

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Katedra: Zemědělské techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Analýza hmotnostní koncentrace polétavého
prachu v silniční dopravě v závislosti na
dopravním prostředí**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor bakalářské práce: David Klíma

2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David KLÍMA**
Osobní číslo: **Z11844**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Analýza hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravní trase a prostředí.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cíl práce:

Cílem práce je provedení měření hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravní trase a prostředí. Získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu vozidel v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů.

Metodický postup:

1. Rešerše z oblasti sledování úrovně znečištění ovzduší polétavým prachem;
2. Vypracování zásad pro provádění měření koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě;
3. Měření hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na charakteru dopravní trasy;
4. Měření hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na kategorii dopravních zařízení a v závislosti na charakteru provozu;
5. Vypracování souhrnu poznatků na základě naměřených hodnot hmotnostní koncentrace polétavého prachu v závislosti na charakteru dopravní trasy a kategorii vozidel.

Rozsah grafických prací: **fotografie, obrázky dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **60 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Adamec, V. a kol.: Doprava, zdraví a životní prostředí. GRADA, Praha 2008, 160 s.;

Celjak, I.: Dopravní a manipulační zařízení, interní učební text pro e-čtečky, ZF, JU v Č.Budějovicích, 2010, 112 s.;

Celjak, I.: Metodika měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě. ZF, Jihočeská univerzita v Č.Budějovicích, 2011, 16 s.;

Dufek, J., Huzlík, J.: Metodika pro stanovení emisní zátěže látek znečišťujících ovzduší v České republice. Brno, Centrum dopravního výzkumu, 2001, 21 s.;

Fiala, J., Horálek, J.: Znečištění ovzduší částicemi aerosolu na dopravou ovlivněných stanicích. Ochrana ovzduší, 2003, roč. XV., č. 2, s. 3-4, ISSN 1211-0337;

Zákon 56/2001 o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích;

Zákon 361/2000 o provozu na pozemních komunikacích;

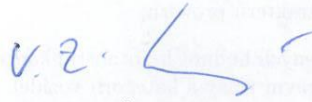
Nařízení vlády č.24/2003 Sb., o základních požadavcích na ochranu zdraví a bezpečnosti při konstrukci a výrobě strojních zařízení.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**


Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2014**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Střelná 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 7. března 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské - diplomové -rigorózní- disertační práce, a to- v nezkrácené podobě- v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 27. března 2014

.....

David Klíma

Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Ivo Celjakovi, CSc., vedoucímu mé práce, za skvělé vedení, cenné rady, připomínky, ochotu a pomoc při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl také poděkovat svým blízkým, kteří mě podporovali po dobu psaní.

Abstrakt:

Tato bakalářská práce na téma Analýza hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravním prostředí se zabývá měřením hmotnostní koncentrace polétavého prachu v místech, která se lišila jak v intenzitě provozu tak ve velikosti zdrojů prachových částic. Měřením byly získány objektivní informace o vlivu pohybu vozidel různých kategorií v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů.

Abstract:

The name of this bachelor thesis : Analysis of the mass concentration of airborne dust in the road transport depending on traffic environment deals with measurement of mass concentration of airborne dust i places, which differed both in the amount of traffic and resources in the size of dust particles. Measurement were obtained objective information about influence of different categories of moving vehicles in road transport on air pollution by emissions from non-combustion processes.

Obsah

0. Úvod.....	9
1. Současný stav poznání v oblasti řešené problematiky.....	10
1.1 Částice v atmosféře.....	10
1.2 Příčiny vzniku polétavého prachu.....	10
1.3 Vliv polétavého prachu na zdraví člověka.....	11
1.3.1 Rizika v datech.....	12
1.4 Dodržování limitů.....	12
1.5 Vznětové motory a jejich vliv na prašnost.....	13
2. Základní názvosloví s vazbou na řešenou problematiku.....	14
2.1 Polétavý prach	14
2.2 Prachové částice.....	14
2.3 Ochrana ovzduší před prachem v České republice.....	15
2.4 Emisní limit.....	16
2.5 Imisní limity polétavého prachu v České republice.....	16
2.6 Dopravní trasa.....	17
2.7 Dopravní zařízení.....	17
2.8 Vozovkové znečištění.....	17
3 Základní rozdělení kategorií motorových vozidel vhodných pro přepravu břemen.....	18
3.1 Základní kategorie.....	18
3.2 Kategorie M.....	18
3.2.1 Typ kombi.....	18
3.2.2 Typ MPV.....	19
3.2.3 Typ hatchback.....	19
3.3 Kategorie N.....	19
3.3.1 Kategorie N1.....	20

3.3.2 Kategorie N2.....	22
3.3.3 Kategorie N3.....	22
3.4 Kategorie O – přípojná nemotorová vozidla.....	23
3.5 Kategorie T.....	24
4 Měření	26
4.1 Metodika měření.....	26
4.1.1 Přístroj pro měření.....	26
4.1.2 Princip měření.....	27
4.1.3 Místa měření.....	27
4.1.3.1 Měření prachových částic v základních místech.....	27
4.1.3.2 Měření prachových částic ve specifických místech.....	28
4.1.4 Podmínky pro měření.....	28
4.1.5 Období měření.....	28
4.2 Vlastní měření.....	28
4.2.1 Místa měření.....	28
4.2.1.1 Měřené lokality.....	29
5 Diskuse.....	41
6 Závěr.....	43
7 Seznam použité literatury.....	45
8 Seznam obrázků.....	47
9 Seznam tabulek.....	48
10 Seznam příloh.....	49

0 Úvod

Bakalářská práce se zabývá analýzou hmotnostní koncentrace polévatého prachu částic s aerodynamickým průměrem pod 10 μm , které mají bezprostřední dopad na lidské zdraví a částic pod 2,5 μm , které se dostávají do plic a mají negativní vliv na lidské zdraví, protože dráždí dýchací cesty, způsobují kašel nebo dýchací obtíže, snižují plicní funkce, zhoršují astma, mohou způsobovat chronickou bronchitidu, nepravidelnost ve srdečním tepu, infarkty a dokonce předčasné úmrtí lidí s nemocí srdce a plic [5].

Významným zdrojem znečištění ovzduší prachovými částicemi PM10 kolem dopravních tras představuje zvíření prachových částic deponovaných na vozovce a v jejím blízkém okolí, které je iniciováno projíždějícími vozidly vlivem pohybu kol, turbulencí kolem rotujících částí vozidel a pohybem vzduchu za vozidlem a podél vozidla

Význam práce spočívá v získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu silničních vozidel v dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů.

V teoretické části práce jsou uvedeny základní pojmy ze zkoumané problematiky, vliv polévatého prachu na lidský organismus, nejčastější strůjce zvýšené prašnosti a v neposlední řadě také pojmy z dopravy .

V části praktické jsou uvedeny výsledky měření, která byla prováděna v rozmanitých podmínkách a s rozmanitým znečištěním dopravní trasy. Měření byla realizována v rozdílné velikosti obcí, na dopravních trasách s velmi hustým provozem i na silnicích, kde je větší výskyt vozidel kategorie T,T₀ a v neposlední řadě také vliv rychlosti na větší znečištění.

V závěru jsou shrnuty získané poznatky a návrhy na řešení dané problematiky.

1) Současný stav poznání v oblasti řešené problematiky

1.1 Částice v atmosféře

Atmosféra je složená z hlavních plynných složek, kterými jsou dusík (78%), kyslík (21%), ale také z plynů, které se v atmosféře vyskytují ve velice malých množstvích jako je vodík, oxid uhličitý, methan, argon nebo neon. Kromě plynné složky obsahuje atmosféra také rozptýlené kapalně a pevně částice tvořící dohromady aerosol [2]. Pevné částice se do atmosféry dostávají buď z přirozených nebo antropogenních zdrojů, mezi které patří hlavně doprava a různé druhy průmyslu [5]. Antropogenní zdroje atmosférických částic nemají pouze bezprostřední vliv na složení atmosféry, ale také na chemické a fyzikální procesy, které v ní probíhají. V dlouhodobém horizontu tak mohou přispívat ke globálním změnám klimatu [7],[4].

1.2 Příčiny vzniku polétavého prachu

Polétavý prach v malém množství vzniká přirozeně v přírodě, například při sopečných erupcích nebo lesních požárech. V současné době vzniká ale polétavý prach především jako negativní produkt lidské činnosti. K jeho nadměrnému vytváření dochází především různými spalovacími procesy.

Co způsobuje nadměrnou produkci polétavého prachu?

- nárůst automobilové dopravy
- domácí vytápění nekvalitními tuhými palivy
- spalování odpadů
- tepelné elektrárny
- těžební činnost
- tavení rud a kovů
- odnos částic půdy větrem z ploch bez vegetačního pokryvu [6]

1.3 Vliv polétavého prachu na zdraví člověka

Dlouhá doba přítomnosti částeczek prachu v ovzduší zvyšuje míru vdechování těchto částic. Nebezpečnost polétavého prachu pro zdraví člověka závisí na zdroji a složení prachu. Dýchání sazí z tisíců dieselových motorů automobilů ve městě je kvůli vysokému obsahu rakovinotvorných látek mnohem nebezpečnější, než vdechnutí rozvířených zrníček půdy z pole během procházky přírodou.

Částice větší, než 10 mikrometrů, se obvykle zachytí již na nosní sliznici, menší částičky, tedy právě PM_{10} , se usazují dále v průduškách. Při hlubším nádechu pak částice putují do vzdálenějších částí dýchacího ústrojí. Menší částice, $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$, mohou někdy putovat přímo až do plicních sklípků a jsou proto nejnebezpečnější. U nás se zatím ale naneštěstí koncentrace částic $PM_{2,5}$ ani odděleně neměří a nevyhodnocují, i když to doporučuje Světová zdravotnická organizace.

Prachové částice v průduškách a plicích škodí jednak samotným mechanickým zaprášením, stejně jako rostlinám škodí zaprášení listů, mnohem větším problémem je pak obsah jedovatých a rakovinotvorných látek v prachu, například arzenu, kadmia, chromu, niklu, olova nebo manganu.

Dlouhodobé vystavení vysokým koncentracím polétavého prachu poškozuje dýchací a srdeční ústrojí, zkracuje délku života a zvyšuje kojeneckou úmrtnost.

Co způsobuje nadměrné vdechování polétavého prachu?

- astma
- plicní choroby
- rakovinu plic
- poškození nenarozených dětí již v prvním měsíci těhotenství
- častější onemocnění dýchacích cest u dětí
- ve vyšším věku zvyšuje počet onemocnění cukrovkou, vysokým krevním tlakem a různými srdečními onemocněními [6]

1.3.1 Rizika v datech

- rizika související s jemným prachem se podílí v ČR na úmrtnosti 5-13 procenty
- při počtu 104.400 ročně zemřelých v ČR se prašnost může odrazit v úmrtí 1.745 až 12.418 lidí
- kvůli poléťavému prachu zemře 348.000 lidí v Evropě předčasně
- prach zkracuje průměrnou délku života ve městech o rok
- poléťavých prach snižuje hrubý domácí produkt Evropské unie každoročně asi o 80 miliard euro
- malé prachové částice ve velkých městech způsobují více úmrtí, než dopravní nehody
- dlouhodobé vystavení vysokým koncentracím výfukových plynů dieselových motorů vede k nárůstu výskytu rakoviny o 40%
- znečištění ovzduší má na svědomí sedmkrát více životů než dopravní nehody na evropských silnicích [6]

1.4 Dodržování limitů

Pro poléťavý prach PM₁₀ platí čtyřiaadvacetihodinový limit 50 mikrogramů na m³, přičemž tento limit může být 35x ročně překročen. Další platný limit stanovuje nejvyšší průměrnou koncentraci za celý rok na 40 mikrogramů. Dle nejnovějších studií však mohou mít škodlivé zdravotní účinky i nižší koncentrace poléťavého prachu.

Bez ohledu na to je imisní limit pro poléťavý prach překročen na třetině území ČR. Na této třetině území však žijí dvě třetiny obyvatel, kteří jsou prachu vystaveni a musí čelit zvýšeným zdravotním rizikům.

V České republice a v Polsku je situace nejhorší z celé Evropské unie. V porovnání čistoty ovzduší asi ve 30 velkých evropských městech z hlediska znečištění poléťavým prachem vyšlo jako vůbec nejhorší město Praha.

Evropská unie chce zpřísnit limit tak, aby povolený limit 50 mikrogramů na metr krychlový nesměl být překročen častěji než sedmkrát za rok. Zpřísnilo se tak dosavadní kritérium tolerující překročení stanovené hranice pětaticetkrát. [6]

1.5 Vznětové motory a jejich vliv na prašnost

Dvě třetiny prachových částic z aut vyprodukuje diesellový motor. Diesellový motor sice ušetří oproti benzínovému 25-30% paliva, což má kladný vliv na emise CO₂ a vznik skleníkového efektu, jenže dokáže vyprodukovat stonásobně (!) větší množství prachových částic oproti benzínovému motoru s katalyzátorem. V tomto ohledu je diesel vážnou hrozbou pro zdraví lidí.

Technickým řešením jsou filtry pevných částic (DPF), v nichž dojde ke spálení přes 80% větších i menších částic, některé filtry umí odstranit z výfukových plynů až 95% částic. Filtry podle typu potřebují údržbu po 100 – 200 tisíci najetých kilometrech (především doplnění aditiva pro občasné spálení prachových částic), montují se ale už i filtry bez nutnosti údržby.

Některé automobilky vybavují své diesellové vozy filtry prachových částic standardně, u některých modelů jsou k dispozici volitelně za příplatek. Řada výrobců bude muset filtr prachových částic zahrnout jako běžnou součást vozu kvůli splnění aktuálních emisních limitů EURO [6]

2. Základní názvosloví s vazbou na řešenou problematiku

2.1. Poléťavý prach

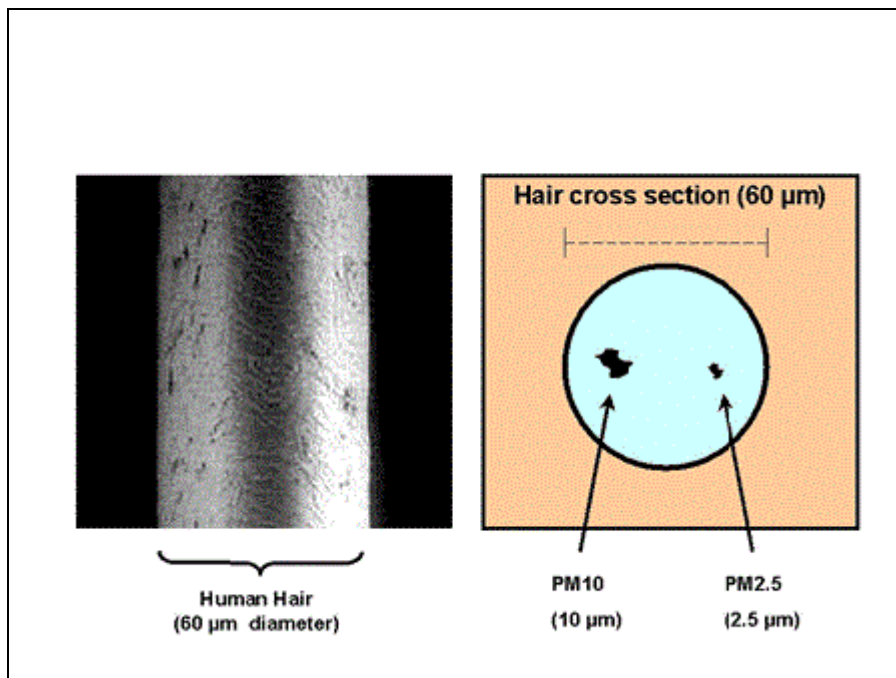
Jde o malé částice různých látek, které jsou tak lehké, že trvá velmi dlouhou dobu, než se usadí na povrchu. Kvůli této vlastnosti se vžil pojem „poléťavý prach“. Označuje se jako PM, přičemž rozlišujeme kategorie PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0}, podle velikosti částic. Např. PM₁₀ jsou částice do 10 mikrometrů (tj. tisícín milimetru). Čím menší průměr částice má, tím déle zůstává v ovzduší. Částice PM₁₀ „poletují“ ve vzduchu několik hodin, PM_{1,0} i několik týdnů, dokud nejsou spláchnuty deštěm.

Poléťavý prach tvoří většinou sírany, amonné soli, uhlík, některé kovy, dusičnany, případně i těkavé organické látky nebo polyaromatické uhlovodíky. [6]

2.2 Prachové částice

Ve vzduchu se kromě plynné frakce vyskytují prachové částice různého charakteru a velikosti. Mezi ně patří saze, pyl, krystalky mořské soli, minerální prach, azbestová vlákna, popílek a jiné typy částic [2]. Částice mají velkou škálu velikostí od sub-nanometrů až po milimetrové prachové částice [2]. Částice škodlivé pro člověka mají aerodynamický průměr částic menší nebo roven 10 μm a označujeme je jako částice PM₁₀. Největší pozornost je ovšem celosvětově věnována tzv. respirabilním částicím menším než 2.5 μm (PM_{2,5}), protože mají potenciálně největší negativní vliv na zdraví člověka [3]. Koncentrace prachových částic se místo od místa různí, podle některých studií se zdá, že větší variabilitu mají hrubší částice [8]. Zatímco koncentrace PM_{2,5} se dlouhodobě výrazně neměnily, koncentrace PM₁₀ se v čase měnily velice výrazně, největší rozdíly byly pozorovány na podzim a v zimě [3]. Obsah prachových částic v atmosféře je značný. Ve stratosféře 20 km nad povrchem Země je obsah částic menší než 10 částic na cm³. V městských oblastech bývá naměřeno kolem 1x10⁵ na cm³. Dokonce i v oblastech, kde je očekáváno minimální znečištění, jako například západní pobřeží Irska, byla naměřená hodnota částic více než 1 x 10⁶ cm⁻³ [2]. Koncentrace celkového naměřeného prašného aerosolu bývá v zimě vyšší než v létě. Tento jev je silně ovlivněn meteorologickými podmínkami, rychlostí větru, a atmosférickou stabilitou. Studie prováděná v kampusu univerzity Bayreuth 15 v severovýchodním Bavorsku v zimě 2. až 6. února a v létě 29. června až 2. července 1993 dospěla k výsledku, že v

únoru byla koncentrace aerosolů třikrát vyšší (64 kg m^{-3}) než v srpnu (19 kg m^{-3}) [9].



Obrázek 1. Rozdíl ve velikosti mezi lidským vlasem a částicí PM10 a PM2.5

zdroj: www.arb.ca.gov

2.3. Ochrana ovzduší před polétavým prachem v České republice

Emise škodlivin do ovzduší postihuje zákonodárný systém České republiky pomocí zákona o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb., pomocí Nařízení vlády č. 350 – 354/2002 Sb. a vyhlášek MŽP č. 355 – 358/2002 Sb. Úplné znění zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů pojednává zákon č. 472/2005 Sb. [10].

Zákon stanoví práva a povinnosti osob a působnost státních orgánů při ochraně vnějšího ovzduší, včetně stanovení poplatků za vnášení znečišťujících látek do ovzduší, zacházení s regulovanými látkami, které poškozují ozonovou vrstvu Země, či výrobky, které takové látky obsahují, včetně regulovaných látek. Dále stanoví podmínky pro další snižování látek znečišťujících ovzduší, působících

nepříznivým účinkem na život lidí, zvířat, na životní prostředí a hmotný majetek (včetně pachových látek obtěžujících obyvatelstvo a seznamu paliv, jejichž spalování v malých spalovacích zdrojích může orgán obce ve svém obvodu zakázat). Zákon je rovněž nástrojem pro snižování množství látek ovlivňujících klimatický systém Země a definuje také skupiny znečišťovatelů ovzduší na velké, střední a malé zdroje znečišťování. Všechny tyto skupiny mají povinnost platit za vnášení znečišťujících látek do atmosféry [11].

2.4. Emisní limit

Emisním limitem je nejvýše přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečištění vyjádřené jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky nebo hmotnostní tok ZL za jednotku času nebo hmotnost ZL vztažená na jednotku produkce nebo lidské činnosti (Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, § 2, odst. e).

Emisní limit pro ochranu zdraví lidí je stanoven pro částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 μm odlučovací účinnost (**PM₁₀**) (Nařízení vlády 597/2006 o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, §3, odst. (2), písm. b)).

2.5 Imisní limity polévatého prachu v České Republice

Nařízení vlády č. 350/2002 Sb., v platném znění (novela č. 597/2006 Sb.), zpracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje způsob sledování a vyhodnocování kvality ovzduší. Stanovuje imisní limity a přípustné četnosti jejich překročení, cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle, kterých je třeba postupně dosáhnout, pro vybrané znečišťující látky. U plynných znečišťujících látek se objem přepočítává na standardní podmínky. U PM₁₀, PM_{2,5} a znečišťujících látek, které se analyzují v PM₁₀, se objem odběru vzorků vztahuje k vnějším podmínkám [12].

2.6 Dopravní trasa

Dopravní trasa je zpravidla vyznačená část v prostředí, která umožňuje opakovaný, bezpečný a plynulý pohyb břemen prostřednictvím vhodných dopravních zařízení (automobil, dopravník, čerpadlo), resp. strojním zařízením, která na trasách nebo v jejich okolí vykonávají pracovní činnost. Při dopravě jsou využívány dopravní prostředky (háky, lana, palety, bedny) pro zajištění polohy břemen. Pohyb je realizován pomocí mobilních energetických zařízení, zařízení využívající zvířecí síly, lidské síly, přírodních a fyzikálních sil, které jsou určeny pro dopravu. Některá dopravní zařízení vykonávají pohyb po dopravní trase i bez břemen (návrat po trase k břemenu). Konstrukce (provedení) dopravní trasy musí vyhovovat předpokládané zátěži (hmotnosti a počtu vozidel a strojních zařízení) a musí umožnit bezproblémový pohyb. Z toho vyplývá, že musí umožňovat snadnou průchodnost dopravních a jiných zařízení, která zde vykonávají pracovní činnost a musí splňovat požadavky na bezpečnost pohybu zmíněných strojních zařízení. Včasnou údržbou dopravní trasy se zmírňuje (nikoliv odstraňuje) vliv povětrnostních podmínek (náledí, sníh) a odstraňují se závady vzniklé používáním dopravní trasy. V některých případech se dopravní zařízení nepohybují po dopravních trasách, ale pouze v optimálních směrech pohybu, který vyžaduje technologie pracovní činnosti (práce v zemědělství a stavebnictví). [1]

2.7 Dopravní zařízení

Dopravní zařízení je mobilní (například dlepr, nákladní automobil, letadlo) nebo stacionární (dopravník, čerpadlo) strojní zařízení (nikoliv prostředek), jehož konstrukce umožňuje řízený pohyb břemen po stanovených dopravních trasách a umožňuje nést břemeno a směřovat jeho pohyb do cílového místa (břemenem je i posádka dopravního zařízení). [1]

2.8. Vozovkové znečištění

Vozovkové znečištění zahrnuje převážně větších frakcí, na jejichž složení se podílejí částice geologického původu z okolní půdy, částice pocházející ze zemních posypů, částice pocházející ze zimních posypů, částice vzniklé abrazí vozovky,

opotřebením částí vozidel (pneumatiky, karoserie, brzdové a spojkové obložení), částice pocházející z úletů sypaných břemen, převážených nákladními vozidly a také částice pocházející z pouličního příslušenství a dopravního značení. [1]

3 Základní rozdělení kategorií motorových vozidel vhodných pro přepravu břemen

3.1 Základní kategorie

A) Kategorie M - motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob a břemen malých objemů a hmotností (zpravidla pro potřeby cestujících osob);

B) Kategorie N - motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů (velmi široký záběr variant);

C) Kategorie O - přípojná vozidla (v závislosti na konstrukci mohou být používána pro dopravu nákladů);

D) Kategorie T - traktory zemědělské nebo lesnické (jsou mobilními energetickými zařízeními pro tlačení nebo tažení přípojných vozidel, které slouží pro dopravu nákladů). [1]

3.2 Kategorie M

Kategorie M - motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob a malých břemen. Tato kategorie zahrnuje automobily, kterými lze převážet břemena v prostoru za sedačkami posádky (automobily osobní kombi, MPV). [1]

3.2.1 Typ kombi

Kombi je typ osobních automobilů s velkým zavazadlovým prostorem. Název kombi je odvozen od kombinace účelu vozidla, které je určeno jak pro přepravu osob, tak malého nákladu. Pro karoserii kombi je charakteristická prodloužená linie

střechy, která pokračuje i nad zavazadlovým prostorem vzadu a je ukončena zadními dveřmi, které se otvírají vzhůru nebo do strany. Prodloužená část střechy je na bocích doplněna třetí řadou bočních oken. Zadní řady sedadel bývají sklopné nebo vyjímatelné pro možnost zvětšení zavazadlového prostoru. Mohou přepravovat břemena o objemu 540 až 1700 litrů. [1]

3.2.2 Typ MPV

MPV je označení pro víceúčelové vozidlo (z anglického názvu Multi-Purpose Vehicle), někdy označované jako minivan. Příkladem MPV může být Ford Mondeo Kombi, Opel Zafira, KIA Carnival, Fiat Multipla. Jde o druh automobilu, který se tvarem podobá dodávce, je však určen k převážení osob. Bývají obvykle vysoké mezi 1600 a 1800 mm, což je asi o 200 mm víc než v případě sedanů, hatchbacků nebo automobilů v provedení kombi. Motor bývá umístěn co nejvíce v přední části a poněkud výše než u ostatních druhů automobilů, aby se minimalizoval přesah karoserie. Její zadní přesah může být krátký jako u hatchbacků nebo dlouhý jako u vozů kombi. Mohou přepravovat břemena o objemu 560 až 3300 litrů. [1]

3.2.3 Typ hatchback

U automobilů typu hatchback (je charakterizován výklopnými zadními dveřmi zavěšenými nahoře) lze sklopením zadních sedadel vytvořit prostor pro uložení břemen, která se vkládají zezadu. Položením sedadla spolujezdce lze přepravovat i neskladná břemena. Mohou přepravovat břemena o objemu 460 – 600 litrů. [1]

3.3 Kategorie N

Motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů (Poznámka: Terénní vozidlo příslušné kategorie se označuje doplňkovým písmenem G ke kategorii M nebo N, například M₁G, N₃G).

1. N₁ - vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 3 500 kg,
2. N₂ - vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost převyšuje 3 500 kg, avšak nepřevyšuje 12 000 kg,
3. N₃ - vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost převyšuje 12 000 kg. [1]

3.3.1 Kategorie N₁

Automobily ve skupině N₁ jsou nazývány dodávky. Jsou určeny zejména pro dopravu zboží do maximální hmotnosti 1,5 t. Velmi častá je verze s jednou řadou předních sedadel, ve které jsou kromě řidiče dva spolujezdcí. Některé dodávky mohou mít prodlouženou kabinu pro montáž dvou řad sedadel. Za řadou sedadel bývá skříň nákladního prostoru, resp. valník.

V některých případech je kabina posádky oddělená od nákladového prostoru pevnou stěnou s malým průhledovým okénkem, někdy je oddělující stěna tvořená rámem a sítí. V nabídce je několik variant rozměrů pro dosažení vyššího objemu skříně (rozvor, délka, výška střechy). Například dodávka (Mercedes Vito) s vyšší střechou skříně má objem větší až o 1,85 m³ než dodávka se střechou nízkou. Rozvor u dodávek Mitsubishi FUSO je od 2500 až po 3850 mm. V případě největšího rozvoru lze získat vnitřní objem skříně 17 m³ (například IVECO) a lze umístit do prodloužené skříně 3 EURO palety za sebou. Vzhledem k největší povolené hmotnosti 3,5 t je provedení skříně pro velký objem vhodné pro přepravu málo hmotných břemen.

Pro lepší možnost zajištění k nakládacím rampám a pro nakládání břemen pomocí zdvižných vozíků jsou k dispozici křídlové zadní dveře s úhlem otevření 180 až 270° s aretací v otevřené poloze. Některé dodávky mají montovány výklopné dveře, které se otevírají nad skříň. Pro přepravu ve městech jsou k dispozici boční dveře. Boční dveře jsou v základní nabídce na pravé straně v posuvném provedení pro snazší vykládku a nakládku břemen z chodníku. Na přání jsou montována pravá i levá posuvná dveře (například Volkswagen Crafter). Šířka dveří vyhovuje pro vkládání palety.

Uvnitř skříně jsou prvky pro použití vázacích a upevňovacích prostředků (kotevní úchyty na stěnách). Základní jsou 4 úchyty (sklopná oka) v podlaze. Výrobci dodávají na trh dodávky v základní výbavě a podle požadavků uživatele dodávají doplňky a realizují úpravy uvnitř skříně. Některé modely disponují podlahovými kolejnicemi, na něž lze upevnit popruhy v celé délce skříně. Ve

skříních je možné instalovat různé varianty dělicích stěn. Pohon těchto vozidel je 2 x 4 pro silniční provoz a 4 x 4 s uzávěrkou mezinápravového diferenciálu pro provoz v terénu.

Další nástavbou je valník, u něhož lze nalézt několik rozměrových variant, možností sklápění bočnic (pro nakládku palet pomocí vysokozdvizných vozíků) a možností opatřit valník plachtou. U některých dodávek lze valníkovou nástavbou sklápět (například Opel, Piaggio).

Skříně jsou dodávány v několika variantách podle předpokládaného charakteru břemen. Například chladicí skříně pro přepravu čerstvého potravinářského zboží s hodnotou izolace $0,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a možností mrazení na hodnotu -20°C .

Do kategorie N a skupiny 1 lze zařadit automobily SUV. SUV je zkratka z angličtiny (Sport Utility Vehicle), tedy sportovní užitková vozidla. Vozidla jsou konstruována tak, aby se mohla pohodlně pohybovat jak po běžných silnicích v městském prostředí tak mimo zpevněné pozemní komunikace. SUV kombinují výhody většího vnitřního a zavazadlového prostoru se schopností pohybovat se bez problémů i mimo silnice. U nás jsou nazývána nesprávně offroady. Větší prostor (v porovnání s běžnými osobními automobily) znamená větší komfort a větší zavazadlový prostor. Většina SUV střední velikosti má tři řady sedadel, pojme tak šest (někdy i více) cestujících. SUV mají pohon na všechna čtyři kola (někdy označované jako 4WD nebo 4×4), jsou zpravidla větších rozměrů karoserie, podvozek je vyšší, používají větší průměry kol, což znamená zvýšení výšky celého vozu a řidič tak sedí výše nad vozovkou. SUV jsou obecně robustnější, což většinou znamená větší bezpečí pro posádku vozidla (například Mazda B-Fighter, Mitsubishi Outlander, Nissan Pickup, Land Rover, Range Rover). Mohou přepravovat břemena o objemu 1100 až 3500 litrů. [1]

3.3.2 Kategorie N₂

Automobily ve skupině N₂ jsou určeny zejména pro dopravu zboží na krátké vzdálenosti. Jsou vybaveny samostatnou kabinou, nejčastěji s jednou řadou sedadel. V některých případech je kabina prodloužená pro 7 lidí (pracovní četa) a za ní je valník menších rozměrů. Některé kabiny disponují spací nástavbou. Za kabinou jsou umístěny různé varianty nákladového prostoru. Jsou to valníky (s možností zakrytí plachtami), sklápěcí korby s pevnými bočnicemi a zadním výklopným čelem, kontejnery rozmanitého provedení, cisterny, zdvižné plošiny, přepravníky automobilů a skříně. Pro manipulaci s břemeny jsou k dispozici hydraulické jeřáby montované mezi valník a kabinu. Některé automobily mají nápravy opatřené dvojmontáží kol. Pohon je realizován zpravidla koly zadní nápravy, v některých případech je k dispozici pohon všemi koly. [1]

3.3.3 Kategorie N₃

Automobily ve skupině N₃ jsou určeny zejména pro dopravu zboží na krátké i dlouhé vzdálenosti. Tato skupina je velmi rozsáhlá, protože zahrnuje mnoho variant objemů nákladového prostoru s možností převážet různou hmotnost nákladu (například mezinárodní doprava, doprava dlouhých nákladů, doprava surovin ve stavebnictví). Velmi široká škála rozvorů kol umožňuje konfigurovat rozmanité nástavby (valníky, korby, skříně, nosiče kontejnerů, cisterny, speciální nástavby, tahače návěsů). Podvozky jsou dvou a více nápravové, s řízením předními koly (dvě nebo tři řídící nápravy) a také kloubovým řízením. Jsou vybaveny speciálními kabinami pro spánek i relaxaci řidiče. To zajišťují modulární systémy kabin. Pohon je v širokém spektru – 4 x 2, 4 x 4, 6 x 4, 6 x 6, 8 x 4 x 4, 8 x 8 x 4, 10 x 6, 10 x 8. Podvozky umožňují u vozidel používaných v silničním provozu krátkodobě zapojit další nápravy, které jsou při běžném provozu nezapojené. Například systém hydrostatického pohonu MAN-Hydrodrive je funkční do rychlosti 28 km.h⁻¹. [1]



*Obrázek 2. Vozidla z kategorie N3 jsou nejčastější příčinou vznosu prachových částic z povrchu dopravních tras
zdroj: www.autorevue.cz*

3.4. Kategorie O- přípojná nemotorová vozidla

Nemotorová vozidla se podle legislativy člení na:

- O₁ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 750 kg,
- O₂ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 750 kg, ale nepřevyšuje 3500 kg,
- O₃ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost je nad 3500 kg, ale nepřevyšuje 10 000 kg,
- O₄ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 10 000 kg,
- OT₁ - přípojná vozidla traktorů, jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 1 500 kg,
- OT₂ - přípojná vozidla traktorů, jejichž největší přípustná hmotnost je nad 1500 kg, ale nepřevyšuje 3500 kg,
- OT₃ - přípojná vozidla traktorů, jejichž největší přípustná hmotnost je nad 3500 kg, ale nepřevyšuje 6 000 kg,

OT₄ - přípojná vozidla traktoru, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 6 000 kg.

Přípojná vozidla lze rozdělit na

a) přívěsy

b) návěsy

Pro realizaci pohybu přípojných vozidel musí být k dispozici mobilní energetické zařízení (automobil příslušné výkonové a hmotnostní skupiny, tahač, traktor, speciální zařízení – naviják). Přípojně vozidlo s nimi tvoří soupravu. Lze rozlišit dvě varianty souprav:

1. Návěsová jízdní souprava = tahač + návěs

a) nákladní – tahač a návěs;

b) kombinovaná – tahač, návěs a přívěs;

c) mostová – náklad na mostovém nosníku, přední část na točně, zadní na přípojném vozidlu;

d) smíšená – například automobil pro přepravu osob a nákladní přívěs.

2. Přívěsová jízdní souprava – automobil a přívěs

a) nákladní – nákladní automobil a přívěs

b) osobní automobil a přívěs [1]

3.5 Kategorie T

Traktory jsou obecně motorová vozidla vybavená koly nebo pásy, která jsou konstruována pro tažení, tlačení, nesení nebo pohon určitého nářadí, strojů nebo tažení připojených vozidel. Mohou být určeny pro přepravu nákladu (břemen nebo manipulačních jednotek) a osob, pokud jsou v soupravě s vhodně vybaveným přívěsem nebo návěsem s naloženými břemeny (zejména při přepravě osob nebo zvířat). Jejich výkon motoru je v rozsahu od 32 do 340 kW (u traktorových strojů je

výkon motoru v závislosti na jejich velikostní kategorii až 800 kW (traktor s dozerovým pracovním zařízením), s čímž souvisí jejich hmotnost a tahová síla. V souladu s dispozicí výkonu jsou přizpůsobeny k agregaci s různými druhy pracovních zařízení a dopravních zařízení, se kterými tvoří speciální celek s různým funkčním působením. Základním technickým parametrem u traktorů je tažná síla na háku F_t (kN) a výkon motoru P (kW). Traktory obecně disponují zvýšenou průchodivostí terénem díky vyšší světlé výšce a u některých modelů i kloubovému řízení.

Traktory pro využití v dopravě lze rozdělit podle mnoha hledisek. Například podle konstrukce podvozku na skupinu traktorů kolových a pásových. Podle způsobu řízení lze rozdělit traktory s natáčením jedné řídicí osy stroje, natáčením kol obou os (různé varianty řízení), ovládáním směru pásového traktoru řídicím diferenciálem, ovládáním pomocí stranové spojky a brzdy na každé straně pásu a s řízením pomocí středového kloubu, kdy se natáčí přední část rámu stroje oproti zadní části rámu. Podle způsobu pohonu jsou traktory rozděleny na traktory s pohonem mechanickým (například prostřednictvím hřídele, řemenů), pohonem hydrodynamickým (mezi motor a převodovku je vložen hydroměnič, který vytváří převodový orgán s plynulou změnou točivého momentu a otáček motoru. Hydroměnič pracuje s využitím proudící kapaliny od čerpadlového kola ke kolu turbínovému a přes vodící lopatky se vrací zpět ke kolu čerpadlovému), pohonem hydrostatickým (kapalina s určitým provozním tlakem a objemovým průtokem prochází od hydrogenerátoru přes řídicí prvky do hydromotorů, ve kterých se hydraulická energie opět mění na energii mechanickou, resp. na otáčivý pohyb) a s kombinovaným pohonem hydrostaticko-mechanickým (rozjezd stroje zajišťuje hydrostatický převodník a po rozjezdu elektronické zařízení automaticky přepíná rychlost pohybu stroje na přímý pohon planetovou převodovkou).

Dvounápravové kolové traktory lze rozdělit do šesti výkonových tříd v závislosti na výkonu motoru a pohotovostní hmotnosti. Pásové traktorové stroje lze rozdělit do šesti výkonových tříd. [1]

4. Měření

4.1 Metodika měření

Měření spočívá ve stanovení hmotnostní koncentrace polévatého prachu v okolí dopravní trasy. Koncentrace frakce je vyjádřena v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro dosažení nejlepší přesnosti v měření se doporučuje, aby teplota okolí byla v rozsahu 15 -30°C a relativní vlhkost 20-45 %.

4.1.1 Přístroj pro měření

K provedení práce byl použit dotykový přístroj DustTRAK 8530 od firmy TSI. Před vlastním měřením mimo dosah elektrické sítě, je nutné přístroj dostatečně nabít, protože zdroj dodává energii pouze v trvání 3 hodin. Pro zapnutí přístroje slouží hardwarové tlačítko se symbolem zapnutí/vypnutí. Po zapnutí se přístroj ovládá dotykem prstu či stylusu. Vypnutí se provádí stejným způsobem jako zapnutí, pouze s tím rozdílem, že po zmáčknutí hardwarového tlačítka se potvrdí vypnutí na dotykové obrazovce.



Obrázek 3. Přístroj DustTRAK 8530 s nasazeným impaktorem pro částice menší než $10\ \mu\text{m}$



Obrázek 4. V levé části impaktor pro pro částice menší než 10 μm , v části pravé nulovací filtr

4.1.2 Princip měření

Před měřením byla nejprve pomocí nulového filtru provedena kalibrace přístroje. Pro samotné měření byl zvolen impaktor pro částice menší než 10 μm (PM10). Impaktor zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu. Vzorek prachu je získán prosáváním zkoumaného ovzduší přístrojem.

4.1.3 Místa měření

4.1.3.1 Měření prachových částic v základních místech

Měření bylo provedeno ve vzdálenosti 4, 8 a 12 metrů, kolmo od osy bližšího okraje dopravní trasy. Na přístroji byl nasazen impaktor pro částice menší než 10 μm (PM10). Přístroj byl umístěn nad povrchem vozovky do výšky 175 ± 20 cm. Mezi měřicím místem a silnicí nebyla žádná překážka.

4.1.3.2 Měření prachových částic ve specifických místech

V místech oboustranně obestavěné silnice se měří přednostně ve vzdálenosti 2 metry od obvodové stěny budovy. Minimální výška měřicího přístroje s nasazeným příslušným impaktorem je 1,5 m

4.1.4 Podmínky při měření

Meteorologické podmínky byly při měření průběžně kontrolovány. Po celou dobu měření museli podmínky vyhovovat těmto omezením:

- Teplota okolí musí být v úrovni od 15 do 30°C
- Relativní vlhkost musí být úrovni od 20 do 45 %.
- Silnice musí být v době měření suchá
- Měření nesmí probíhat za mlhy a za podmínek teplotní inverze

4.1.5 Období měření

Měření je nejvhodnější provádět v měsících březnu až říjnu.

4.2 Vlastní měření

4.2.1 Místa měření

Měření byla prováděna ve dnech 11. až 14. března 2014 a poté jedno dodatečné měření bylo provedeno 4. dubna 2014 . Zvolené lokality byly vybrány na základě dopravního zatížení a charakteru povrchu vozovky, resp. výskytu prachových částic na povrchu dopravní trasy. Měření byla prováděna jak ve větším městě (České Budějovice) tak v menších obcích (Branišov, Kremže), kde bylo účelem zaznamenat pohyb vozidel kategorie T.

4.2.1.1 Měřené lokality

1. Lokalita České Budějovice, ulice E.Rošického, 48°59'21.757"N,
14°26'16.935"E



Obrázek 5. Satelitní snímek na místo měření v ulici E.Rošického v Č.Budějovicích

Zdroj: www.mapy.cz



Obrázek 6. Pohled na místo měření, u okraje vozovky můžeme vidět značné zbytky inertního materiálu

Měření bylo provedeno dne 11.3. 2014 v ulici E.Rošického, čas začátku měření 15:35, provedeno 8 měření v celkové délce 60 minut.

Dopravní trasa je převážně využívána osobními vozidly, vozidly městské hromadné dopravy, vozidly nákladními a v poslední řadě také vozidly zemědělskými. Prostor v ulici je otevřený. Jedná se o silnici III. třídy.

Klimatické podmínky byly při měření vyhovující s ohledem na podmínky stanovené v metodice měření. Vlhkost vzduchu 29,5 %, rychlost větru $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, teplota 15°C , srážky nulové. Povrch vozovky byl zpevněný, vzdálenost místa měření od vozovky byl 4 metry, nulový sklon vozovky. Rychlost vozidel $50 \pm 5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Naměřená koncentrace na místě, kde nebyla prašnost ovlivněna provozem na této komunikaci byla $0,023 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Vozovka lehce znečištěná, zejména zbytky inertního materiálu v krajích vozovky. Intenzita provozu nízká.

Tabulka 1 - Naměřené hodnoty prachových částic v ulici E.Rošického v Českých Budějovicích

Měření č.1	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Minimální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,057	0,056	0,054	0,56	0,056	0,057	0,059	0,058
Maximální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,287	0,386	0,490	0,294	0,241	2,39	0,269	0,168
Průměrná hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,096	0,083	0,097	0,077	0,067	0,205	0,086	0,065

2. Lokalita České Budějovice, ulice Litvínovická, 48°57'51.295"N,
14°27'34.126"E



Obrázek 7. Satelitní snímek na místo měření v ulici Litvínovická v Č.Budějovicích

Zdroj: www.mapy.cz



*Obrázek 8. Pohled na místo měření, v místě měření byl vysoký výskyt provozu vozidel
kategorie N₃*

Měření bylo provedeno dne 12.3. 2014 v ulici Litvínovická, čas začátku měření 16:40, provedeno 8 měření v celkové délce 60 minut. Dopravní trasa je převážně využívána osobními vozidly, vozidly městské hromadné dopravy, vozidly nákladními a kamiony. Prostor v ulici je otevřený. Jedná se o silnici I. třídy.

Klimatické podmínky byly při měření vyhovující s ohledem na podmínky stanovené v metodice měření. Vlhkost vzduchu 29,4 %, rychlost větru $1,9 \text{ m.s}^{-1}$, teplota 17°C , srážky nulové. Povrch vozovky byl zpevněný, vzdálenost místa měření od vozovky byl 4 metry, nulový sklon vozovky. Rychlost vozidel $70 \pm 5 \text{ km.h}^{-1}$. Naměřená koncentrace na místě, kde nebyla prašnost ovlivněna provozem na této komunikaci byla $0,035 \text{ mg.m}^{-3}$. Znečištění vozovky minimální. Intenzita provozu vysoká.

**Tabulka 2- Naměřené hodnoty prachových částic v ulici Litvínovická
v Českých Budějovicích**

Měření č.2	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Minimální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$	0,093	0,095	0,096	0,094	0,093	0,091	0,094	0,097
Maximální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$	0,267	0,139	0,121	0,248	0,127	0,238	0,278	0,188
Průměrná hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$	0,140	0,110	0,106	0,110	0,099	0,120	0,105	0,108

3. Lokalita Branišov, 48°58'41.770"N, 14°24'47.402"E



Obrázek 9. Satelitní snímek na místo měření v okolí vesnice Branišov

Zdroj: www.mapy.cz



Obrázek 10. Pohled na místo měření, vozovka je ve špatném stavu.

Měření bylo provedeno dne 13.3. 2014 v okolí vesnice Branišov, čas začátku měření 16:35, provedeno 8 měření v celkové délce 60 minut. Dopravní trasa je převážně využívaná osobními vozidly, vozidly nákladními a také vozidly zemědělskými. Prostor je zde otevřený. Jedná se o silnici III. Třídy.

Klimatické podmínky byly při měření vyhovující s ohledem na podmínky stanovené v metodice měření. Vlhkost vzduchu 31,9 %, rychlost větru 3,8 m.s⁻¹ , teplota 14°C , srážky nulové. Povrch vozovky byl zpevněný, vzdálenost místa měření od vozovky byl 4 metry, nulový sklon vozovky. Rychlost vozidel 90 ± 10 km.h⁻¹ . Naměřená koncentrace na místě, kde nebyla prašnost ovlivněna provozem na této komunikaci byla 0,022 mg.m⁻³ . Značné znečištění vozovky. Vozovka ve velmi špatném stavu. Intenzita provozu nízká.

Tabulka 3- Naměřené hodnoty prachových částic v okolí vesnice

Branišov

Měření č.3	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Minimální hodnota Pm ₁₀ (mg.m ⁻³)	0,036	0,034	0,033	0,38	0,041	0,039	0,028	0,036
Maximální hodnota Pm ₁₀ (mg.m ⁻³)	0,093	0,051	0,73	0,380	0,080	0,065	0,079	0,099
Průměrná hodnota Pm ₁₀ (mg.m ⁻³)	0,051	0,041	0,048	0,077	0,049	0,048	0,051	0,045

4. Lokalita Chlum u Křemže, 48°54'7.973"N, 14°17'50.470"E



Obrázek 11. Satelitní snímek na místo měření ve vesnici Chlum u Křemže

Zdroj: www.mapy.cz



Obrázek 12. Pohled na místo měření, na silnici byla vrstva prachu a štěrku.

Měření bylo provedeno dne 14.3. 2014 ve vesnici Chlum u Kremže, čas začátku měření 13:35, provedeno 8 měření v celkové délce 60 minut. Dopravní trasa je převážně využívána osobními vozidly, vozidly zemědělskými a také vozidly nákladními. Prostor je zde uzavřený. Jedná se o silnici III. Třídy.

Klimatické podmínky byly při měření vyhovující s ohledem na podmínky stanovené v metodice měření. Vlhkost vzduchu 29,7 %, rychlost větru $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, teplota 15°C , srážky nulové. Povrch vozovky byl zpevněný, vzdálenost místa měření od vozovky byl 2 metry, nulový sklon vozovky. Rychlost vozidel $50 \pm 5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Naměřená koncentrace na místě, kde nebyla prašnost ovlivněna provozem na této komunikaci byla $0,020 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Vozovka znečištěná vlivem častého průjezdu zemědělských strojů. Intenzita provozu nízká.

Tabulka 4 - Naměřené hodnoty prachových částic ve vesnici

Chlum u Křemže

Měření č.4	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Minimální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,045	0,040	0,046	0,043	0,042	0,051	0,039	0,045
Maximální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,089	0,180	0,092	0,069	0,080	0,230	0,058	0,065
Průměrná hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,055	0,078	0,056	0,048	0,065	0,095	0,043	0,050

5. Lokalita České Budějovice, ulice M.Horákové, 48°59'2.741"N,
14°26'25.637"E



Obrázek 13. Satelitní snímek na místo měření v ulici M.Horákové ve městě České Budějovice

Zdroj: www.mapy.cz



Obrázek 14. Pohled na místo měření. Na vozovce byla nízká vrstva prachu.

Měření bylo provedeno dne 14.3. 2014 ve městě České Budějovice v ulici M.Horákové, čas začátku měření 15:55, provedeno 8 měření v celkové délce 60 minut. Dopravní trasa je převážně využívána osobními vozidly, vozidly nákladními, vozidly městské hromadné dopravy a také vozidly zemědělskými. Prostor je zde otevřený. Jedná se o silnici III. Třídy.

Klimatické podmínky byly při měření vyhovující s ohledem na podmínky stanovené v metodice měření. Vlhkost vzduchu 30,1 %, rychlost větru $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, teplota 15°C , srážky nulové. Povrch vozovky byl zpevněný, vzdálenost místa měření od vozovky byla 4 metry, nulový sklon vozovky. Rychlost vozidel $50 \pm 5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Naměřená koncentrace na místě, kde nebyla prašnost ovlivněna provozem na této komunikaci byla $0,029 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Vozovka mírně znečištěná. Intenzita provozu vysoká.

Tabulka 5 - Naměřené hodnoty prachových částic v ulici M.Horákové ve městě České Budějovice

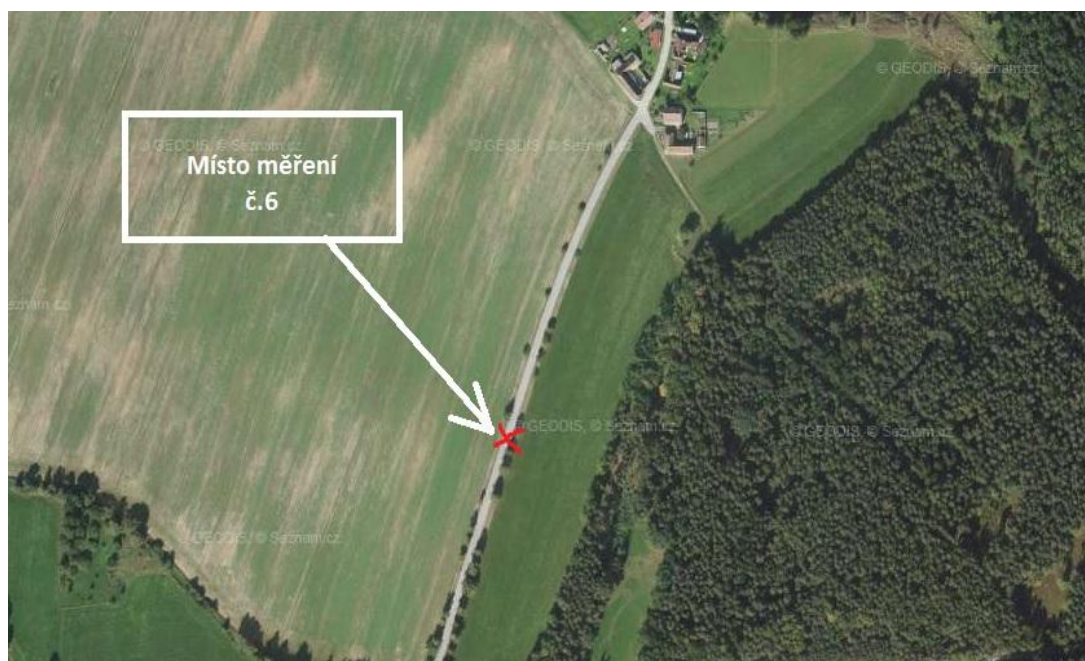
Měření č.5	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Minimální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,045	0,042	0,043	0,044	0,046	0,049	0,046	0,050
Maximální hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,120	0,095	0,150	0,125	0,088	0,091	0,101	0,115
Průměrná hodnota $\text{Pm}_{10} \text{ (mg}\cdot\text{m}^{-3}\text{)}$	0,065	0,055	0,069	0,070	0,058	0,060	0,059	0,068

5. Lokalita Třebín, 48°57'32.477"N, 14°23'16.053"E

Poslední speciální měření bylo provedeno dne 4.4. 2014 v blízkém okolí vesnice Třebín nedaleko Českých Budějovic, čas začátku měření 16:15.

Toto měření bylo uskutečněno, aby se prokázal vliv různých rychlostí na zvýšenou prašnost. V osobním automobilu značky Renault Laguna seděla má asistentka, která jela těmito rychlostmi : 30 Km/h , 50 Km/h, 70 Km/h, 90 Km/h, 110 Km/h .

Klimatické podmínky byly při měření vyhovující s ohledem na podmínky stanovené v metodice. Vlhkost vzduchu 32,1 %, rychlost větru 3,2 m.s⁻¹ , teplota 19 °C, srážky nulové. Povrch vozovky zpevněný. Vozovka byla lehce znečištěná, převážně u krajnice..Vzdálenost místa měření od vozovky byla 4 metry, sklon vozovky nulový. Naměřená koncentrace na místě , kde nebyla prašnost ovlivněna provozem na této komunikaci byla 0,044 mg.m⁻³ . Automobil se pohyboval na kraji silnice, kde byla vrstva prachu a šterku.



Obrázek 15. Satelitní snímek na místo měření v okolí Třebína

Zdroj: www.mapy.cz



Obrázek 16. Osobní automobil kategorie M, typ Kombi. Značka Renault, model Laguna. Vznětový motor o zdvihovém objemu 1870 ccm, výkon 88 kW. Pohotovostní hmotnost 1460 kg.

Tabulka 6 - Naměřené hodnoty prachových částic v okolí Třebína

Měření č.6	30 Km/h	50 Km/h	70 Km/h	90 Km/h
Minimální hodnota Pm ₁₀ (mg.m ⁻³)	0,047	0,047	0,045	0,055
Maximální hodnota Pm ₁₀ (mg.m ⁻³)	0,058	0,065	0,071	0,148
Průměrná hodnota Pm ₁₀ (mg.m ⁻³)	0,050	0,052	0,054	0,094

5 Diskuse

Měření prokázalo, že všechny hodnoty, které byly na komunikacích naměřeny, jsou vyšší, než hodnoty, které byly naměřeny mimo komunikace. Tudíž je vliv dopravy na vyšší prašnost v blízkém okolí silnic prokázán. Také bylo potvrzeno, že nečistoty v krajních částech vozovek mají vliv na prašnost. Na naměřené hodnoty má také vliv kategorie vozidel. Naměřené hodnoty mohou vyjadřovat souhrn PM vlivem resuspenze prachových částic, ale také částic ze spalovacích procesů, zejména vznětových motorů. V následujících bodech jsou uvedeny faktory, které se na změřených hodnotách jednotlivých měření podílely.

V případě měření v ulici E.Rošického (tabulka 1) měla na naměřené hodnoty vliv probíhající revitalizace sídliště Máj, kde v blízkosti samotného měření byla stavěna zámková dlažba. Maximální hodnota $2,39 \text{ mg.m}^{-3}$ byla způsobena průjezdem nákladního vozidla poblíž krajnice, kde byla vrstva šterku a následným vznosem prachu vlivem rotace kol a turbulentního stříhu za jedoucím vozidlem.

Ve druhém měření v ulici Litvínovická (tabulka 2) měl na maximální hodnotu $0,278 \text{ mg.m}^{-3}$ a na větší koncentraci obecně, zvýšený průjezd vozidel kategorie N a dále také vyšší rychlost projíždějících vozidel (70 Km/h), které po průjezdu místem měření poblíž krajnice zvrhly vrstvu prachu a šterku, která se zde nacházela.

Z tabulky 3 vyplývá, že při měření v okolí Branišova byla naměřena nejvyšší hodnota $0,380 \text{ mg.m}^{-3}$, kterou způsobil průjezd vozidla kategorie N vysokou rychlostí (90 Km/h) blízko krajnici, kde byla vrstva šterku a písku.

Ve čtvrtém měření (tabulka 4), které bylo provedeno v obci Chlum u Kremže, kde byla maximální povolená rychlost 50 Km/h . Maximální hodnotu $0,230 \text{ mg.m}^{-3}$ způsobil osobní vozidlo s přípojným zařízením, které obcí projelo větší než povolenou rychlostí. Na povrchu vozovky byla vyšší vrstva šterku a prachu.

Z tabulky 5 vyplývá, že při měření v ulici M. Horákové v Českých Budějovicích byla naměřena maximální hodnota $0,150 \text{ mg.m}^{-3}$, kterou způsobil zvýšená frekvence projíždějících vozidel, která zvrhla prach a písek, který se nacházel u krajnice vozovky.

V posledním šestém měření (tabulka 6) v okolí vesnice Třebín, nejvyšší hodnotu $0,148 \text{ mg.m}^{-3}$ způsobila nejvyšší povolená rychlost, se kterou se automobil v místě měření projel.

6 Závěr

Z provedených měření lze vypracovat následující souhrn poznatků:

- a) Koncentrace prachových částic v ovzduší kolem dopravní trasy závisí na charakteru znečištění vozovky
- b) Koncentrace prachových částic v ovzduší kolem dopravní trasy závisí na způsobu plošného rozložení nečistot na vozovce
- c) Koncentrace prachových částic v ovzduší kolem dopravní trasy závisí na kategorii vozidel, která se po trase pohybují
- d) Koncentrace prachových částic v ovzduší kolem dopravní trasy závisí na rychlosti jízdy vozidel bez rozdílu kategorie vozidel
- e) Koncentrace prachových částic v ovzduší kolem dopravní trasy závisí na stavu povrchu komunikace
- f) Koncentrace prachových částic v ovzduší kolem dopravní trasy závisí na okolních podmínkách, respektive pokud v okolí probíhá stavba, která má negativní dopad na zvýšenou prašnost.
- g) Koncentrace prachových částic v ovzduší kolem dopravní trasy závisí na ročním období, zejména po zimě, kdy ustoupí mrazy a roztaje sníh dochází k vysychání komunikací, které byly v zimních měsících ošetřovány posypem. Tento inertní posyp se vlivem tlaku kol rozmělní na velikosti, které se mohou dostat do vznosu. Dalším obdobím jsou sklizňové práce, kdy je zvýšený výjezd vozidel zemědělské techniky na komunikace. Ty po výjezdu z polí zanesou komunikaci zemědělskou půdou, která se následně vlivem průjezdu vozidel rozmělní a dostane se do ovzduší.

Problematiku zvýšené prašnosti na komunikacích lze řešit účinným odstraněním nečistot z povrchu vozovky pomocí samosběrných čistících mobilních zařízení.



*Obrázek 17. Samosběrný zametač Brock SL 200, objem zásobníku nečistot 6m³
,objem vodní nádrže 1200 l, zametací šířka 3000mm*

Zdroj: www.simed.cz

Velmi významným faktorem je také prevence proti vzniku a vývoji zdrojů prašnosti na dopravních trasách. Například zodpovědně se rozhodovat při výběru dopravního prostředku. Pokud se místo cesty autem rozhodnete jít pěšky nebo na kole, autobusem nebo vlakem, snižujete znečištění ovzduší nejen prachovými částicemi, ale i řadou dalších škodlivých látek. Pokud auto nutně potřebujete, je vhodné vybrat si takové, které škodí nejméně, a zároveň jej řídit šetrným způsobem. Dále pokud máte automobil se vznětovým motorem, zajímejte se o to, jestli má filtr pevných částic (DPF). Při řešení nového systému vytápění volte obnovitelné zdroje, například tepelná čerpadla, solární kolektory, čisté kotle na biomasu. Možným řešením je i vytápění na zemní plyn, případně napojení na centrální zásobování teplem. Prevenci lze také rozdělit dle 3 skupin: zákazová, výchovná a oblast operativní nápravy. Ze zákazové například různá omezení rychlosti vozidel, omezení vjezdu vozidel, která produkují nečistoty na komunikaci. Z výchovné je to správná obsluha strojů řidičů automobilů a z oblasti nápravy je to co nejrychlejší čištění dopravních tras po znečištění.

7 Seznam použité literatury

- (1) Celjak, I. Učební texty Dopravní a manipulační zařízení 2012, ZF, JČU v Č. Budějovicích
- (2) Curtius, J., *Nucleation of atmospheric aerosol particles*. Comptes Rendus Physique Nucleation. **7**(9-10): p. 1027-1045.
- (3) Dongarra, G., et al., *Study on ambient concentrations of PM10, PM10-2.5, PM2.5 and gaseous pollutants. Trace elements and chemical speciation of atmospheric particulates*. Atmospheric Environment. **44**(39): p. 5244-5257.
- (4) Fuglestvedt, J.S., et al., *Transport impacts on atmosphere and climate: Metrics*. Atmospheric Environment. **44**(37): p. 4648-4677.
- (5) <http://www.epa.gov/air/particlepollution/health.html>.
- (6) <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/poletavy-prach-%E2%80%93-neviditelna-hrozba/>
- (7) Uherek, E., et al., *Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport*. Atmospheric Environment. **44**(37): p. 4772-4816.
- (8) Perez, N., et al., *Physicochemical variations in atmospheric aerosols recorded at sea onboard the Atlantic-Mediterranean 2008 Scholar Ship cruise (Part I): Particle mass concentrations, size ratios, and main chemical components*. Atmospheric Environment. **44**(21-22): p. 2552-2562.
- (9) Kaupp, H. and M.S. McLachlan, *Atmospheric particle size distributions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their implications for wet and dry deposition*. Atmospheric Environment, 1999. **33**(1): p. 85-95.
- (10) Imisní limity (2002): *Imisní limity* [online, cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.chmu.cz/uoco/limit/legisl.html>>.
- (11) Kaličinská, J. (2006): *Monitorování životního prostředí*. 1. vyd. Ostrava: Pavel Klouda. 88 s.

(12) Portál veřejné zprávy ČR (2003): *Vyhledávání - Portál veřejné zprávy České republiky*

[online, cit. 2009-03-18]. Dostupný z WWW:

<http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=597/2006&PC_8411_p=P%F8%ED1.6&PC_8411_l=597/2006&PC_8411_ps=10#10821>.

8 Seznam obrázků

Obrázek 1. Rozdíl ve velikosti mezi lidským vlasem a částicí PM10 a PM2.5

Obrázek 2. Vozidla z kategorie N3 jsou nejčastější příčinou vznosu prachových částic z povrchu dopravních tras

Obrázek 3. Přístroj DustTRAK 8530 s nasazeným impaktorem pro částice menší než 10 μm

Obrázek 4. V levé části impaktor pro pro částice menší než 10 μm , v části pravé nulovací filtr

Obrázek 5. Satelitní snímek na místo měření v ulici E.Rošického v Č.Budějovicích
Zdroj: www.mapy.cz

Obrázek 6. Pohled na místo měření, u okraje vozovky můžeme vidět značné zbytky inertního materiálu

Obrázek 7. Satelitní snímek na místo měření v ulici Litvínovická v Č.Budějovicích
Zdroj: www.mapy.cz

Obrázek 8. Pohled na místo měření, v místě měření byl vysoký výskyt provozu vozidel kategorie N₃

Obrázek 9. Satelitní snímek na místo měření v okolí vesnice Branišov
Zdroj: www.mapy.cz

Obrázek 10. Pohled na místo měření, vozovka je ve špatném stavu.

Obrázek 11. Satelitní snímek na místo měření ve vesnici Chlum u Křemže
Zdroj: www.mapy.cz

Obrázek 12. Pohled na místo měření, na silnici byla vrstva prachu a štěrku.

Obrázek 13. Satelitní snímek na místo měření v ulici M.Horákové ve městě České Budějovice Zdroj: www.mapy.cz

Obrázek 14. Pohled na místo měření. Na vozovce byla nízká vrstva prachu.

Obrázek 15. Satelitní snímek na místo měření v okolí Třebína
Zdroj: www.mapy.cz

Obrázek 16. Osobní automobil kategorie M, typ Kombi. Značka Renault, model Laguna. Vznětový motor o zdvihovém objemu 1870 ccm, výkon 88 kW
.Pohotovostní hmotnost 1460 kg.

Obrázek 17. Samosběrný zametač Brock SL 200, objem zásobníku nečistot 6m³
,objem vodní nádrže 1200 l, zametací šířka 3000mm Zdroj: www.simed.cz

9 Seznam tabulek

Tabulka 1- Naměřené hodnoty prachových částic v ulici E. Rošického v Českých Budějovicích

Tabulka 2- Naměřené hodnoty prachových částic v ulici Litvínovická v Českých Budějovicích

Tabulka 3- Naměřené hodnoty prachových částic v okolí vesnice Branišov

Tabulka 4- Naměřené hodnoty prachových částic ve vesnici Chlum u Křemže

Tabulka 5- Naměřené hodnoty prachových částic v ulici M. Horákové v Českých Budějovicích

Tabulka 6- Naměřené hodnoty prachových částic v okolí Třebína

10 Seznam příloh

Datový nosič- CD