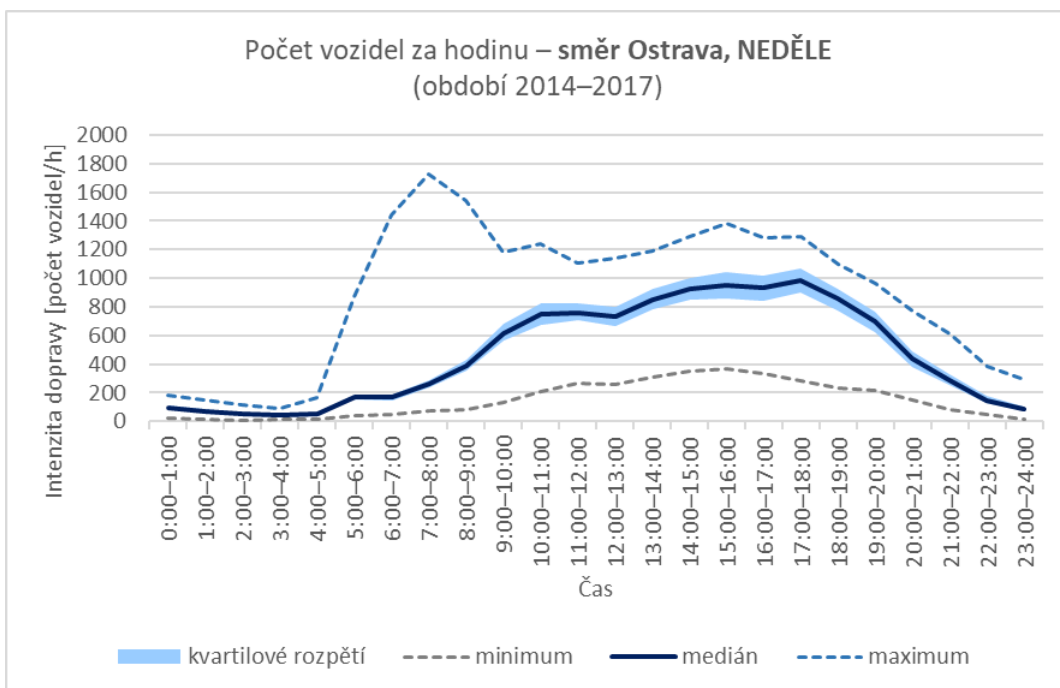
Obr. 15: Počet vozidel za hodinu – směr centrum, SOBOTA



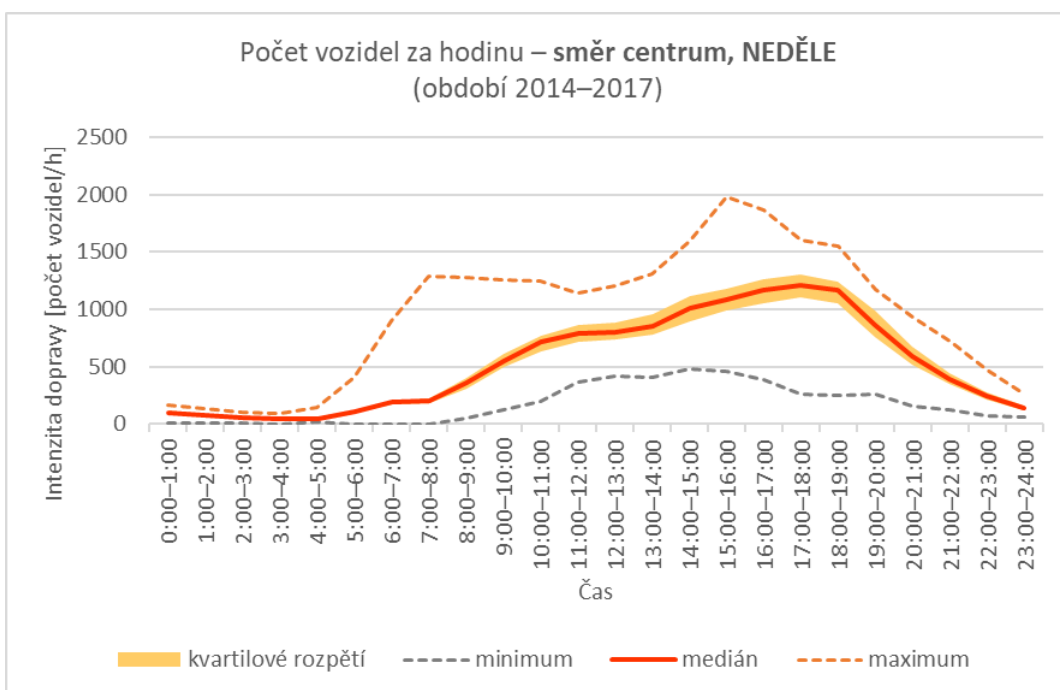
Obr. 16: Počet vozidel za hodinu – celkem, SOBOTA

Na rozdíl od soboty nedochází v **neděli** k tak výraznému nárůstu dopravy v ranních hodinách, zato však hodnoty v obou směrech narůstají pozvolně až do pozdních odpoledních hodin.

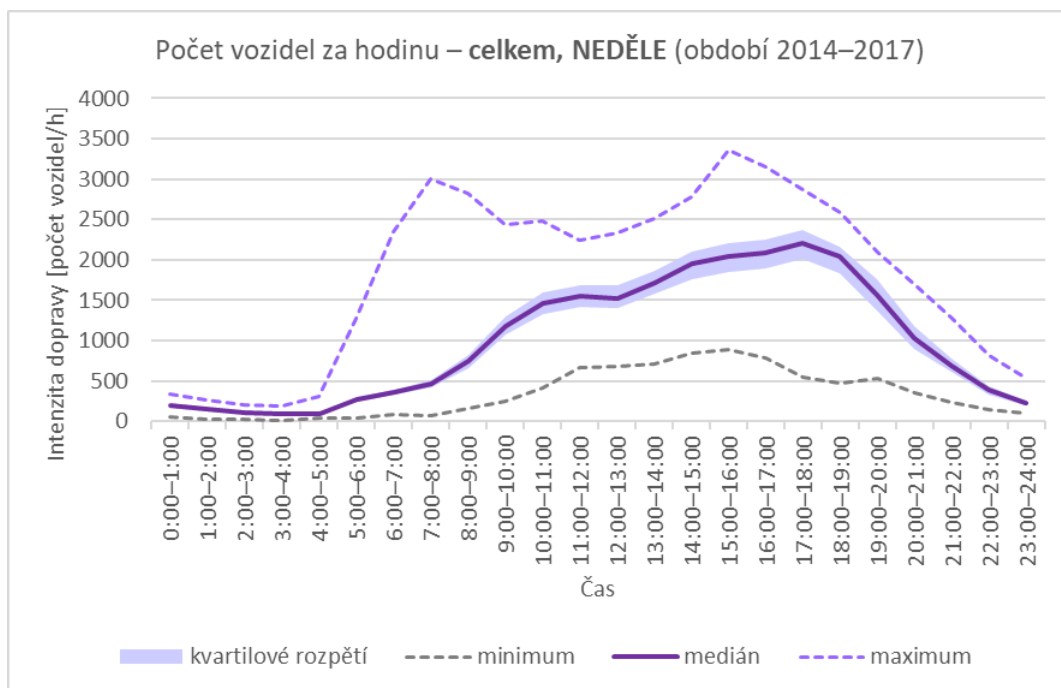
Nejvíce vozidel projede mezi 17. a 18. hodinou, kdy ve směru na Ostravu je medián intenzity 987 vozidel/h a ve směru na centrum 1 206 vozidel/h, celkem v obou směrech pak medián pro tuto denní hodinu činí 2 202 vozidel/h (obr. 17–19). Počty vozidel v jednotlivých směrech se podobají sobotě, jsou však ještě o něco nižší a mediánový součet ukazuje, že neděle je dopravně nejméně vytíženým dnem týdne s celkem 24 172 vozidel za den. Jedním z důvodů úbytku vozidel může být celoročně platný nedělní zákaz vjezdu kamionů na veškeré silnice (v období letních prázdnin se zákaz vztahuje v určených hodinách i na pátky a soboty).



Obr. 17: Počet vozidel za hodinu – směr Ostrava, NEDĚLE



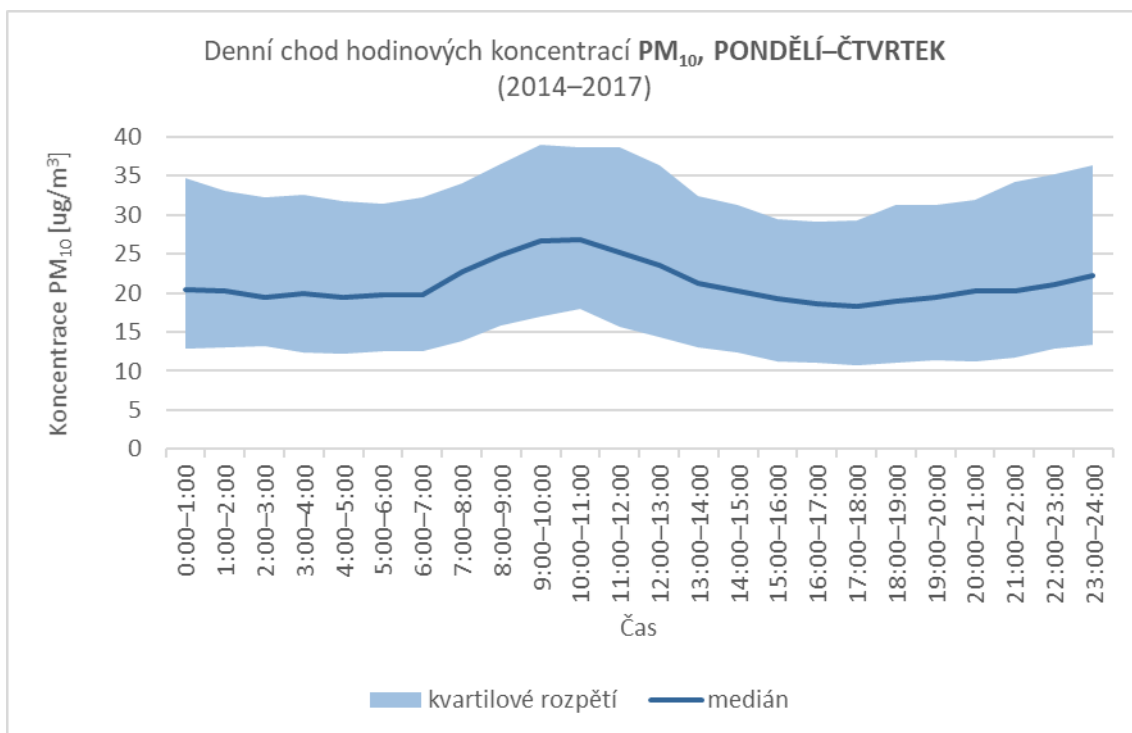
Obr. 18: Počet vozidel za hodinu – směr centrum, NEDĚLE



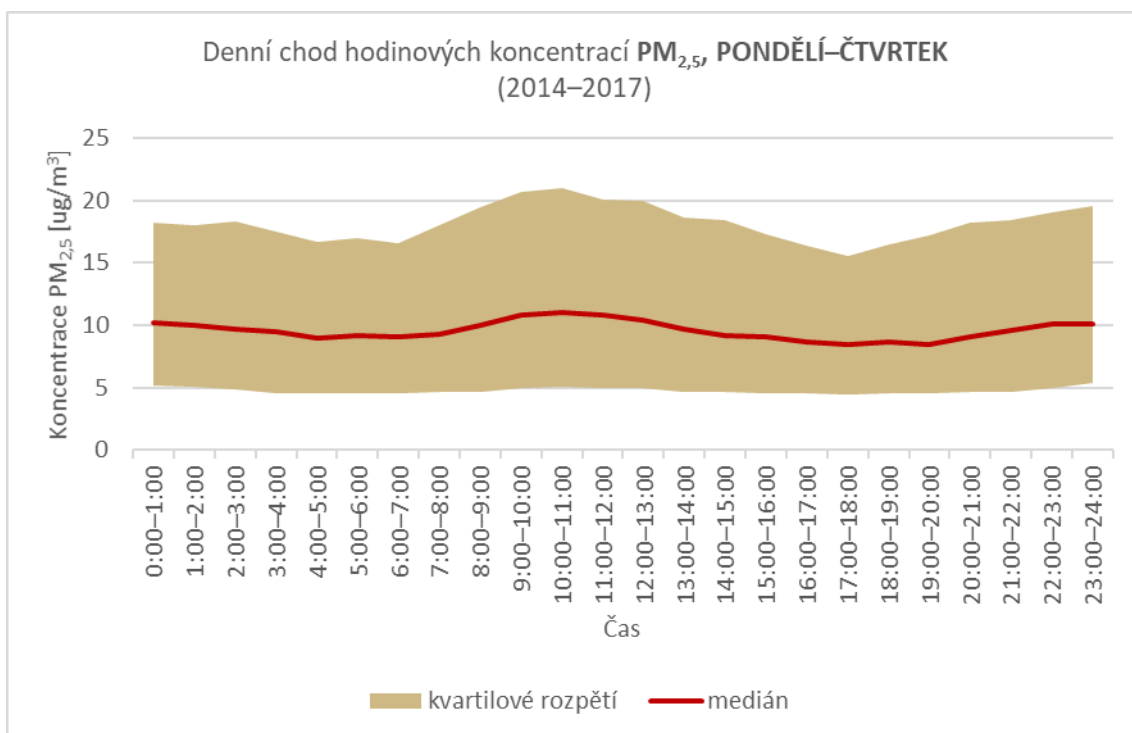
Obr. 19: Počet vozidel za hodinu – celkem, NEDĚLE

5.2 Koncentrace PM₁₀ a PM_{2,5} v lokalitě Velkomoravská

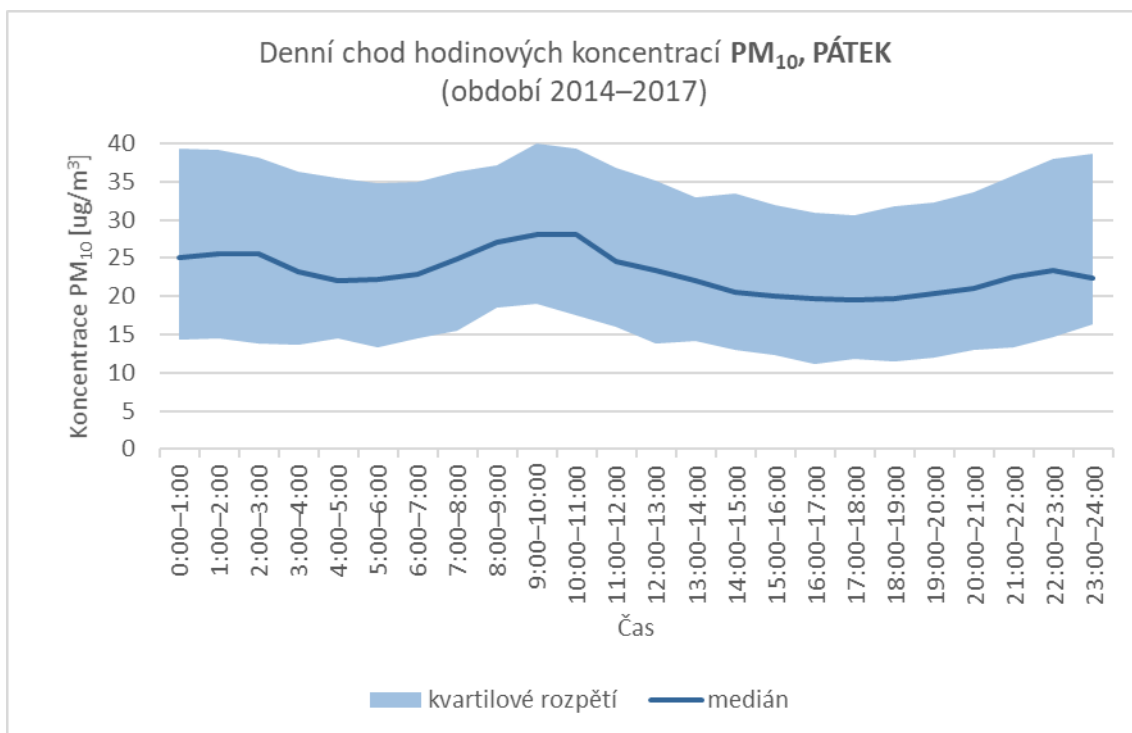
Obdobným způsobem jako intenzita dopravy byl zhodnocen i denní chod hodinových koncentrací prашného aerosolu v lokalitě Olomouc-Velkomoravská. V grafech nebyly znázorněny extrémní hodnoty zejména kvůli maximům koncentrací, které se ojediněle dostávaly na hodnoty přesahující 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, což by znemožnilo vykreslit viditelný denní chod obvyklých hodnot. V grafech je proto znázorněno jen kvartilové rozpětí a medián. Koncentrace PM za období 2014–2017 ve dnech **pondělí–čtvrtek** znázorňují obr. 20–21. Koncentrace začínají narůstat mezi 7. a 8. hodinou ranní a nejvyšších hodnot dosahují mezi 10. až 11. hodinou, což je zároveň i nejvyšší hodnota z celého dne (medián PM₁₀ je 26,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro PM_{2,5} je 11,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Dopravní špička se v těchto dnech vyskytuje už kolem 7. hodiny ranní, což je o 2–4 hodiny dříve, než se v ovzduší začnou vyskytovat nejvyšší hodnoty znečišťující látky PM₁₀, z čeho plyne, že vazba koncentrací PM na dopravu se projevuje až s určitou dobou akumulace částic vlivem zvýšené intenzity dopravy. Od 13. do 18. hodiny koncentrace postupně klesají i přesto, že v odpoledních hodinách dochází k odpolední dopravní špičce kolem 15. hodiny. Ve večerních hodinách začínají koncentrace postupně narůstat a tento trend přetrvává až do půlnoci. Odpolední a večerní vývoj lze přisuzovat obecně nejpříznivějším rozptylovým podmínkám v brzkých odpoledních hodinách a nástupu večerních izotermií a nočních inverzí v závěru dne.



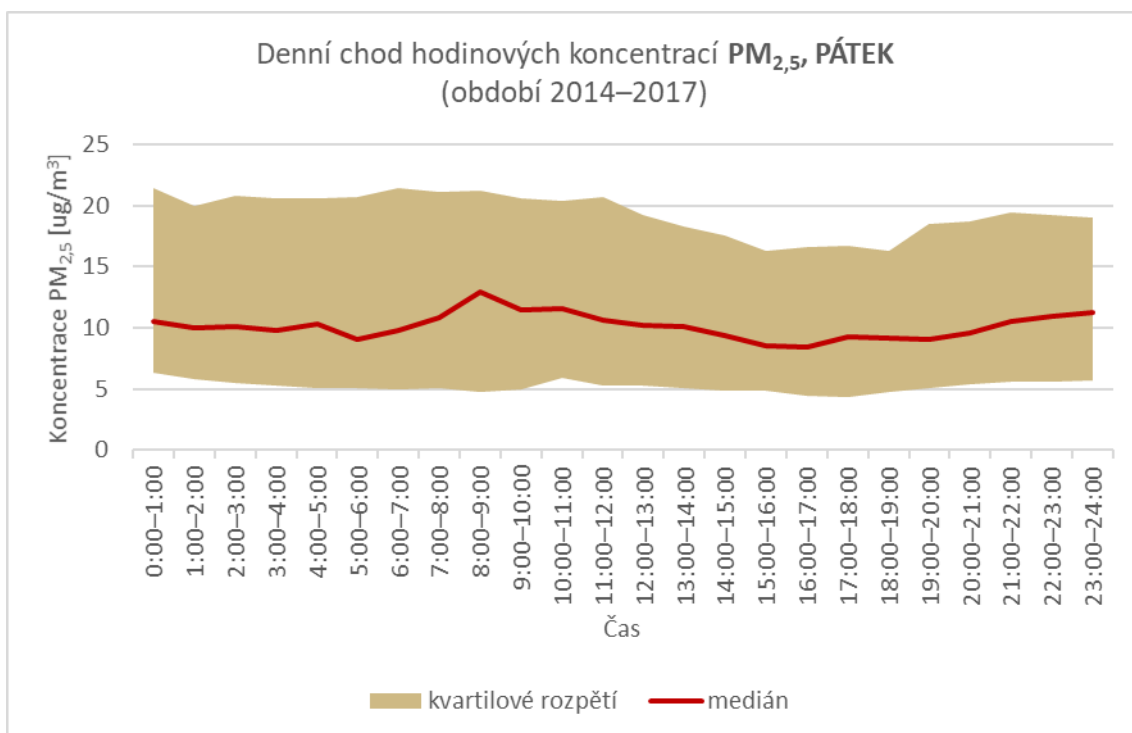
Obr. 20: Denní chod hodinových koncentrací PM_{10} , PONDĚLÍ–ČTVRTEK



Obr. 21: Denní chod hodinových koncentrací $PM_{2,5}$, PONDĚLÍ–ČTVRTEK



Obr. 22: Denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PÁTEK



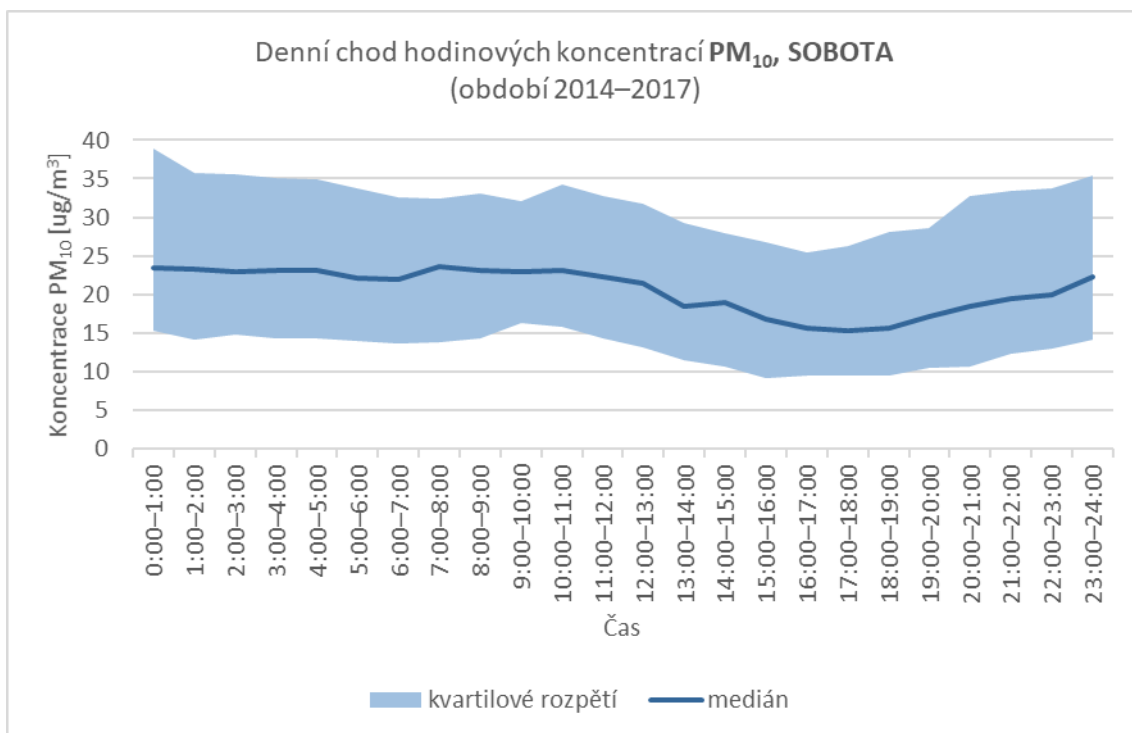
Obr. 23: Denní chod hodinových koncentrací PM_{2,5}, PÁTEK

Denní chod hodinových koncentrací v **pátek** vykazuje od předchozích čtyř pracovních dnů, jak pro PM₁₀, tak i PM_{2,5} dílčí odchylky. Jde především o zesílený nárůst koncentrací v dopoledních hodinách. Koncentrace PM₁₀ (obr. 22) jsou už v brzkých ranních hodinách vyšší (medián 25,55 µg/m³ od 1:00 do 3:00), poté však dochází k poklesu a opět mezi 6. a 7. hodinou začnou koncentrace postupně narůstat. Nejvyšší hodnoty koncentrace nastávají mezi 9. a 11. hodinou (medián 28,05 µg/m³), kdy je zároveň i vysoká intenzita dopravy. Poté začnou koncentrace PM₁₀ výrazněji klesat navzdory silné odpolední dopravní špičce (s vrcholem intenzity mezi 15. a 16. hodinou) což opět ukazuje na důležitou roli příznivých rozptylových podmínek v odpoledních hodinách.

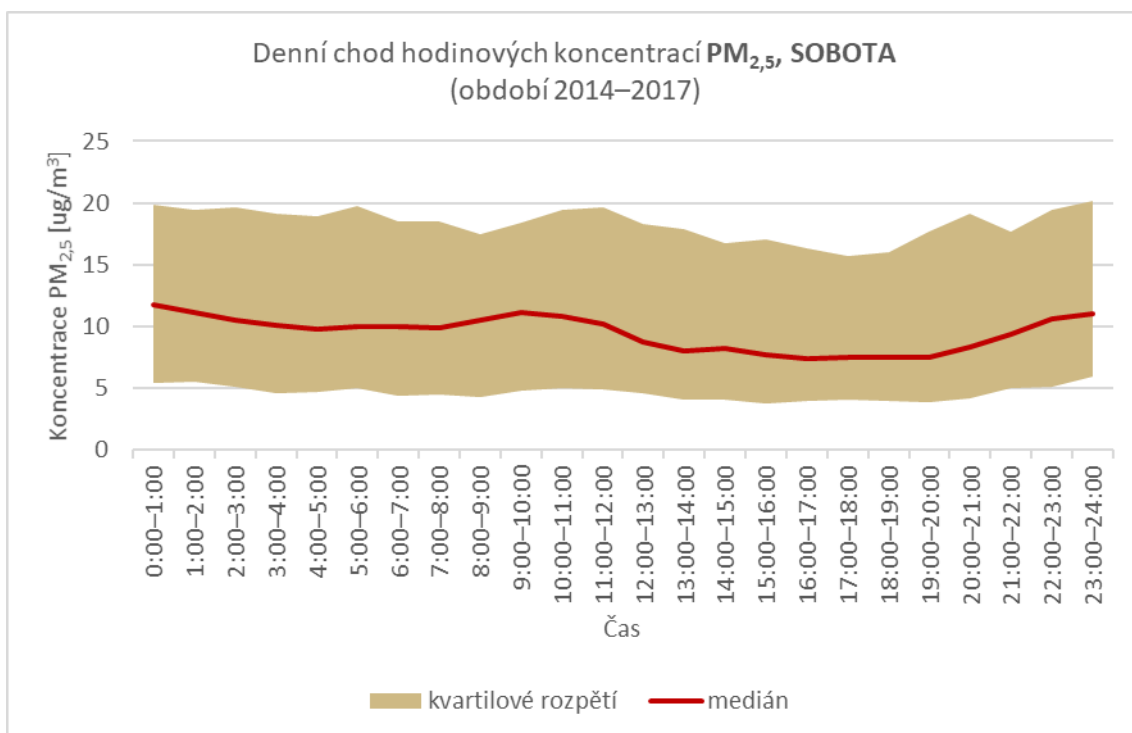
Medián koncentrace částic PM_{2,5} kolísá těsně nad hranicí 10 µg/m³ až do 5. hodiny. Následně dojde k mírnému poklesu a nárůst je zaznamenán po 6. hodině. Od 8. do 9. hodiny je množství koncentrací z celého dne nejvyšší (medián 12,9 µg/m³). Po zbytek celého dne je situace ustálená s pozvolným mírným poklesem (obr. 23).

V **sobotu** jsou hodinové koncentrace u PM₁₀ i PM_{2,5} bez zjevného dopoledního nárůstu. Hodnoty se drží ve stejné rovině až do poledních hodin, poté nastane v obou případech pozvolný pokles přetrvávající až do 18. hodiny. Do pozdních večerních hodin pokračuje mírný nárůst. Kvartilové rozpětí je o trochu menší než v pracovních dnech. I přesto, že doprava v obou směrech v sobotu naroste na svoje maximum kolem 10. hodiny ranní a přetrvává až do 19. hodin, u koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5} se to neprojeví (obr. 24 a 25).

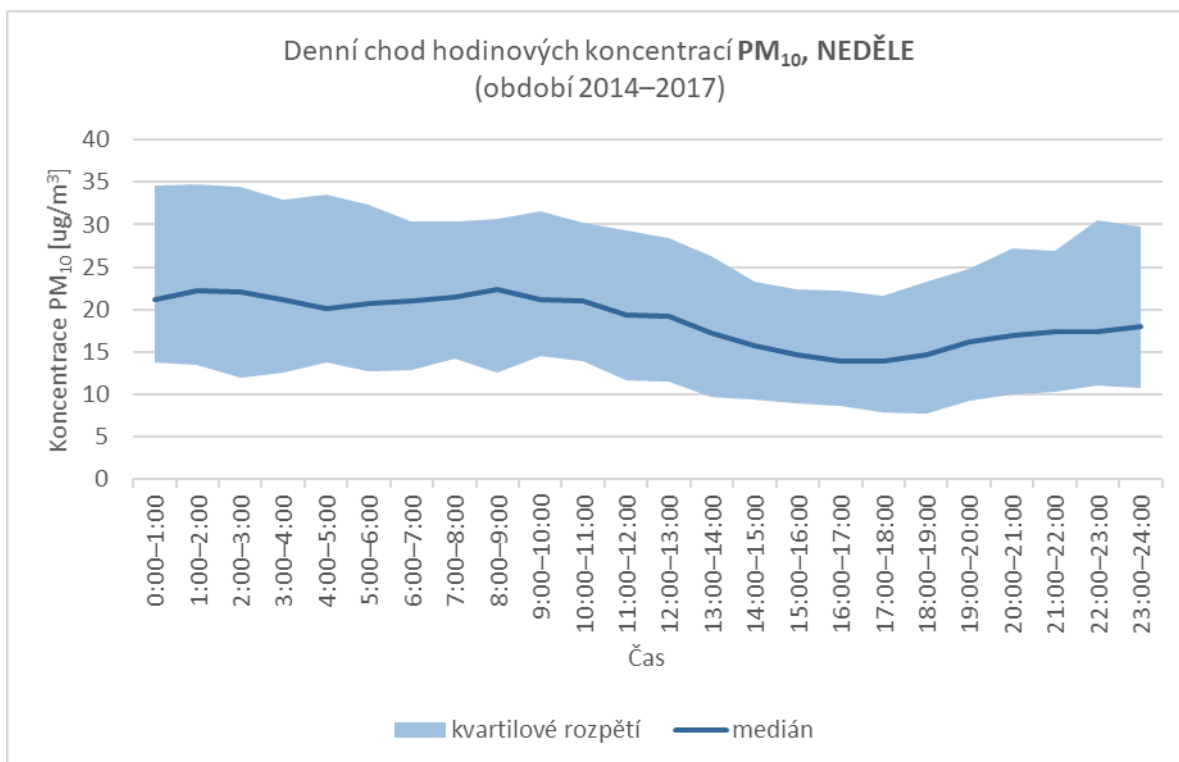
Podobný vývoj v denním chodu hodinových koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5} nastává i v případě **neděle** (obr. 26 a 27). Křivka mediánu zaujímá stejný tvar jako v sobotu, avšak hodnoty jsou po celý den nižší. Zatímco jsou koncentrace polévatého prachu v ranních hodinách vyšší, intenzita dopravy touto dobou neroste. Naopak v odpoledních hodinách je intenzita dopravy, zejména kolem 17. a 18. hodiny velmi vysoká a koncentrace PM₁₀ a PM_{2,5} jsou v této době nejnižší z celého dne.



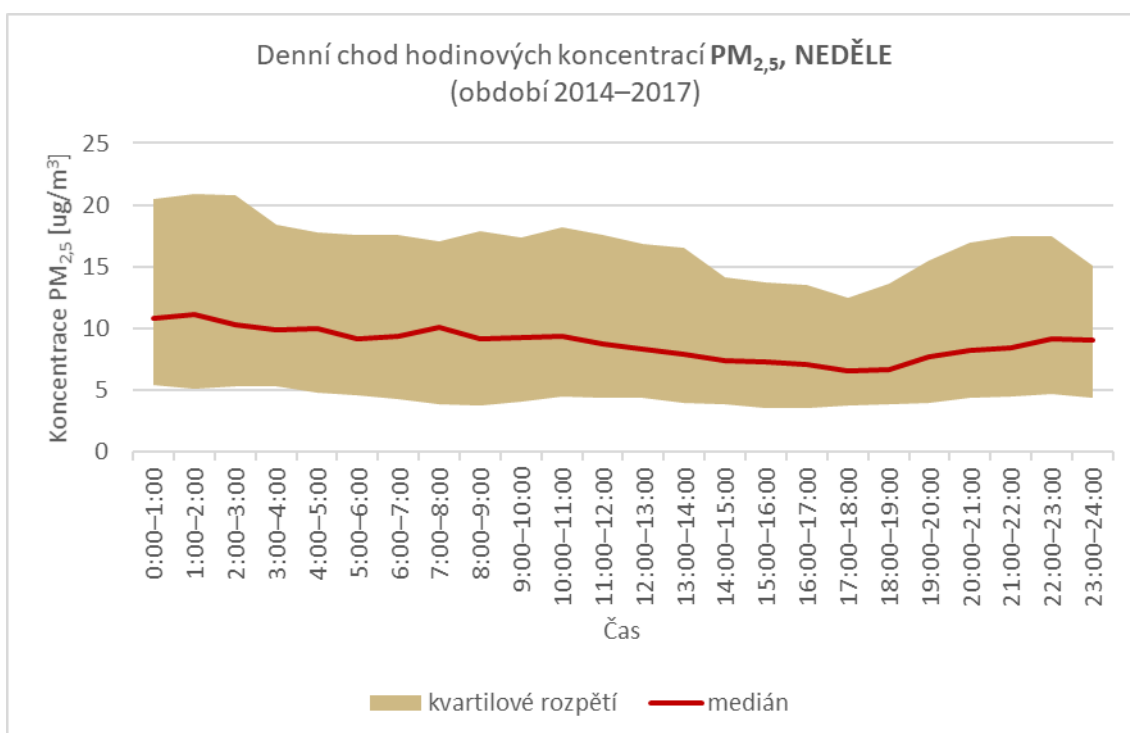
Obr. 24: Denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, SOBOTA



Obr. 25: Denní chod hodinových koncentrací PM_{2,5}, SOBOTA



Obr. 26: Denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, NEDĚLE



Obr. 27: Denní chod hodinových koncentrací PM_{2,5}, NEDĚLE

5.3 Analýza vztahu intenzity dopravy a koncentrací prašného aerosolu

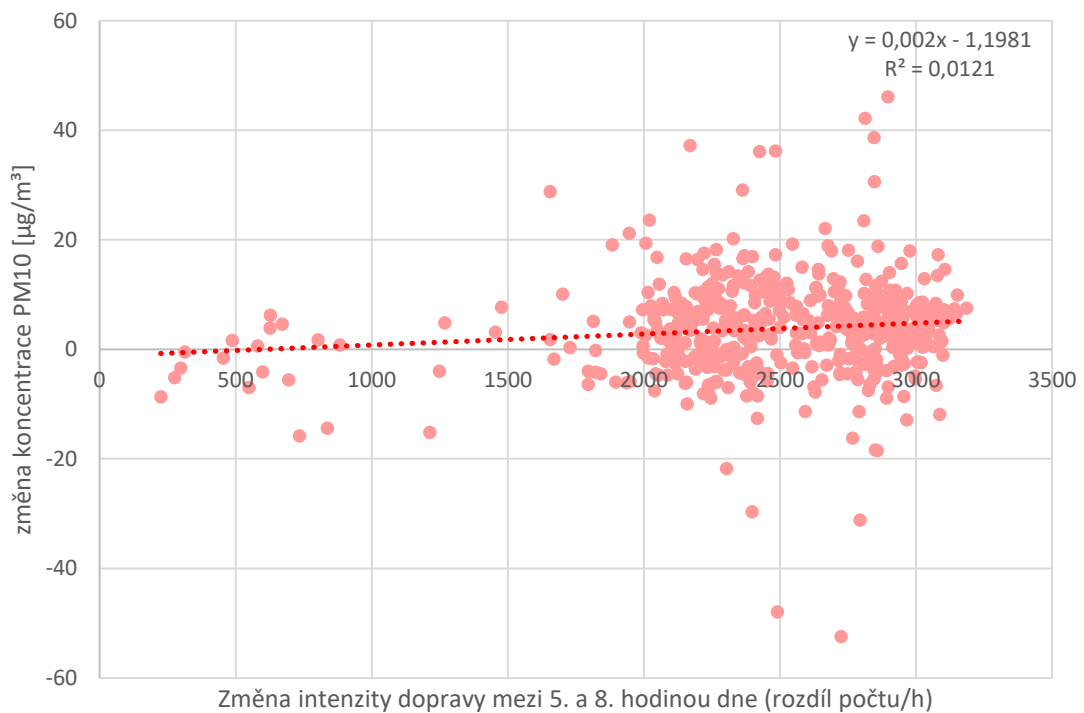
Pro hodnocení těsnosti vztahu mezi intenzitou dopravy a koncentracemi prašného aerosolu v lokalitě Velkomoravská bylo nutné nejprve uvážit, že celkovou prašnost v ovzduší ovlivňuje celá řada faktorů (rozptylové podmínky, vymývání atmosféry srážkami, vliv emisí z lokálního vytápění v chladném půlroce, přenos znečišťujících látek z větších vzdáleností apod.). Prosté znázornění hodinových intenzit dopravy a hodinových imisí PM₁₀ neukazovalo na prakticky žádnou průkaznou závislost.

Proto bylo ke zhodnocení vlivu dopravy na koncentrace prašného aerosolu přistoupeno porovnáním nárůstu intenzity dopravy a případného nárůstu koncentrací prašného aerosolu za stejný časový interval. Výrazné nárůsty intenzity dopravy se vážou na ranní špičku a odpolední špičku pracovních dnů (pondělí–pátek). Proto byly vypočteny nárůsty v intenzitě dopravy mezi 4.–5. hodinou a 7.–8. hodinou ranní (ranní špička) a dále mezi 12.–13. hodinou odpolední a 15.–16. hodinou odpolední (odpolední špička) a současně s tím ve stejných tříhodinových odstupech byly vypočteny změny v hodinových koncentracích PM₁₀ a PM_{2,5}. Aby se odlišil vliv emisí z vytápění, byly vyhodnoceny zvlášť hodnoty ze dnů teplého půlroku (duben–září) a chladného půlroku (říjen–březen).

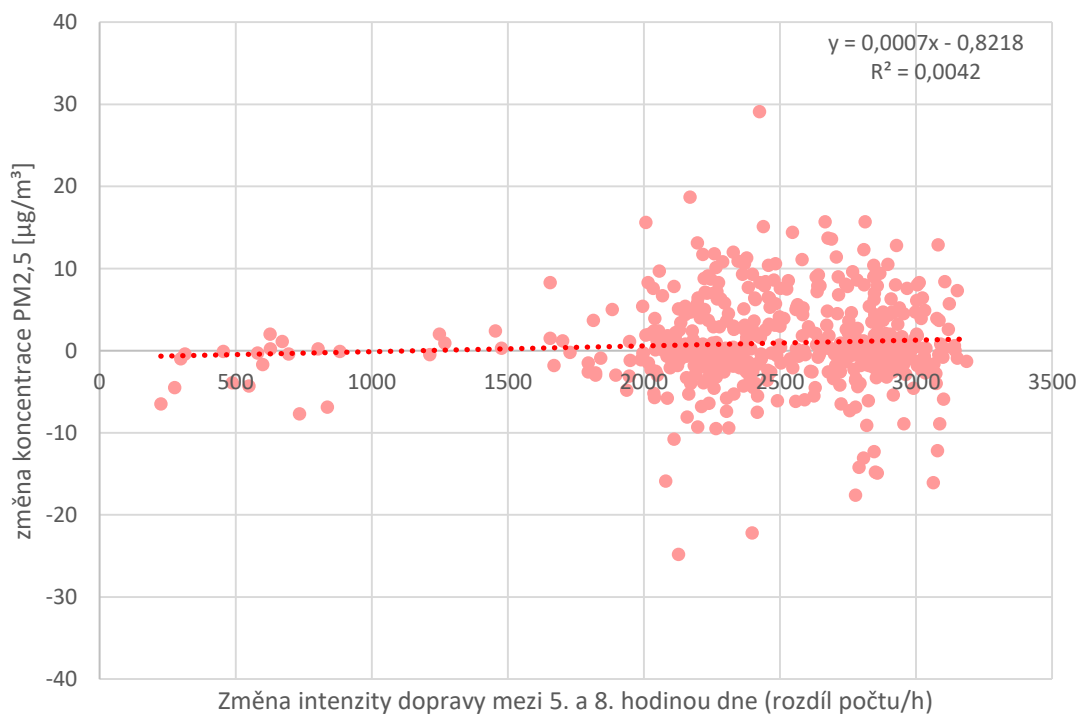
U koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5} v ranní špičce v teplém půlroce (obr. 28 a 29) jsou situace podobné, v obou frakcích PM má regresní křivka mírně rostoucí tendenci. Ačkoliv je mnoho hodnot blízko regresní křivce, řada hodnot změny koncentrace PM je výrazněji odchýlených na obě strany od regresní přímky. To ukazuje na celou řadu dalších faktorů, které vývoj koncentrací PM ovlivňují a nárůst intenzity dopravy nelze průkazně označit za jediného či dominantního původce nárůstu koncentrací prašného aerosolu v lokalitě. Vliv zde může sehrávat přestavba zvrstvení přízemní atmosféry, ke které v ranních hodinách v teplém půlroce dochází už v této denní době. Podobná situace nastává také u PM₁₀ a PM_{2,5} v odpolední špičce v teplém půlroce (obr. 30 a 23). Tady regresní křivka klesá a značná část hodnot se od ní vzdaluje. Roli zde opět může sehrávat denní chod rozptylových podmínek, odpolední konvektivní srážky (vymývání prašnosti z ovzduší) či ještě další faktory.

V chladném půlroce ranní špička nepřináší u částic PM₁₀ ani PM_{2,5} prokazatelný nárůst. Regresní přímka je prakticky vodorovná a blízká 0 (obr. 32 a 33). Odpolední špička v chladném půlroce (obr. 34 a 35) vykazuje ještě větší variabilitu změn koncentrací

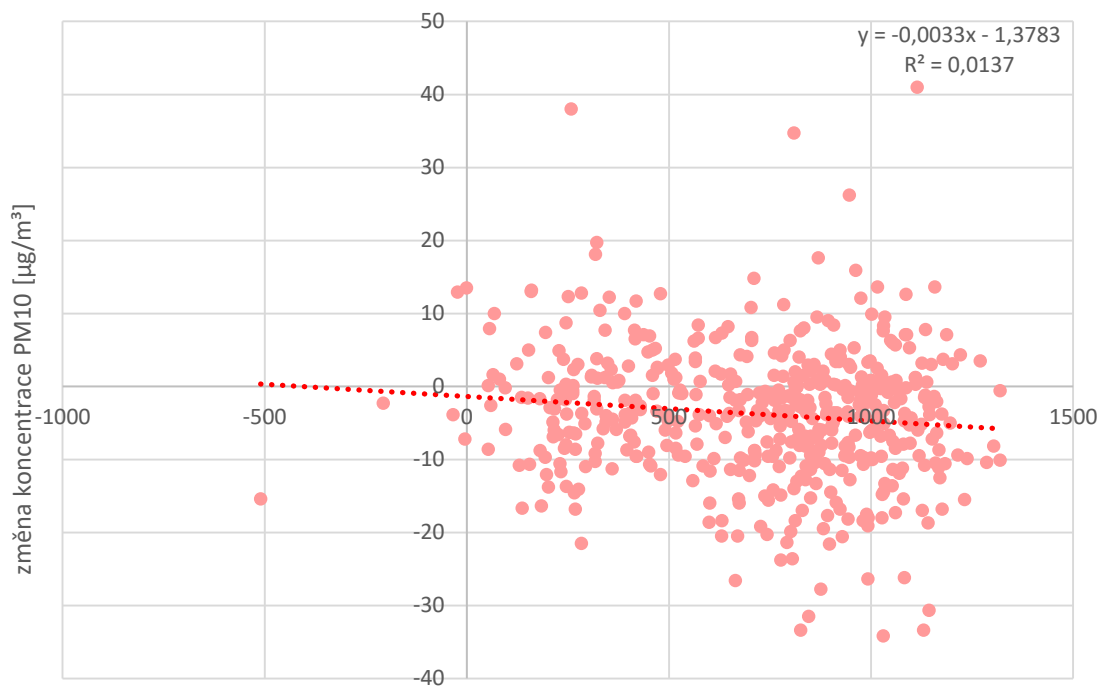
PM10 než špička ranní. To indikuje výraznější vliv jiných faktorů, než je nástup intenzivní dopravní zátěže.



Obr. 22: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM₁₀ v ranní špičce v teplém půlroce

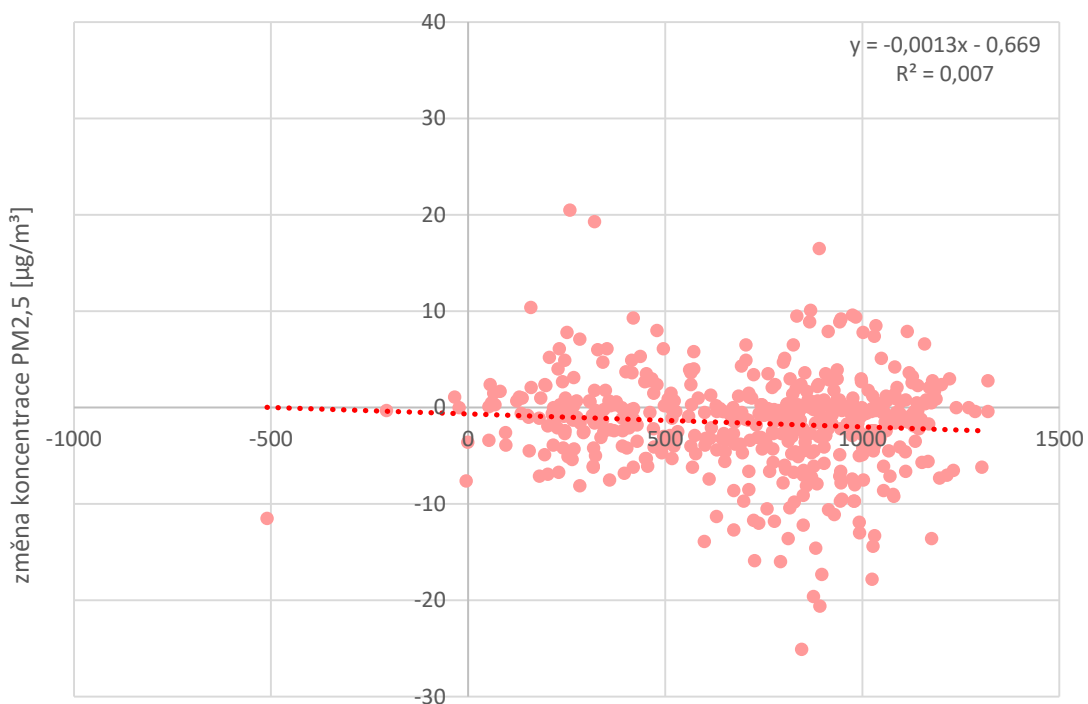


Obr. 23: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM_{2,5} v ranní špičce v teplém půlroce



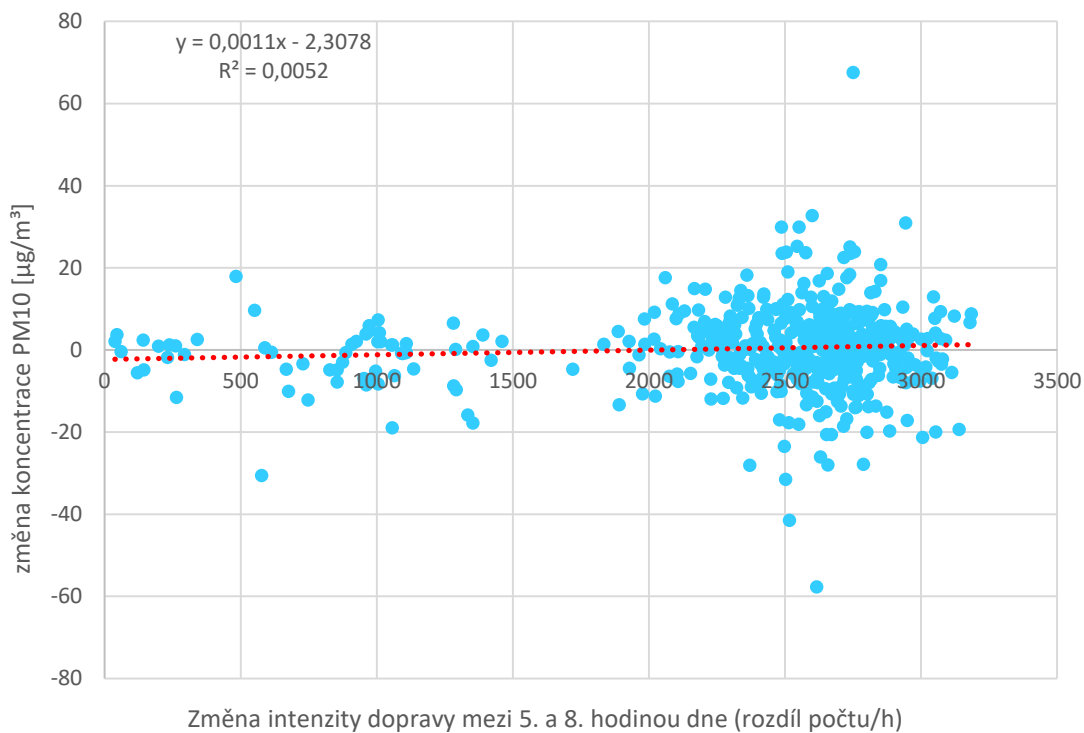
Změna intenzity dopravy mezi 13. a 16. hodinou dne (rozdíl počtu/h)

Obr. 30: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM₁₀ v odpolední špičce v teplém půlroce

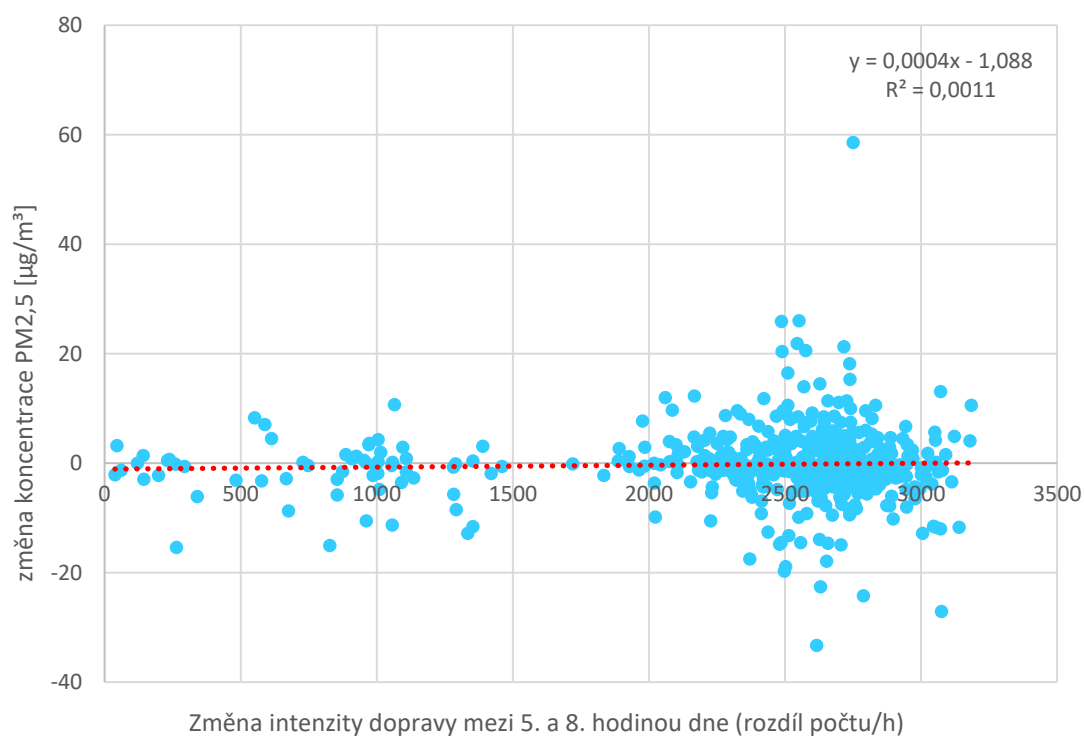


Změna intenzity dopravy mezi 13. a 16. hodinou dne (rozdíl počtu/h)

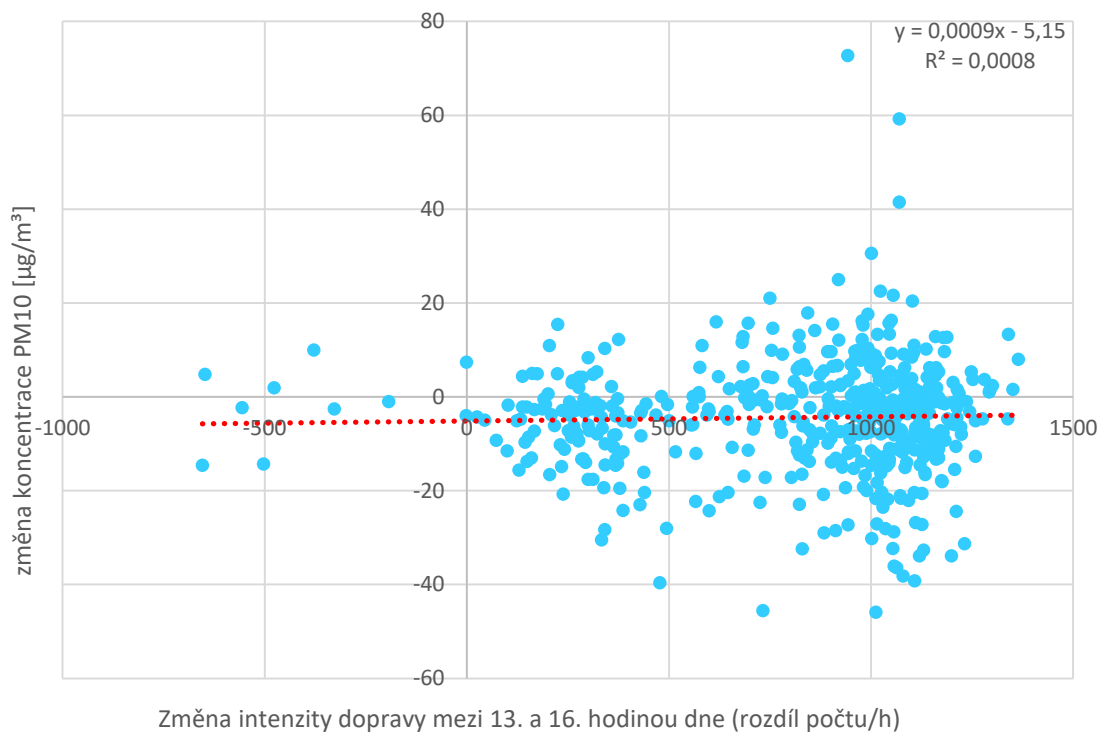
Obr. 31: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM_{2,5} v odpolední špičce v teplém půlroce



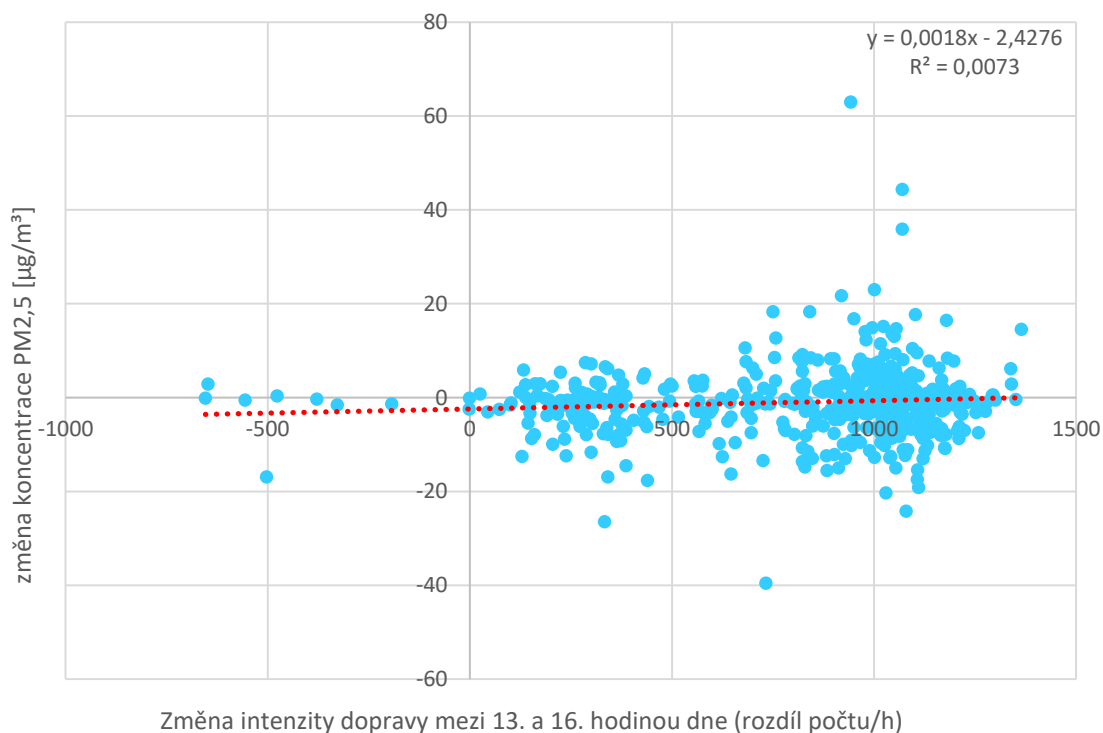
Obr. 32: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM₁₀ v ranní špičce v chladném půlroce



Obr. 33: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM_{2,5} v ranní špičce v chladném půlroce



Obr. 34: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM₁₀ v odpolední špičce v chladném půlroce



Obr. 35: Změny intenzity dopravy a koncentrací PM_{2,5} v odpolední špičce v chladném půlroce

6 Diskuze

Denní chod intenzity dopravy ve zkoumaném úseku ulice Velkomoravská v Olomouci vykazuje charakteristický průběh pro jednotlivé dny v týdnu, a to s velmi úzkým kvartilovým rozpětím kolem hodnot mediánu, lze jej proto ve zkoumaném období 2014–2017 chápat jako reprezentativní popis dopravní zátěže daného místa. Denní chod koncentrací prašného aerosolu také obdobně vykazuje charakteristický průběh, specifický pro určité dny v týdnu a tedy s jistou vazbou na dopravní zátěž. Hledání přímé souvislosti pomocí lineární regrese mezi nárůstem intenzit dopravy a koncentrací PM nicméně nepřineslo vyjádření průkazné regresní závislosti, do změn koncentrací PM současně vstupují jiné faktory natolik silně, že samotný nástup dopravní špičky tyto změny v koncentracích vysvětlit nedokáže.

Pro možné nalezení těsnější souvislosti by bylo vhodné zkoumat současně vliv dalších faktorů (zejména meteorologických podmínek rozptylu), případně využít i dalších měřených imisních veličin (např. oxidů dusíku). Vzhledem k tomu, že maxima v denním chodu koncentrací prašného aerosolu se objevují později (10.00–11.00) než ranní dopravní špička (7.00–8.00), bylo by možné zkoumat také nárůst koncentrací od ranní hodnoty po maximum ve vztahu ke kumulovanému objemu dopravy za toto období či ve vztahu ke klouzavým hodnotám nárůstu intenzity dopravy.

Fakt, že odpolední dopravní špička nepřináší odpovídající nárůst koncentrací prašného aerosolu dále přispívá k hypotéze výrazného vlivu vývoje rozptylových podmínek během dne. Nízká těsnost vazby koncentrací PM a intenzity dopravy může ukazovat také na obecně dobré podmínky provětrávání dané lokality.

Závěr

Práce byla zaměřena na vyhodnocení intenzity dopravy a imisí v lokalitě Olomouc-Velkomoravská. Vyhodnocení bylo provedeno pro všechny jízdní pruhy v obou směrech za čtyřleté období 2014 až 2017 za účelem zjištění možné vazby mezi intenzitou dopravy a množstvím prašných částic v ovzduší v dané lokalitě.

Pro tuto analýzu byla využita data městského monitoringu, která jsou měřena v ulici Velkomoravská monitorovací stanicí, která hodinově zaznamenává data o intenzitě dopravy v jednotlivých pruzích a o množství znečišťujících látek v ovzduší v této lokalitě. Data byla zpracována a následně vyhodnocena na základě analýzy a vyhodnocení statistických veličin.

Co se týče vyhodnocení intenzity dopravy, počty vozidel za hodinu se v jednotlivých pracovních dnech výrazněji neliší, rozdílný je v tomto ohledu pouze pátek, kdy dochází k nárůstu počtu vozidel zejména v odpoledních hodinách. Ve všech pracovních dnech dochází k ranní špičce kolem 7. až 8. hodiny, a k odpolední špičce mezi 15. a 16. hodinou. O víkendu intenzita dopravy výrazně poklesne. V sobotu je nejvyšší intenzita dopravy kolem desáté hodiny a během celého dne nedochází k žádným výkyvům. V neděli jsou počty vozidel v jednotlivých hodinách nejnižší z celého týdne. Doprava roste pozvolně a nárůst přichází až v pozdních odpoledních hodinách.

Ačkoliv by se dalo předpokládat, že množství prašných částic v ovzduší bude silně závislé na intenzitě dopravy, výsledky analýzy ukázaly, že vliv intenzity dopravy na prašnost v dané lokalitě je komplikován řadou dalších možných faktorů, neboť zejména u odpoledních špiček se výrazně projevuje denní vývoj rozptylových podmínek a ani v ranních špičkách nenarůstají koncentrace prašného aerosolu přímočaře s nárůstem intenzity dopravy.

Summary

Bachelor thesis was focused on evaluation of traffic intensity and air pollution levels at the site Olomouc-Velkomoravská. The assessment was carried out over the period 2014–2017 in order to identify the possible link between the traffic intensity and the amount of particulate matter in the locality.

For this analysis urban monitoring data was used, measured in the Velkomoravská monitoring station. These data were processed and subsequently evaluated based on the analysis and evaluation of statistical variables.

For the evaluation of traffic intensity, the number of vehicles per hour in individual working days does not differ. It is only Friday when the number of vehicles is rising mainly during the afternoon. Weekend traffic intensity drops significantly. There is no fluctuation on Saturday throughout the day. The traffic is growing slowly and the increase is only coming late in the afternoon when people are coming home on Sunday.

It could be assumed that the amount of particulate matter in the air will be strongly dependent on the traffic intensity, but the results have shown that the effect of traffic intensity on the air pollution in this location is very small. There is only a minimal increase in the PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations of pollutants in the air during the day.

Seznam použité literatury

Andreovský, J., Henelová, V., ed. (2013) *Příručka ochrany kvality ovzduší*. Praha: IREAS - Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor.

Bartoňová, A., Bednář, J., Bízek, V., Braniš, M., Brechler, J., Cílek, V., Fiala, J., Filip, J., Holoubek, I., Hovorka, J., Hůnová, I., Kalvová, J., Mikšovský, J., Moldan, B., Moldanová, J., Přibil, R., Raidl, A. (2009) *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Karolinum.

Bartoš, L., Martolos, J. (2012) *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích: TP 189*. Plzeň: EDIP.

Bernard, M. *Ovzduší vs. silniční doprava - právní nástroje ochrany*. *Frank Bold* [online]. 2008 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: http://frankbold.org/sites/default/files/publikace/ovzdusi_vs_doprava.pdf

CENIA. EURO normy. *Vítejte na Zemi* [online]. 2013 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=euro_normy&site=doprava

Český hydrometeorologický ústav. *Emisní bilance České republiky 2012*. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2015 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/12embil/uvod_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. *Index kvality ovzduší ve městech*. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2017 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/V4_IKO_CZ.html

Hospodářské noviny: *Americké ministerstvo spravedlnosti žaluje Volkswagen za manipulaci s emisemi*. *Hospodářské noviny* [online]. 2016a [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-65054180-americke-ministerstvo-spravedlnosti-zaluje-volkswagen-za-manipulaci-s-emisemi>

Hospodářské noviny: Volkswagen v USA zaplatí kvůli dieselgate rekordních 14,7 miliardy dolarů, potvrdil soud. *Hospodářské noviny* [online]. 2016b [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-65491230-americky-soud-potvrdil-rekordni-vyrovnani-s-volkswagenem-automobilka-zaplati-14-7-miliardy-dolaru>

Fereš, J., Horatius, D., Janoušek, V., Matoušková, L., Mertl, J., Podhajská, Z., Pokorný, J., Sůsa, J., Volaufová, L. *Životní prostředí - prostředí pro život?* [online]. 2007, 46 [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: [http://cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFNFWUOS/\\$FILE/publikace_net.pdf](http://cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFNFWUOS/$FILE/publikace_net.pdf)

Fofrnet.cz. Kamery živě. *Dopravní informace z Olomouce* [online]. 2013 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://dopravavolomouci.cz/homepage-2/kamery-zive/>

Foltýnek, D. *Strategie ITI Olomoucké aglomerace* [online]. 2016, 447 [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: http://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/16_/16335/2016_09_30_ITI-OA.cs.pdf

Frank Bold. Hluk & emise. *Frank Bold* [online]. 2007 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/poletavy-prach-%E2%80%93-neviditelna-hrozba/>

Hromádko, J., Hromádko, J., Höinig, V., Miler, P. *Spalovací motory*. Praha: Grada Publishing, 2011.

Mayer, H. *Air pollution in cities. Atmospheric Environment* [online]. 1999, 1999(33), 9 [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/223341518_Air_Pollution_in_Cities

Nádoba, J. Až skončí diesel. *Respekt*. 2018, **29**(12), 4.

Němec, O. *Percepce kvality ovzduší ve městě Olomouci* [online]. Olomouc, 2010 [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: <http://library.upol.cz/arl-upol/cs/csg/?repo=upolrepo&key=99100126896>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

Policie ČR. Zákaz jízdy kamionů v ČR a sousedních státech. *Policie České republiky* [online]. 2018 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/reditelstvi-sluzby-dopravni-policie-zpravodajstvi-zakaz-jizdy-kamionu-v-cr-a-sousednich-statech.aspx>

Pudelová, J. *Kvalita ovzduší města Olomouce* [online]. 2009, 38 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: https://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/85_/8584/ovzdusi-olomouc-brozura-2009.cs.pdf

Ředitelství silnic a dálnic ČR. Sčítání dopravy. *Ředitelství silnic a dálnic ČR* [online]. 2015 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/Scitani-dopravy>

Řezníček, P. *Znečištění ovzduší polétavým prachem v Olomouci* [online]. Olomouc, 2009 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: https://geography.upol.cz/soubory/studium/bp/2009-rg/2009_Reznicek.pdf. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

Sajdl, J. Emisní norma EURO. *Autolexikon* [online]. 2018 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://www.autolexikon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>

Statutární město Olomouc. Imisní monitoring. *Imisní monitoring* [online]. 2014 [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: <http://89.185.253.76:81/ovzdusi-olomouc/>

Vyhláška č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel. *Sbírka zákonů*. 28. 08. 2001. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=302/2001&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy

Weiser, M. Škoda Auto dostala povolení pro úpravu 400.000 aut z dieselgate. *České noviny* [online]. 2017 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/skoda-auto-dostala-povoleni-pro-upravu-400-000-aut-z-dieselgate/1469105>

Seznam příloh

Příloha 1: Tabulky s počty vozidel za hodinu (směr Ostrava, směr centrum, celkem) a s denními chody hodinových koncentrací PM_{10} a $PM_{2,5}$ za jednotlivé dny v týdnu v období 2014–2017 (volná příloha na CD-ROM).