

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Hodnocení hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě
v závislosti na charakteru znečištění dopravní trasy**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor: Miroslav Pávek

České Budějovice, duben 2014

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

Jméno a příjmení: **Miroslav PÁVEK**
Osobní číslo: **Z11364**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Hodnocení hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě v závislosti na charakteru znečištění dopravní trasy.**
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 získání informací o vlivu pohybu vozidel rozdílných kategorií v silniční dopravě na znečištění ovzduší resuspendovanými prachovými částicemi PM10 a 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 polévatým prachem;
2. Vypracování zásad pro provádění měření koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě;
3. Výběr míst měření na dopravních trasách v závislosti na kategorii vozidel pohybujících se na dopravní trase a na charakteru znečištění vozovek dopravních tras;
4. Měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě v závislosti na kategorii dopravních zařízení a v závislosti na znečištění vozovky dopravní trasy;
5. Vypracování souhrnu poznatků na základě naměřených hodnot hmotnostní koncentrace polévatého prachu v závislosti na charakteru znečištění vozovky a kategorii vozidel.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 60 - 70 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 polétavého prachu v silniční dopravě, ZF, JU 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;

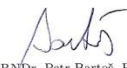
Zákon 56/2001 o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích;
Zákon 361/2000 o provozu na pozemních komunikacích;
Nařízení vlády č.24/2003 Sb., o základních požadavcích na ochranu zdraví a bezpečnosti při konstrukci a výrobě strojních zařízení.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 19. listopadu 2013
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2014


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Studentní těžiště
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 19. listopadu 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) 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 10. dubna 2014

Miroslav Pávek

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ivo Celjakovi, CSc. za jeho ochotu, trpělivost, rady a pomoc při zpracování této práce.

Abstrakt

V bakalářské práci jsou uvedeny hodnoty znečištění ovzduší resuspendovanými tuhými znečišťujícími látkami o velikosti průměru 10 μm (PM10) při pohybu vozidel rozdílných kategorií na znečištěných vozovkách dopravních tras. Měření bylo realizováno na třech dopravních trasách s provozem rozmanitých kategorií vozidel a s rozmanitou hmotností a charakterem znečištění vozovek. Naměřené hodnoty a rozbor výsledků ukazují, že na výsledné znečištění ovzduší v blízkosti vozovky má vliv několik faktorů. Jako hlavní faktory lze uvést úroveň a charakter znečištění vozovky, potom rozmístění nečistot na ploše vozovky, dalším faktorem je celková intenzita provozu a také způsob volby stopy při jízdě vozidla.

Klíčová slova: polétavý prach, dopravní trasa, znečištění, dopravní prostředek

Abstract

In the thesis the values of air pollution re-suspended solid pollutants on the diameter of 10 micrometres (PM10) during the movement of vehicles of different categories of polluted roads routes. Measurements were carried out on three lines of transport operation of various vehicle categories as diverse weight and the type of pollution road. Measured values and analysis results show that the resulting air pollution in the vicinity of the road affects several factors. The main factors include the level and nature of the pollution of the road, then the distribution of impurities on the surface of the road, another factor is the overall traffic intensity and the way the brush options while driving the vehicle.

Key words: particulate matter, transportation route, pollution, transport equipment

Obsah

0 Úvod.....	10
0.1 Cíl práce.....	10
1 Literární přehled v dané oblasti řešené problematiky	11
1.1 Definice polétavého prachu.....	11
1.2 Zdroje emisí	12
1.3 Dopady na životní prostředí.....	13
1.4 Dopady na zdraví člověka, rizika.....	13
1.5 Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí	14
1.6 Znečištění ovzduší.....	14
1.6.1 Lokální znečištění	14
1.6.2 Regionální znečištění	15
1.6.3 Globální znečištění.....	15
2 Ovzduší znečišťující látky.....	16
2.1 Rozdělení ovzduší znečišťujících látek.....	16
2.1.1 Oxid siřičitý.....	16
2.1.2 Polétavý prach.....	16
2.1.3 Saze	17
2.1.4 Oxidy dusíku (oxid dusičitý NO ₂ , oxid dusnatý a další)	17
2.1.5 Přízemní ozon	17
2.1.6 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	18
2.1.7 Oxid uhelnatý CO	18
2.1.8 Minerální částice	18
2.1.9 Ostatní částice	19
2.2 Tuhé látky znečišťující ovzduší	19
2.3 Ochrana ovzduší před polétavým prachem v české legislativě.....	20
2.4 Přípustné limity znečišťování ovzduší v České republice.....	21
2.5 Imisní limity pro polétavý prach v České republice	21

3 Doprava.....	23
3.1 Dopravní trasa.....	23
3.2 Zpevnění dopravní trasy.....	25
3.3 Znečištění vozovky	25
3.4 Používané posypové materiály.....	26
3.4.1 Chemické rozmrazovací materiály.....	27
3.4.2 Zdrsňující (inertní) posypové materiály.....	30
3.5 Dopravní zařízení.....	32
3.6 Dopravní prostředek.....	32
3.7 Rozdělení dopravních prostředků	32
3.7.1 Kategorie M	32
3.7.2 Kategorie N.....	33
3.7.3 Kategorie T	33
3.7.4 Kategorie O.....	33
4 Metodika měření	35
4.1 Metodický Postup	35
4.2 Cíl měření.....	35
4.3 Princip měření	35
4.4 Postup měření.....	36
4.5 Použité přístroje	37
4.5.1 Měřicí přístroj DUST Trak 8530.....	37
4.5.2 Voltcraft VC 4 IN 1	39
4.5.3 Anemometr.....	40
4.6 Vlastní měření	41
4.6.1 Měřené místo č. 1 Stráž nad Nežárkou	41
4.6.2 Měřené místo č. 2 Děbolín.....	43
4.6.3 Měřené místo č. 3 Jindřichův Hradec	45
5 Diskuse a rozbor naměřených hodnot.....	47

6 Závěr	49
6.1 Návrh opatření vedoucí ke snížení koncentrace polévatvého prachu	50
6.1.1 Čištění komunikací	50
6.1.2 Výsadba zeleně	53
7 Použitá literatura	57
8 Seznam tabulek	60
9 Seznam obrázků	60

0 Úvod

Nečistoty v ovzduší patří k základním ekologickým problémům, které viditelně ovlivňují zdraví a životy lidí. Množství škodlivin, které se v ovzduší nalézají, je způsobeno především činností člověka, k největším změnám docházelo v průběhu 20. stol.

Znečištění ovzduší dosáhlo svého nejhoršího stavu v období průmyslové revoluce. Bylo to v důsledku zvýšené těžby uhlí a jeho následného spalování, které způsobovalo intenzivnější výskyt oxidu siřičitého, sazí a popela ve vzduchu. Největší katastrofou byl takzvaný londýnský smog v roce 1952, kdy znečištění dosáhlo takového stupně, že na následky chorob dýchacích cest zemřelo 2000 lidí. S postupným omezením užívání uhlí jako paliva a přijetí různých emisních limitů se stav ovzduší zlepšuje.

Látky, jejichž zvýšená přítomnost v ovzduší může ovlivňovat životní prostředí a životy lidí, jsou především chlorovodíky, oxidy síry a dusíku, fluór, chlór a další např. neviditelné a o to více nebezpečné radioaktivní částice. Hrozbu představují i freony, které poškozují ozónovou vrstvu.

Abnormální výskyt znečišťujících látek v ovzduší je nejčastěji způsoben již zmiňovanými spalovacími tepelnými elektrárnami (spalování uhlí, plynu, ropy) a automobilovou dopravou.

Nejčastějšími důsledky špatné kvality ovzduší mohou být různá onemocnění (nemoci dýchací soustavy, nemoci způsobené zvětšováním ozónové díry), kyselá deště, které mají negativní vliv na vodní toky a lesní porosty, jak můžeme vidět na příkladu Krušných hor, změny globálního klimatu.

V poslední době se vyskytují snahy o omezení výskytu škodlivin v ovzduší, což mají zajišťovat emisní limity, které byly přijaty pro Evropu jako reakce na Zákon o čistém ovzduší, který přijaly v roce 1970 Spojené státy. Od roku 1979 Světová zdravotnická organizace vytvořila standard pro kvalitu vzduchu (1).

0.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je získání informací o vlivu pohybu vozidel rozdílných kategorií v silniční dopravě na znečištění ovzduší resuspendovanými prachovými částicemi PM10 a získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu vozidel v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů a následné vyhodnocení naměřených hodnot.

1 Literární přehled v dané oblasti řešené problematiky

1.1 Definice polétavého prachu

Pojem „polétavý prach (PM10)“ je nesprávný překlad anglického termínu „particulate matter (PM10)“ uvedeného v původním znění Regulations (EC) No. 166/2006 (27).

Pojem „particulate matter“ se překládá do češtiny dvěma způsoby podle oblasti využití tohoto pojmu. Při hodnocení znaků kvality volného ovzduší (tj. venkovního, vnitřního a pracovního) se tento pojem překládá jako aerosolové částice (všechny částice v daném objemu vzduchu) (10).

Při posuzování odpadních plynů se pojem „particulate matter“ překládá do češtiny jako tuhé znečišťující látky – viz zákon o ochraně ovzduší.

Je třeba poznamenat, že určitá nejednotnost panuje i v mezinárodních normách, např. mezinárodní norma ČSN ISO 4225 uvádí pojem „prach“ (dust) – malé tuhé částice o průměru pod 75 μm , které se vlastní hmotností usazují, ale mohou zůstat v suspendovaném stavu po jistou dobu a dále „prach“ (grit) – polétavé tuhé částice přenášené v ovzduší nebo v odpadních plynech. Formální nedostatky použitého výrazu „polétavý prach“ však zcela zastiňuje použití pojmu PM10 jako charakteristiky odpadních plynů. Výraz PM10 je cílové označení pro vzorkování thorakálních částic ve volném ovzduší, přičemž thorakální částice (thoracic particles) jsou vdechované částice pronikající za hrtan. V podstatě se jedná o konvenci, jíž se určitému typu vzorkovacího zařízení přisuzuje vlastnost separovat aerosolové částice do dvou skupin: (23).

- na částice o aerodynamickém průměru větším než 10 μm , které se nezachycují
- na částice o aerodynamickém průměru menším než 10 μm , které se zachycují

Tato thorakální konvence (thoracic convention) je tedy specifikace přístroje k odběru vzorků pro stanovení thorakální frakce. Thorakální konvenci určuje rovněž mezinárodní norma pomocí vzorkovací křivky pro přístroje odebírající thorakální frakci (13).

Nejasnosti pojmu PM10 lze nalézt i v prováděcím předpisu k zákonu o ovzduší, který stanoví, že PM10 představuje podle § 3, odst. 2, písm. b) částice, které projdou velikostněselektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 (23).

Z uvedených skutečností jasně vyplývá, že pojem PM10 je spojen výhradně s hodnocením možných účinků částic vdechovaných na pracovišti a vně budov na zdraví člověka. Tyto „konvence nesmějí být používány v souvislosti s mezními hodnotami definovanými na základě zcela jiných pojmů“ (13).

Pod pojmem prach (tuhé znečišťující látky) si lze představit částice libovolného tvaru, struktury nebo hustoty rozptýlené v plynné fázi za podmínek existujících ve vzorkovacím bodě, které mohou být zachyceny filtrací za určených podmínek po reprezentativním odběru vzorku sledovaného plynu, a které zůstanou na filtru i po sušení za určených podmínek (11).

1.2 Zdroje emisí

Atmosférický aerosol může být přirozeného i antropogenního původu. **Hlavním přirozeným zdrojem jsou:**

- výbuchy sopek
- lesní požáry
- prach unášený větrem

Tyto částicemají velikost přibližně 10 μm . Významné jsou také kapičky mořské vody, třebaže většinaz nich spadne poměrně brzy zpět do oceánu. Přirozeného původu je i tzv. bioaerosol, zahrnující organismy jako jsou viry, bakterie, houby a případně jejich části a živočišná rostlinná produkty (spory a pyl).

Nejvýznamnějším antropogenním zdrojem jsou:

- spalovací procesy, hlavně v automobilových motorech a elektrárnách
- vysokoteplotní procesy, jako je tavení rud a kovu nebo svařování

Tyto procesy produkují částice o velikosti kolem 20 μm .

Aerosol může také vznikat odnosem částic větrem ze stavebních ploch nebo v důsledku odstranění vegetačního pokryvu z půdy. Dalším zdrojem mohou být zemědělské operace, nezpevněné cesty, těžební činnost a jakékoliv procesy, při kterých se vyskytují částice o dané velikosti (např. výroba a použití cementu a vápna). Atmosférický aerosol může také vznikat chemickou reakcí plynných složek (např. oxidu siřičitého s amoniakem) za vzniku částic o velikosti průměrně 300 μm .

Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje atmosférického aerosolu patří:

- vysokoteplotní procesy, především spalovací
- cementárny, vápenky, lomy a těžba
- odnos částic větrem ze stavebních ploch a z ploch zbavených vegetace (37)

1.3 Dopady na životní prostředí

Z ovzduší se aerosol dostává do ostatních složek životního prostředí pomocí suché nebo mokré atmosférické depozice. V principu platí, že čím menší průměr částice má, tím déle zůstane v ovzduší. Částice o velikosti přes 10 μm sedimentují na zemský povrch průběhu několika hodin, zatímco částice nejjemnější (menší než 1 μm) mohou v atmosféře setrvávat týdny, než jsou mokrou depozicí odstraněny.

Částice jemného a hrubého aerosolu mají odlišné složení. Materiál zemské kůry (částice půd, zvětraných hornin a minerálů, prach) a bioaerosol tvoří většinu hmotnosti hrubého aerosolu, zatímco jemný aerosol je tvořen hlavně sírany, amonnými solemi, organickým a elementárním uhlíkem a některými kovy. Dusičnany jsou významnou složkou jak hrubého, tak jemného aerosolu. Prašný aerosol může také sloužit jako absorpční médium pro těkavé organické látky.

Aerosol může působit na organismy mechanicky zaprášením. Zaprášení listů rostlin snižuje jejich aktivní plochu, u živočichů prach vstupuje do dýchacích cest. Dalším problémem je toxické působení látek obsažených v aerosolu.

Pevné částice v atmosféře ovlivňují energetickou bilanci Země, protože rozptylují sluneční záření zpět do prostoru. Podnebí ovlivňují tyto částice také svým účinkem na tvorbu oblaku. Jsou-li při tvorbě oblaku přítomny pevné částice ve velkém množství, bude výsledný oblak tvořen z velkého množství menších kapek. Takový oblak bude odrážet sluneční záření mnohem více, než oblak tvořený z částic větších. Vlivy na klima se však projevují spíše v regionálním měřítku (17).

1.4 Dopady na zdraví člověka, rizika

Částice atmosférického aerosolu se usazují v dýchacích cestách. Místo zachytu závisí na jejich velikosti. Větší částice se zachycují na chloupkách v nose a nepůsobují větší potíže.

Částice menší než 10 μm (PM10) se mohou usazovat v průduškách a způsobovat zdravotní problémy. Částice menší než 1 μm mohou vstupovat přímo do

plicních sklípku, proto jsou tyto částice nejnebezpečnější. Částice navíc často obsahují adsorbované karcinogenní sloučeniny.

Inhalace PM10 poškozuje hlavně kardiovaskulární a plicní systém. Dlouhodobá expozice snižuje délku dožití a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. Může způsobovat chronickou bronchitidu a chronické plicní choroby. Toxicky působí chemické látky obsažené v aerosolu (sírany, amonné ionty...). V důsledku adsorpce organických látek s mutagenními a karcinogenními účinky může expozice PM10 způsobovat rakovinu plic.

1.5 Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí

Toxicitu PM10 způsobují hlavně chemické látky obsažené v aerosolu. Některé organické látky mohou být karcinogenní. Prachové částice v ovzduší přinášejí především zdravotní rizika pro člověka a ostatní živé organismy (37).

1.6 Znečištění ovzduší

Většina škodlivin znečištěného ovzduší se nachází ve výšce do 2 km. Při znečišťování ovzduší dochází k vnášení znečišťujících látek do atmosféry, dále nazývané jako emise. Důsledek tohoto děje je znečištěné ovzduší, což je stav, kdy jsou kontaminující látky již pozměněny reakcemi a rozptýleny, tento stav můžeme dále nazývat jako imise. Imise se vyskytují v přízemní vrstvě atmosféry a škodlivě působí nejen na zdraví lidí, ale i na přírodu a majetek. Dále lze rozdělit znečištění ovzduší na globální, regionální a lokální.

1.6.1 Lokální znečištění

Lokální znečištění je vztažené na určitou lokalitu v rozmezí 1 – 10 km². Z hlediska analýzy ovzduší se jedná o stanovení škodlivin ve městech nebo naopak v oblastech, kde jsou zvláštní podmínky pro ochranu, např.: chráněné krajinné oblasti, národní parky, atd. Výsledky těchto analýz slouží k porovnávání s imisními limity. V České republice provozuje síť automatizovaných monitorovacích stanic (AMS) Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), na těchto automatizovaných stanicích je monitorován oxid siřičitý, oxidy dusíku, prašný aerosol, oxid uhelnatý a na vybraných lokalitách i ozon a uhlovodíky.

1.6.2 Regionální znečištění

Regionální znečištění se vztahuje k územním celkům s rozlohou od 100 km² až do 1000 km². Tyto stanice jsou budovány mimo bezprostřední dosah velkých zdrojů znečištění v reprezentativních polohách a dle doporučení WHO. V České republice se tyto stanice nacházejí v Košetících a Svatouchu. Provozovatelem je opět ČHMÚ.

1.6.3 Globální znečištění

Globální znečištění se projevuje v největší míře u látek dlouhodobě stálých, které se dostávají do ovzduší v souvislosti s antropogenní činností (lidskou činností). Mezi tyto látky patří prachový aerosol, oxid uhličitý a halogenmethany. V následném hodnocení globálního znečištění je potřeba brát v potaz, že některé škodliviny jsou v malých koncentracích přirozenou složkou ovzduší (18).

1.7 Znečištění ovzduší z dopravy

Zdroje emitující do ovzduší znečišťující látky jsou celostátně sledovány v rámci tzv. Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (dále jen REZZO). Správou databáze REZZO za celou Českou republiku je pověřen Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ). Jednotlivé dílčí databáze REZZO 1-4, které slouží k archivaci a prezentaci údajů o stacionárních a mobilních zdrojích znečišťování ovzduší, tvoří součást Informačního systému kvality ovzduší (ISKO).

Bilance mobilních zdrojů znečišťování ovzduší (tzv. REZZO 4) zahrnuje emise ze silniční, železniční, letecké a vodní dopravy a dále emise z nesilničních zdrojů (zemědělské, lesní a stavební stroje, vozidla armády, apod.). Výpočet emisí z dopravy zajišťuje dle vlastní metodiky CDV Brno.

V rámci imisního monitoringu jsou rovněž provozovány specializované stanice, označené jako dopravní „hot spot“, které jsou orientované výhradně na informace o kvalitě ovzduší v lokalitách, které jsou dopravou významně zatíženy. Tyto lokality splňují kritéria umístění odběrových zařízení zaměřených na dopravu dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší (35).

2 Ovzduší znečišťující látky

2.1 Rozdělení ovzduší znečišťujících látek

2.1.1 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý (SO₂) reaguje s chlorofylem (fotosyntetickým barvivem rostlin) a narušuje tak fotosyntézu. V ovzduší oxiduje se vzdušným kyslíkem za přítomnosti vody na kyselinu sírovou, která je spolu s kyselinou siřičitou příčinou kyselých dešťů. Hlavní podíl na jeho produkci má lidská činnost - zejména spalování fosilních paliv, jak při průmyslových procesech, tak v domácích topeništích. Oxid siřičitý působí dráždivě na sliznice dýchacích cest. Podporuje záněty průdušek a astma (2).

Negativní vliv mohou mít kapky s obsahem kyseliny sírové na oční spojivky, vzniká jejich podráždění a následně zarudnutí očí (36).

2.1.2 Polétavý prach

Polétavým prachem se nazývají malé částice různých látek, které jsou tak lehké, že trvá velmi dlouhou dobu, než se usadí na povrchu. Označuje se jako PM, přičemž se rozlišují kategorie PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0}, podle velikosti částic.

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.

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

Polétavý prach vzniká téměř výhradně jako produkt lidské činnosti – při spalovacích procesech, tavení rud, ale také z půdy zbavené vegetačního krytu. Čím menší průměr částice má, tím déle zůstává v ovzduší. Částice velikosti okolo 10 μm jsou zachyceny v horních cestách dýchacích, menší mohou pronikat do dolních dýchacích cest. Vůbec nejnebezpečnější jsou částice menší než 2,5 μm – tyto se mohou dostat až do plicních sklípky. Na částice polétavého prachu se vážou těkavé organické látky (VOC – z anglického názvu volatile organic compounds), které pak v organismu působí toxicky. Polétavý prach způsobuje kardiovaskulární onemocnění, choroby dýchacích cest, snižuje délku života a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. V důsledku navázaných těkavých látek může způsobovat rakovinu.

2.1.3 Saze

Dalším zdrojem znečištění jsou saze. Hlavním zdrojem sazí je teplárenský a koksárenský průmysl. Saze obsahují především uhlík, který způsobuje černé zabarvení. Výskyt sazí se projevuje v několika tvarových modifikacích. Běžnými tvary jsou malé kulovité agregáty spojené do podoby řetízků anebo velké krystaly o velikosti 1-2 mm.

2.1.4 Oxidy dusíku (oxid dusičitý NO₂, oxid dusnatý a další)

Oxid dusičitý je společně s oxidy síry součástí takzvaných kyselých dešťů. Oxid dusičitý (NO₂) současně s kyslíkem a těkavými organickými látkami přispívá k tvorbě přízemního ozonu a vzniku tzv. fotochemického smogu. Podmínkou pro jeho vznik je dostatečný sluneční svit, proto se vyskytuje zejména v letních měsících. Přitom vzniká řada dalších nebezpečných látek, které pak silně ovlivňují zdraví lidí.

Primárním zdrojem oxidů dusíku jsou motorová vozidla. Dalším velkým zdrojem oxidu dusíku jsou emise spalin ze spalovacích procesů, především z velkých zdrojů. V plicích se oxid dusičitý dostává do krve, kde je přeměněn na dusitany a dusičnany. Dráždí také sliznice dýchacích cest.

2.1.5 Přízemní ozon

Vzniká fotochemickou oxidací oxidů dusíku a těkavých organických látek za přímého působení slunečních paprsků. Zatímco ozón ve stratosféře omezuje pronikání nebezpečného tvrdého ultrafialového záření, v přízemní vrstvě ničí vegetaci a poškozuje některé druhy materiálů. Ovlivňuje rovněž zdraví a způsobuje dráždivý kašel, dráždění plic a očí. Přízemní ozón se vyskytuje také ve smogu. Smog se tvoří tehdy, jestliže dojde při nepříznivé povětrnostní situaci k zastavení cirkulace vzduchu a tím i jeho výměny. Nečistoty a exhalace se pak hromadí ve spodních vzdušných vrstvách a v kombinaci s mlhou dojde ke vzniku smogu. V něm pak vlivem slunečního záření probíhají chemické reakce mající za následek vznik dalších nebezpečných látek, např. ozónu. Pro člověka je smog velmi nebezpečný a činí ovzduší prakticky nedýchatelným (36).

2.1.6 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Do této skupiny řadíme asi 100 organických uhlovodíkových sloučenin. V prostředí přetrvávají velice dlouho (jsou tedy perzistentní), neboť odolávají přirozeným rozkladným procesům. Vznikají převážně při nedokonalém spalování organických látek (uhlí, olejů, nafty, benzinu a plastů) v nevhodných spalovacích zařízeních. Tyto sloučeniny mají mutagenní a karcinogenní vlastnosti, ohrožují zdravý vývoj plodu. Mezi PAU znečišťující ovzduší patří například benzo(a)pyren (16).

2.1.7 Oxid uhelnatý CO

Oxid uhelnatý (CO) vzniká z důvodu nedokonalého spalování paliva, což se projevuje zejména při studeném startu a při prudkém přidávání plynu.

Je jednou z nejběžnějších a nejrozšířenějších látek znečišťujících ovzduší. Přijímáme ho pouze vdechováním. Oxid uhelnatý působí na srdce, cévní a nervový systém. Při jeho nízkých koncentracích může zdravý člověk pociťovat únavu, člověk se srdečními problémy bolest na prsou. Při jeho vyšších koncentracích může dojít k poruchám vidění a koordinace, bolestem hlavy, závratím, zmatečnému chování a může být pociťována žaludeční nevolnost. Velmi vysoké koncentrace jsou smrtelné.

2.1.8 Minerální částice

Tyto částice obsahující minerály vznikají přirozenou antropogenní cestou. Částice s nepravidelným tvarem mají geologický původ a podlouhlé částice (partikule), vznikají v důsledku lidské činnosti. Částice jsou složeny zejména z vápníku, hliníku a křemíku. Také obsahují železo a síru. U podlouhlých krystalů se setkáváme s významným množstvím draslíku, sodíku a síranu vápenatého.

2.1.9 Ostatní částice

Částice tohoto typu obsahují spíše lehčí prvky, zejména dusík, kyslík a dusík. Jejich tvar je různorodý. Mohou být kubického, kulovitěho nebo nepravidelného tvaru. Některé částice mohou být klasifikovány jako biologické. Těmito částicemi mohou být pyly nebo různé bakterie (36).

2.2 Tuhé látky znečišťující ovzduší

Sledování tuhých znečišťujících látek v ovzduší ve formě tuhého aerosolu, polétavého prachu nebo celkové prašnosti se provádí od počátku hodnocení přízemní vrstvy atmosféry. Zjištění poznatků o působení tuhých látek anorganického, organického nebo biologického původu na lidský organismus bylo významným podnětem podrobnějšího studia a vedlo k zařazení těchto látek mezi rizikové polutanty. Všeobecné působení některých tuhých látek způsobuje typické příznaky potíží, jako jsou bolesti hlavy, závratě, únava, pocit stresu, nespavost nebo oční potíže. Mnoho látek ale vyvolává specifické potíže, například alergie, metabolické poruchy nebo záněty dýchacích cest.

Škodlivý účinek tuhých znečišťujících látek je z obecného pohledu závislý na jejich velikosti a na jejich složení (a případně na morfologii). Ve vzduchu setrvávají tuhé částice větší než 100 μm velmi krátkou dobu a sedimentují jako prach. Podstatně delší dobu (přibližně 2 týdny) setrvávají v ovzduší menší částice, schopné dálkového transportu. Nejmenší částice velikosti menší než 5 μm , vykazující vlastnosti aerosolu (nesedimentujícího polétavého prachu), zůstávají v ovzduší až do doby, kdy z nich fyzikální nebo chemické procesy vytvoří větší částice (20).

Na charakteru emisního zdroje závisí další důležitý faktor tuhých znečišťujících látek, jejich chemické složení. Prachové částice tak můžeme klasifikovat do několika skupin podle obsahu škodlivých příměsí: (19)

1. prachové částice s obsahem toxických látek (např. těžké kovy, persistentní organické látky, biologicky aktivní toxické látky)
2. prachové částice neobsahující toxické látky:
 - prachové částice s fibrogenním účinkem (např. azbestový prach, černouhelný prach, grafit, mastek, slída, keramické jíly, živec, kaolin, šamot, prachy v metalurgickém průmyslu)

- prachy bez fibrogenního účinku s výrazným dráždivým účinkem (např. bavlna, len, konopí, juta, srst, peří, čedičová a skleněná vlákna, uhličitany alkálií, pálené vápno)
- prachy bez fibrogenního a dráždivého účinku (hnědouhelný prach, jiné než výše jmenované průmyslové a neprůmyslové prachy).

Na území České republiky je prach dlouhou řadu let sledovanou charakteristikou znečištění ovzduší (20).

Obecně dávají vznik primárním částicím a jsou hlavními původci imisního zatížení polétavým prachem spalovací, technologické a mechanické procesy. Technologickými procesy se rozumí například výroba kovů, cementu, stavební činnost a podobně. Mezi mechanické procesy patří víření usazeného prachu, obrus pneumatik, vozovek, obkladů brzd a odnos půdních částic. Sekundární částice vznikají v atmosféře chemickými procesy díky prekurzorům SO₂, NO_x, NH₃ a VOC. Primární prašnost zejména vzniká ze zdrojů spalujících tuhá paliva bez odlučování, prašnost sekundární je způsobena vířením prachových částic větrem, stavební činností, dopravou a podobně. Při hodnocení celkové úrovně životního prostředí je prašný spad významný pomocný ukazatel. Velmi podstatným faktorem je větrná eroze, kterou je postiženo v rámci aglomerace asi 12 % rozlohy orných půd, avšak lze předpokládat výrazně vyšší procento. Především v suchých obdobích na plochách bez vegetačního krytu může přenos půdních částic a spolu s nimi i agrochemikálií a dalších substancí způsobovat značné znečištění atmosféry, což bylo na mnoha místech prokázáno. Zabránit tomuto jevu je velmi obtížné vzhledem k neutěšenému stavu krajinné zeleně a místy k jejímu značnému nedostatku (31).

2.3 Ochrana ovzduší před polétavým prachem v české legislativě

Ochrana ovzduší je definována mimo jiné emisními a imisními limity. Zatímco emisí se rozumí vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do ovzduší, imisí je třeba rozumět hmotnostní koncentraci znečišťující látky přítomné v ovzduší. Zákon č. 201/2012 Sb. v tomto smyslu rozlišuje mezi nástroji a omezeními týkajícími se znečišťování (emise) a znečištění (imise) ovzduší. Emisní a imisní limity mají odlišné adresáty, odlišný způsob jejich zjišťování a další povinnosti s tím spojené. Znečišťujícími látkami jsou z hlediska ovzduší látky, které svou přítomností v ovzduší mají nebo mohou mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí anebo obtěžují zápachem. Zákon a prováděcí právní předpisy k němu

vydané stanoví, které znečišťující látky jsou předmětem regulace, sledování a vyhodnocování z hlediska ochrany ovzduší v České republice (9).

2.4 Přípustné limity znečišťování ovzduší v České republice

Cílem imisních limitů, jejichž úroveň je stanovena na základě vědeckých poznatků je ochránit lidské zdraví nebo životní prostředí jako celek před škodlivými účinky znečišťujících příměsí ve venkovním ovzduší. Pro dlouhodobé škodlivé účinky znečištění ovzduší byly stanoveny hodnoty cílových imisních limitů. Úroveň, nad níž je pro stanovení kvality venkovního ovzduší povinné měření a která je specifikovaná pro každou znečišťující příměs v direktivách EU, se nazývá horní mez pro posuzování. Dle podmínek specifikovaných v Direktivě 96/62/EC je mezi tolerance procentuální podíl imisního limitu, o který může být imisní limit překročen. Dolní mez pro posuzování je úroveň, pod níž je pro stanovení kvality venkovního ovzduší plně postačující modelování nebo odborný odhad (18).

2.5 Imisní limity pro polétavý prach v České republice

Přípustná úroveň znečištění v České republice je vyjádřena imisními limitya povolenými počty jejich překročení ve stanovené době uvedené v příloze č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb. (hodinové, denní, roční). Imisní limity vycházejí z evropskélegislativy a jsou vyhlášené pro ochranu zdraví lidí, ekosystémů a vegetace.

Mezi znečišťující látky, pro které jsou imisní limity stanoveny, patří oxid siřičitý, oxid dusičitý, oxid uhelnatý, benzen, troposférický ozon, olovo, jemné prachovéčástice PM10 a PM2,5 a dále arsen, kadmium, nikl a benzo(a)pyren. Stanovení imisních limitů je čistou transpozicí evropského práva a v této oblasti Česká republikanestanovila žádné další zpřísnění nebo rozšíření o jiné znečišťující látky.

Je třeba poznamenat, že Česká republika má dlouhodobé problémy s překračováním imisních limitů stanovených pro ochranu zdraví lidí u oxidu siřičitého (v dopravně zatížených oblastech) a dále jemných prachových částic PM10 a PM2,5.

Stanovené imisní limity jsou závazné pro orgány ochrany ovzduší při výkonu jejich působnosti podle tohoto zákona (viz § 3 odst. 1).

Tabulka 1 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Maximální počet překročení
Částice PM ₁₀	24 hodin	50 μm.m ⁻³	35
Částice PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 μm.m ⁻³	0
Částice PM _{2,5}	1 kalendářní rok	25 μm.m ⁻³	0

(9)

3 Doprava

Jeto plánovaná činnost, kdy břemeno účelně změní svoji polohu na zemském povrchu (dojde ke změně souřadnic globálního polohového systému - GPS) po dopravních trasách s využitím dopravních zařízení a v některých případech i dopravních prostředků.

Dopravu lze rozdělit podle charakteru dopravní trasy na:

- a) Automobilovou dopravu
- b) Kolejovou dopravu
- c) Lodní dopravu (říční a námořní)
- d) Leteckou dopravu a dopravu vzduchem
- e) Dopravu pomocí rozmanitých dopravníků
- f) Vodní dopravu prostou (břemeno je unášeno vodou)
- g) Lanové dráhy
- h) Potrubní dopravu

3.1 Dopravní trasa

Je vyznačená část v prostředí, která umožňuje bezpečný, plynulý a opakovaný pohyb dopravních zařízení, která na dopravních trasách nebo v jejich okolí vykonávají pracovní činnost. Pohyb je realizován pomocí mobilních energetických zařízení, zařízení využívající zvířecí síly, lidské síly, přírodních a fyzikálních sil, které jsou určeny pro dopravu. Konstrukce (provedení) dopravní trasy musí vyhovovat předpokládané zátěži (hmotnosti a počtu vozidel) a požadavkům na průchodnost (musí být v souladu s velikostí a hmotností) dopravních zařízení a dále pak musí splňovat požadavky na bezpečnost (7).

Rozdělení dopravních tras

a) Dálnice

Dálnice je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bezúrovňovým křížením, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy. Dálnice je přístupná pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž nejvyšší povolená rychlost není nižší, než stanoví zvláštní předpis.

b) Silnice

Silnice je veřejně přístupná pozemní komunikace určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Silnice tvoří silniční síť. Silnice se podle svého určení a dopravního významu rozdělují do těchto tříd:

1. silnice I. třídy

Je určena zejména pro dálkovou a mezinárodní dopravu. Silnice I. třídy vystavěná jako rychlostní silnice je určena pro rychlou dopravu a je přístupná pouze silničním motorovým vozidlům, jejichž nejvyšší povolená rychlost není nižší, než stanoví zvláštní předpis. Rychlostní silnice má obdobné stavebně technické vybavení jako dálnice.

2. silnice II. třídy

Je určena pro dopravu mezi okresy.

3. silnice III. třídy

Je určena k vzájemnému spojení obcí nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace.

c) Místní komunikace

Je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce. Místní komunikace se dále rozdělují podle dopravního významu, určení a stavebně technického vybavení do čtyř tříd.

d) Účelová komunikace

Je pozemní komunikace, která slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků těchto nemovitostí nebo ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků (25).

3.2 Zpevnění dopravní trasy

Rozumí se tím veškerá opatření realizovaná na povrchu tělesa cesty vozovkou nebo provozním zpevněním. Vozovka je základní součástí cesty, tvořená z jedné nebo více vrstev stmelených či nestmelených silničních staviv i jiných materiálů. Kontakt kola dopravního zařízení zajišťuje obrusná (krytová) vrstva cesty. Charakter obrusné vrstvy cesty a přítomnost vozovkového znečištění na povrchu této vrstvy je rozhodujícím činitelem pro zvržení prachových částic na dopravní trase.

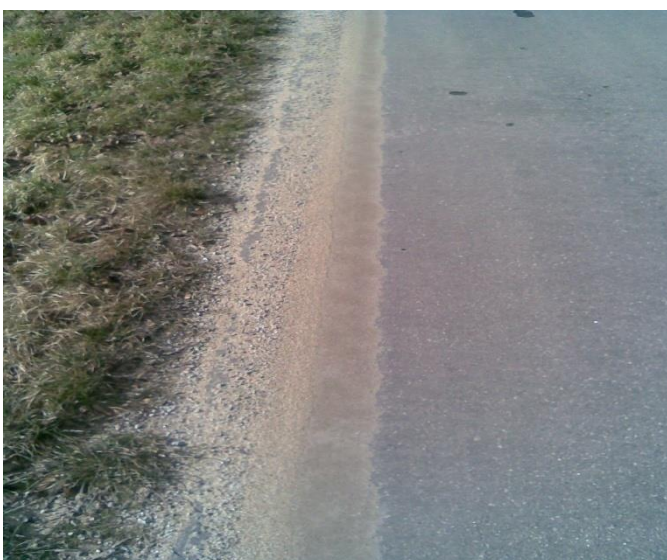
3.3 Znečištění vozovky

Zahrnuje veškeré částice převážně větších frakcí, na jejichž složení se podílejí částice geologického původu z okolní půdy, částice pocházející ze zimních posypů, částice vzniklé abrazí vozovky, opotřebením částí vozidel (pneumatiky, karoserie, brzdové a spojkové obložení), částice pocházející z úletů sypkých břemen, převážených nákladními vozidly a také částice pocházející z pouličního příslušenství a dopravního značení (7).

Příslušné informace o znečištění vozovky uvádí Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích § 28.

1. Při znečištění dálnice, silnice nebo místní komunikace, které způsobí nebo může způsobit závady ve sjízdnosti nebo schůdnosti, musí ten, kdo znečištění způsobil, je bez průtahů odstranit a uvést tuto pozemní komunikaci do původního stavu; nestane-li se tak, je povinen uhradit vlastníkovvi této pozemní komunikace náklady spojené s odstraněním znečištění a s uvedením pozemní komunikace do původního stavu. Tím nejsou dotčeny zvláštní předpisy upravující nakládání s nebezpečnými věcmi.
2. Při poškození dálnice, silnice nebo místní komunikace, které způsobí nebo může způsobit závadu ve sjízdnosti nebo schůdnosti anebo ohrozit bezpečnost silničního provozu podle zvláštního předpisu, musí ten, kdo poškození způsobil, tuto skutečnost neprodleně oznámit vlastníkovvi pozemní komunikace a uhradit mu náklady spojené s odstraněním poškození a s uvedením pozemní komunikace do původního stavu; může se též s vlastníkem pozemní komunikace dohodnout, že poškození odstraní sám.

3. Pokud závadu ve sjízdnosti nebo schůdnosti pozemní komunikace nelze neprodleně odstranit, je ten, komu povinnost k odstranění znečištění, popřípadě k úhradě nákladů na odstranění poškození náleží, povinen místo alespoň provizorním způsobem neprodleně označit a závadu oznámit vlastníkovi pozemní komunikace (34).



Obrázek 1. Znečištění vozovky inertním materiálem

3.4 Používané posypové materiály

Při zajišťování sjízdnosti komunikací během zimního období se na celém území obecně používají dva základní druhy posypových materiálů:

- Chemické rozmrazovací materiály - to jsou látky, které svými vlastnostmi způsobují fyzikálně chemickou změnu sněhu a ledu přítomného na povrchu vozovky, přičemž dochází k jejich tání.
- Zdrsňující (inertní) posypové materiály - to jsou látky, které mechanickým způsobem zvyšují součinitel tření zledovatělé, nebo ujeté sněhové vrstvy na povrchu vozovky.

3.4.1 Chemické rozmrazovací materiály

Z obecného pohledu mají rozmrazovací látky schopnost zabránit vytvoření ledu, snížit bod mrazu vody pod 0 °C, nebo rozpustit led, který se již vytvořil. Mezi rozmrazovací látky, které se na evropském území používají při zimní údržbě silnic, a to buď všeobecně, příležitostně, nebo při různých pokusných zkouškách a testech, patří zejména chlorid sodný, chlorid vápenatý, chlorid hořečnatý, močovina, alkoholy, glykoly a CMA. V současné zimní údržbě komunikací se ze všech jmenovaných materiálů díky jejich vlastnostem ale běžně používají jen chlorid sodný a v menší míře chlorid vápenatý.

Chlorid sodný (NaCl)

Je to naprosto nejrozšířeněji používaný výrobek, těžený v solných dolech nebo i získávaný odpařováním z mořské vody. Chlorid sodný je aktivní i pod -10 °C (eutektický bod má -21,2 °C). V zimní údržbě se používá v pevném stavu nebo jako solankový roztok.

Relativní velikost zrna má nesmírný vliv na účinnost chloridu sodného - například jemné částičky (< 1 mm) prodlužují dobu setrvání soli na povrchu silnice. Rovněž například také posypová šířka, na jakou může dávkovací rozmetadlo efektivně sypat sůl, závisí na relativní velikosti zrn. Doporučovaná optimální křivka zrnitosti se většinou pohybuje v rozmezí 0,16 - 5 mm. Zpomalovač ztvrdnutí nebo-li tzv. protispékací přípravek, je v posypových solích běžně používán téměř ve všech zemích a obvykle to bývá v malém množství přidávaný ferrokyanid draselný nebo ferrokyanid sodný. Pro účely zimní údržby komunikací účinkuje chlorid sodný optimálně do teploty zhruba -5 °C až maximálně -7 °C. Pod touto teplotou se již značně zpomaluje jeho tavicí schopnost a při teplotách pod -11 °C se v podstatě stává pro zimní posyp už neúčinným. Proto se v některých zemích chlorid sodný při poklesu teploty pod -7 °C běžně používá ve spojení s chloridem vápenatým. Na závěr je třeba zdůraznit, že chlorid sodný je endotermický tzn., že vždy potřebuje také určitou externí tepelnou energii k tomu, aby mohl vytvářet komplexní účinek. Proto také začíná jeho působení zpočátku pomaleji. Tato energie je v praxi dodávána například dopravním provozem, nebo přímo i ze slunečního záření. Různé ovlivňující faktory, jako je třeba vítr (způsobující vypařování), nebo snížení dopravní intenzity, pokles teploty, mohou rovněž značně časově zpomalit rozmrazovací schopnosti této soli.

Chlorid vápenatý (CaCl₂)

Tato substance je v podstatě vedlejším produktem výroby sody. Chlorid vápenatý je hygroskopický již od cca 40 % relativní vlhkosti vzduchu a je velmi účinný i při nízkých teplotách až do -35 °C (eutektický bod má až -50 °C). Větší hygroskopičnost materiálu doplňkově povzbuzuje rychlejší počátek rozpouštění. Používá se v pevném stavu nebo jako solanka s koncentracemi pohybujícími se v rozmezí zhruba mezi 15% až 32%. Nejběžněji používanou solankou je roztok s koncentrací 26%. Jak již bylo uvedeno, chlorid vápenatý se v konkrétním praktickém použití v zimní údržbě dost často používá rovněž ve směsi s chloridem sodným. Materiál se dodává ve formě vloček, nebo šupin, prakticky čistého hydroxidu vápenatého v tloušťce přibližně 1,25 mm a o průměrné velikosti 3- 3,5 mm. V protikladu k chloridu sodnému, je chlorid vápenatý exotermický. To znamená, že tepelnou energii naopak vydává. Také jeho velká hygroskopicita mu umožňuje dříve získávat vlhkost ze vzduchu nebo ledu a tím také rychleji rozeběhnout vlastní tavicí proces.

Chlorid hořečnatý (MgCl₂)

Látka je vedlejším produktem při výrobě potaše a používá se ve formě roztoku. Je velmi hygroskopická (ještě více než CaCl₂) a v zásadě se v zimní údržbě používá pouze při likvidačním posypu. Jeho použití v preventivním posypu se nedoporučuje, protože může určitým způsobem dokonce snížit přilnavost pneumatik k vozovce, tzn. snížit součinitel tření a tak v podstatě dokonce bezpečnost dopravy zhoršit. Používá se při teplotách nižších než -9 °C.

Močovina (CO (NH₂)₂)

Je to krystalická substance dodávaná v zrnité formě o průměrné velikosti zrn cca 1-2 mm. Substance není žíravá, je však velmi lehká a proto snadno odvanutelná větrem. Z tohoto důvodu pro účinnou aplikaci musí být používána ve směsi s vodou nebo v některých případech ve směsi s pískem. Nejlepší působení je do -7 °C. Velkou předností je nízký korozivní účinek na materiály. Zásadním nedostatkem je jeho schopnost "nadměrného hnojení", které způsobuje růst bujné vegetace na přilehlých pozemcích a i vodních plochách.

Alkoholy a glykoly

Vzhledem k jejich antikoroziivním vlastnostem jsou tyto chemikálie používány hlavně na letištních plochách. Při používání těchto produktů dochází k velmi intenzivnímu "vypařování" a jejich bod vzplanutí je nízký. Izopropylalkohol navíc snižuje povrchové napětí rozpouštěné vody, která se pak snadněji dostává do jemných trhlinek povrchu vozovky. Po odpaření alkoholu vlivem zamrznutí vody dochází k destrukci povrchu. Účinek rozmrazovací tekutiny působí zpočátku optimálněji než NaCl. Proces tání ledu však potřebuje mnohem více času a daleko větší množství rozmrazovacích chemikálií. Alkoholy a glykoly smíšené s vodou také spotřebovávají značné množství kyslíku, proto nesmí ani zředěné roztoky uniknout do povrchových vod.

CMA (Calcium Magnesium Acetate)

Výrobek má nízkou hustotu a je velmi jemný, což způsobuje určité problémy při běžné manipulaci a také při vlastním posypu vozovek (hromadění prachu). Někteří pracovníci po jeho aplikaci při zimním posypu trpí dýchacími problémy a kožními vyrážkami zejména na ruku. Operátoři proto při práci s tímto materiálem musí nosit rukavice a ochranné masky na nos a ústa.

CMA má malou vlastní trvanlivost - stálost a po rozpadu nemá téměř (v porovnání s NaCl a CaCl₂) žádný negativní vliv na půdu a vegetaci. Octany ale snižují množství kyslíku vázaného ve vodě. CMA se proto nemá používat v oblastech "citlivých" na podzemní vody, protože octany by mohly proniknout vrstvou zeminy dříve, než se biologicky rozloží.

CMA nerozpouští led a sníh tak rychle jako sůl. Například abychom získali porovnatelnou fyzikální úroveň tavicí účinnosti, bylo by za každé kilo soli zapotřebí použít 2-3 kg materiálu CMA. Efektivní účinnost CMA může být zlepšena jeho smícháním s pískem v poměru 2:1 tzn., že po posypu je nejdříve využita zdrsňující schopnost písku a později tavicí schopnost CMA (24).

3.4.2 Zdrsňující (inertní) posypové materiály

K tomu účelu se používá:

- přírodní kamenivo
- umělé kamenivo
- materiál vyráběný přímo pro posyp vozovek EKOGRIT

Přírodní kamenivo

Štěrkopísky jsou směsí šterku a písku a patří k nejdůležitějším výchozím surovinám průmyslu stavebních hmot. Jsou to nezpevněné sedimenty, vzniklé snosem a usazením více nebo méně opracovaných úlomků (šterky 2 až 128 mm, písky 0,063 až 2 mm) rozpadlých hornin. V jejich složení převažují valouny odolných hornin a nerostů (křemen, živec, křemenec, bulžník, žula apod.) nad méně odolnými (většina krystalických a sedimentárních hornin). K nim se druží příměs písků, prachu a jílu. Ložiska šterkopísků jsou rozšířena po celém světě a není vedena jejich evidence. Šterky a šterkopísky se jako přírodní kamenivo nejčastěji používají ve stavebnictví a k posypu vozovek (28).

Umělé kamenivo

Struska (škvára) je často používaným materiálem větší zrnitosti, s černým zabarvením a mnohokrát se skelným leskem. Roční produkce strusky se pohybuje v České republice kolem 32 000 tun.

Struska je hluchý produkt tepelných a spalujících procesů. Vzniká jako nechtěná odpadní látka při výrobě oceli, tavení a rafinaci kovů, spalování uhlí, odpadů, dřevní hmoty, spontánně při vývěru lávy – přírodní vulkanická struska.

Chemické složení strusky se obecně skládá z oxidů síry, fosforu, křemíku a kovů. Pro budoucí recyklační procesy jsou velice důležité následující parametry: krystalová stavba strusky, od ní se odčítá pevnost v tahu, v tlaku; bazicita, tedy kyselost či zásaditost; rozpustnost s vodou, s kyselinami, se zásadami; specifická hmotnost vzniklé strusky (30).

EKOGRIT

Ekogrit je zdrsňující posypový materiál určený pro zimní údržbu pozemních komunikací, který svými parametry nahrazuje a překonává materiály pro zimní posyp dosud používané.

Vlastnosti tohoto materiálu:

- velmi lehký a vydatný
- šetrný k okolí
- ekonomicky výhodný
- ochranná známka "EKOLOGICKY ŠETRNÝ VÝROBEK 31-01" byla Ekogritu udělena ministrem životního prostředí ČR

Používáním tohoto posypu lze předejít i mnoha problémům. Kromě faktu, že keramický štěrk šetří životní prostředí a je dobře snesitelný stejnou měrou pro člověka, zvířata i rostliny, chová se také k ošetřeným plochám daleko šetrněji než tvrdé posypové prostředky a nezpůsobuje jejich poškození (14).

Pokud ošetřené plochy roztají v poledním slunci, Ekogrit vzlíná a při opětovném mrazu zůstává zachován vysoký součinitel tření a není potřeba jej dosypávat. Pokud zima už skončila, nemusí se lehký keramický štěrk nákladně odstraňovat. Na rozdíl od písků a drtí se náklady na čištění sniží až o 60 %. Ekogrit neucpává a nevydírání kanalizační systémy. Zametený zbytkový materiál lze nanést na záhony a zelené plochy, kde porézní materiál kypří půdu a zlepšuje provzdušňování kořenových systémů rostlin.

Použití: komunikace měst a obcí, historická centra, obchodní centra, pěší zóny, parky, cyklistické stezky, lázeňská území, zóny pitné vody, apod (15).



Obrázek 2. Sypač chemických a inertních materiálů SYKO

Zdroj: www.kobit.cz

3.5 Dopravní zařízení

Je mobilní nebo stacionární strojní zařízení, jehož konstrukce umožňuje řízený pohyb břemen po stanovených dopravních trasách a umožňuje nést různá břemena a směřovat jejich pohyb do cílového místa.

3.6 Dopravní prostředek

Je prvek, který usnadňuje vykonat dopravu pomocí dopravních zařízení (palety, kontejnery). Dopravní prostředek není neodpojitelná část nebo součást dopravního zařízení.

3.7 Rozdělení dopravních prostředků

a) **motorové vozidlo** je vozidlo, které se po pozemní komunikaci, resp. po dopravní trase pohybuje pomocí vlastní motorické síly

b) **nemotorové vozidlo** je vozidlo, které se po pozemní komunikaci pohybuje pomocí motorového vozidla, lidské, zvířecí nebo gravitační síly. Je to například přípojné vozidlo (přívěs, návěs)

3.7.1 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 sedáčkami posádky (automobily osobní kombi, MPV).

3.7.2 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.

3.7.3 Kategorie T

Traktory zemědělské nebo lesnické (jsou mobilními energetickými zařízeními pro tlačení nebo tažení přípojných vozidel, které slouží pro dopravu nákladů).

3.7.4 Kategorie O

Přípojná vozidla. V závislosti na konstrukci mohou být používána pro dopravu nákladů.

Nemotorová vozidla se podle legislativy člení:

1. O₁ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 750 kg,
2. O₂ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 750 kg, ale nepřevyšuje 3500 kg,
3. O₃ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost je nad 3500 kg, ale nepřevyšuje 10 000 kg,
4. O₄ - přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 10 000 kg,

5. OT₁ - přípojná vozidla traktoru, jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 1 500 kg,
6. OT₂ - přípojná vozidla traktoru, jejichž největší přípustná hmotnost je nad 1500 kg, ale nepřevyšuje 3500 kg,
7. OT₃ - přípojná vozidla traktoru, jejichž největší přípustná hmotnost je nad 3500 kg, ale nepřevyšuje 6 000 kg,
8. OT₄ - přípojná vozidla traktoru, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 6 000 kg (7).

4 Metodika měření

4.1 Metodický Postup

- 1) Výběr dopravní trasy pro měření a volba místa měření
- 2) Odběr znečištění z vozovky stanoveným způsobem
- 3) Sběr dat při provozu prostřednictvím přístroje DUST Trak 8530
- 4) Vyhodnocení naměřených dat
- 5) Vypracování závěru

4.2 Cíl měření

Cílem je získání informací o skutečném vlivu pohybu vozidel rozdílných kategorií v silniční dopravě na znečištění ovzduší resuspendovanými prachovými částicemi PM₁₀ z nespalovacích procesů. Ke zvržení deponovaných částic na vozovce (vozovkový prach) dochází vlivem pohybu kol od projíždějících vozidel.

Vozovkový prach tvoří veškeré částice nacházející se na povrchu vozovky, jako jsou: částice geologického původu z okolní půdy, částice pocházející ze zimních posypů, částice vzniklé abrazí vozovky, opotřebením částí vozidel (pneumatiky, karoserie, brzdové a spojkové obložení), částice pocházející z úletů sypkých břemen, převážených nákladními vozidly a také částice pocházející z pouličního příslušenství a dopravního značení (4,5). Tyto částice mají negativní vliv na zdraví člověka.

4.3 Princip měření

Podstatou metody je prosávání vzduchu zařízením s filtrem, na němž se zvolená velikostní frakce polétavého prachu kvantitativně zachytí. Vstupním zařízením je impaktor, který zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu. Vzorek prachu je získán prosáváním zkoumaného ovzduší přístrojem. Před odběrem je nutné provést kalibraci nuly. Průtoková rychlost musí být dodržena shodná po celou dobu odběru na hodnotě $3,0 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (8).

4.4 Postup měření

1) Výběr dopravní trasy pro měření a volba místa měření

Dopravní trasy byly vybírány podle intenzity znečištění vozovky a různorodosti projíždějících vozidel. Při výběru místa pro vlastní měření již předem na vybrané trase byl především velký důraz kladen na umístění přístroje na měřeném místě. Především byl kladen důraz na to, aby před přístrojem nebyla vysoká překážka ve formě zaparkovaného automobilu, rostoucích stromů nebo podobných překážek, které by zapříčinily nepřesnosti v měření a následnou neschopnost použít tyto naměřené hodnoty pro další zpracování. Umístění přístroje bylo 4 a 8m od vozovky na vyvýšené podložce 70 ± 10 cm nad úroveň vozovky. Dále bylo důležité zabránit odnosu prachových částic vlivem proudění vzduchu směrem od přístroje, proto bylo velmi důležité zjistit směr proudění vzduchu a případně přístroj přemístit.

2) Odběr znečištění z vozovky stanoveným způsobem

Na každém z měřených míst byl před začátkem měření z vozovky odebrán vzorek znečištění. Před samotným odebráním vzorku byla nejprve vyměřena oblast o velikosti 1m^2 ze které byl následně vzorek odebrán a uložen do připravených nádob pro další zpracování vzorku.

3) Sběr dat při provozu prostřednictvím přístroje DUST Trak 8530

Při každém měření byly změřeny a zaznamenány příslušné hodnoty teploty, vlhkosti a rychlosti větru. Po odebrání hmotnostního vzorku bylo provedeno vlastní měření koncentrace prachových částic PM_{10} , dále byla zaznamenána všechna pohybující se vozidla na vybraném měřeném úseku.

Koncentrace frakce je vyjádřena v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Doporučuje se, aby pro dosažení nejlepší přesnosti měření, byla okolní teplota byla v rozsahu $15 - 30^\circ\text{C}$ a relativní vlhkost $20 - 45\%$.

4) Vyhodnocení naměřených dat

Po naměření hodnot došlo k jejich následnému zpracování do tabulek a grafů. Během každého měření byly naměřeny různé hodnoty, u kterých je velmi znatelný rozdíl při slabém a naopak při silném znečištění vozovky. U každé hodnoty převyšující průměrnou hodnotu o značné množství byl popsán jev, vlivem kterého k této naměřené hodnotě došlo. Dále zde byly shrnuty veškeré poznatky, ke kterým

došlo při vlastním měření. Zvláště je zde popsáno chování řidičů, kteří projížděli měřeným úsekem.

5) Vypracování závěru

V závěru práce bylo provedeno celkové vyhodnocení znečišťování ovzduší z dopravy a procesů s ní spojených. Dále jsou zde navržena vhodná opatření vedoucí ke snižování polétavého prachu.

4.5 Použité přístroje

4.5.1 Měřicí přístroj DUSTTrak 8530

Při měření jsem použil přístroj DUST Trak 8530 pro měření částic PM_{10} , $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$. Měřené hodnoty lze přímo odečíst z displeje přístroje, kde se následně ukládají do jeho vnitřní paměti. Přístroj je díky svým velikostem přenosný, napájen je vnitřním zdrojem – lithiovou baterií, která se před vlastním měřením musí důkladně nabít. Zvláště při měření při nižších teplotách dochází k jeho častějšímu vybití.

OVLÁDNÍ PŘÍSTROJE DUSTTrak 8530

- a) Dotykiem stylusu nebo koncem prstu se aktivuje Setup a objeví se ovládací políčka svisle vlevo, na obrazovce se zobrazí údaje o měřicím přístroji.
- b) Dotykem se aktivuje Zero Cal, kalibrace nuly se provádí před každým použitím, přičemž musí být připojen nulovací filtr (bílý váleček s nápisem FLOW s hadičkou).
- c) Dotykem se aktivuje zelené políčko Start. Objeví se nápis „Zero calibration is in process.“ a začíná odpočítávání 60 sekund. Po ukončení kalibrace se objeví „Zero Cal Complete“, poté se odstraní nulovací filtr.
- d) Dotykem se aktivuje políčko v levém dolním rohu Main, nastaví se RunMode: Manual (pokud již není nastaven) políčkem RunMode. Nastaví se také datum a další požadované údaje týkající se měření (interval, celková doba měření). Přístroj umožňuje záznam dat 45 dní v minutových intervalech. Interval měření lze nastavit v rozsahu 1 sekunda až 1 hodina.

- e) Nasadí se příslušný impaktor, který obsahuje horní část s vyznačením velikosti prachových částic PM_{xx}, uvnitř je záchytná destička, spodní část je přizpůsobena k těsnému nasazení na měřicí přístroj (pryžový kroužek). Spodní a horní část je spojena závitem. Záchytná destička se vkládá do spodní části stříbrnou stranou nahoru.
- f) Dotykem se aktivuje zelené políčko Start. Přístroj zobrazuje hodnoty prachových částic v mg.m⁻³. V levém dolním rohu je odpočítáván čas, který je nastaven.
- g) Dotykem na políčko Stats se v pravé části zobrazí hodnoty minimální, maximální a průměrné.
- h) Dotykem na tlačítko Graph se zobrazí graf, na jehož ose x je čas v sekundách a ose y jsou hodnoty prachových částic.
- i) Dotykem na tlačítko Data lze hodnoty uložit pod názvem souboru (Filename), který byl předtím zvolen.
- j) Vypnutí přístroje se provede tlačítkem, kterým byl zapnut, stiskne se políčko Yes a přístroj se po chvíli vypne (8).



Obrázek 3. Měřicí přístroj DUST Trak 8530

Zdroj: www.tsi.com

4.5.2 Voltcraft VC 4 IN 1

Měřič životního prostředí 4 v 1. Zařízení na měření úrovně osvětlení, zvukové hladiny, teploty a vlhkosti vzduchu. V našem případě jsme ho používali ke zjištění aktuální teploty a vlhkosti vzduchu.

Technické parametry:

Rozměry (Š x V x H) 85 x 85 x 30 mm, Čidlo typ K: -20 až +50 C (interní), -20 až + 750 °C (externí), přesnost 0,1 °C, Zvukoměr: 35 až 130 dB, rozlišení 0,1 dB, frekvenční průběh 32 Hz - 10 kHz, Luxmetr: 0,01 - 20 000 luxů, rozlišení 0,01 luxů, Vlhkoměr: 25 - 95 % RH, rozlišení 0,1 %. Hmotnost 250 g.

Obsah balení: čidlo typu K, senzor vlhkosti vzduchu, světla, zvuku (integrováný), přepravní pouzdro, baterie 9V

Vlastnosti: Max-Hold funkce, funkce automatického vypnutí, 4- místný ukazatel (22)



Obrázek 4. Měřicí přístroj Voltcraft VC 4 in 1

Zdroj: www.voltcraft.cz

4.5.3 Anemometr

Přístroj ke zjišťování rychlosti větru, měření síly větru v mílich/h, km/h, m/s nebo v uzlech. Rozsah měření rychlosti větru: 0,2...30 m.s⁻¹. Podsvícený LCD displej, automatické odpojení proudu. Pásek na nošení je součástí dodávky, přístroj je chráněný proti vodě, napájení proudem 1 x 3V - lithiové baterie typ CR2032. Rozměry 98 x 39 x 17 mm, hmotnost: 55 g (32).



Obrázek 5. Anemometr

www.zemedelske-potreby.cz

Další použité pomůcky a přístroje

Pro odběr hmotnostního vzorku bylo nutné vyměřit za pomoci svinovacího metru plochu o velikosti 1m². Z této plochy byl následně odebrán vzorek, který byl zvážen na laboratorních vahách.

Veškerá naměřená data byla zpracována na notebooku ASUS v programu Microsoft Excel.

4.6 Vlastní měření

4.6.1 Měřené místo č. 1 Stráž nad Nežárkou



Obrázek 6. Letecký pohled místa měření ve Stráži nad Nežárkou

Zdroj www.mapy.cz

- červený bod na mapě určuje umístění měřicího přístroje

Tabulka 2 - Popis měřeného místa č.1 ve Stráži nad Nežárkou

Datum a čas měření	16.1.2014, 11:05
Teplota vzduchu	5°C
Rychlost větru	0,9m.s ⁻¹
Vlhkost vzduchu	47,1%
GPS souřadnice měřicího místa	49° 4' 11,66" s. š., 14° 54' 13,11" v. d
Sklon vozovky	rovina
Max. povolená rychlost	50 km.h ⁻¹
Popis měřené oblasti	obydlená oblast po obou stranách vozovky
Okolí měřicího místa	stromy, rodinné domy
Povrch vozovky	asfalt s mírným poškozením

Měřicí místo se nachází ve městě Stráž nad Nežárkou na silnici vedoucí z náměstí směrem na hlavní silnici na Třeboň. Hlavními vozidly pohybujícími se po této trase jsou především osobní vozidla, autobusy a dodávky. Povrch vozovky je tvořen asfaltem s mírným poškozením. Znečištění na krajnicích vozovky je tvořeno zbytky inertního materiálu a částečnými úlomky větviček a jehličí z přilehlých stromů do výšky 0,2mm – 0,4mm v šířce 0,8m.

Tabulka 3 - Počty vozidel v měřeném místě č. 1

Druh vozidla	Celkový počet vozidel v měřeném čase (60minut)		
	1. měření	2. měření	3. měření
osobní automobil	21	32	28
dodávka	1	2	2
nákladní automobil	1	1	0
nákladní souprava	0	0	0
autobus	0	3	1
zemědělské stroje	0	0	0
celkem	23	38	31

Tabulka 4 - Koncentrace polétavého prachu v měřeném místě č. 1

Koncentrace polétavého prachu (mg.m ⁻³)	Číslo měření		
	1. měření	2. měření	3. měření
minimální hodnota	0,056	0,075	0,053
maximální hodnota	0,533	1,100	0,705
průměrná hodnota	0,180	0,139	0,141
hodnota neovlivněná dopravou	0,022	0,017	0,012
Hmotnost odebraného vzorku 1308g.			

4.6.2 Měřené místo č. 2 Děbolín



Obrázek 7. Letecký pohled místa měření v obci Děbolín

Zdroj www.mapy.cz

- červený bod na mapě vyznačuje umístění měřicího přístroje

Tabulka 5 - Popis měřeného místa č. 2 v obci Děbolín

Datum a čas měření	13.2.2014, 12:05
Teplota vzduchu	6°C
Rychlost větru	1,9m.s ⁻¹
Vlhkost vzduchu	48,6%
GPS souřadnice měřicího místa	49° 9' 29" s. š., 14° 57' 21" v. d
Sklon vozovky	rovina s mírným stoupáním
Max. povolená rychlost	50 km.h ⁻¹
Popis měřené oblasti	obydlená oblast po obou stranách vozovky
Okolí měřicího místa	rodinné domy se zahradami
Povrch vozovky	asfalt s mírným poškozením

Měřicí místo se nachází v obci Děbolín na silnici vedoucí z Kardašovy Řečice směrem do Jindřichova Hradce. Hlavními vozidly pohybujícími se po této trase jsou především osobní vozidla, nákladní automobily, dodávky a zemědělské stroje. Povrch vozovky je tvořen asfaltem s mírným poškozením. Znečištění na krajnicích vozovky je tvořeno především malým množstvím šterku, prachu a větvičkami z přilehlých stromů do výšky 0,1mm – 0,4mm v šířce 1m.

Tabulka 6 - Počty vozidel v měřeném místě č. 2

Druh vozidla	Celkový počet vozidel v měřeném čase (60minut)		
	1. měření	2. měření	3. měření
osobní automobil	98	104	101
dodávka	11	24	20
nákladní automobil	7	7	11
nákladní souprava	10	11	10
autobus	0	0	1
zemědělské stroje	8	1	0
celkem	134	147	143

Tabulka 7 - Koncentrace polétavého prachu v měřeném místě č. 2

Koncentrace polétavého prachu (mg.m ⁻³)	Číslo měření		
	1. měření	2. měření	3. měření
minimální hodnota	0,034	0,001	0,004
maximální hodnota	0,353	0,153	0,582
průměrná hodnota	0,096	0,024	0,030
hodnota neovlivněná dopravou	0,012	0,003	0,004
Hmotnost odebraného vzorku 273g.			

4.6.3 Měřené místo č. 3 Jindřichův Hradec



Obrázek 8. Letecký pohled místa měření u Jindřichova Hradce

Zdroj www.mapy.cz

- červený bod na mapě vyznačuje umístění měřicího přístroje

Tabulka 8 - Popis měřeného místa č. 3 u Jindřichova Hradce

Datum a čas měření	14.2.2014, 12:05
Teplota vzduchu	6,9°C
Rychlost větru	5,4m.s ⁻¹
Vlhkost vzduchu	50,1%
GPS souřadnice měřicího místa	49° 8' 43" s. š., 14° 59' 38" v. d.
Sklon vozovky	rovina
Max. povolená rychlost	90 km.h ⁻¹
Popis měřené oblasti	orná půda a trvalý travní porost po obou stranách vozovky
Okolí měřicího místa	stromy, pole a louka
Povrch vozovky	asfalt s mírným poškozením

Měřicí místo se nachází na silnici vedoucí z Jindřichova Hradce do obce Buk. Hlavními vozidly pohybujícími se po této trase jsou především osobní vozidla, autobusy, dodávky a zemědělské stroje. Povrch vozovky je tvořen asfaltem s mírným poškozením. Znečištění na krajnicích vozovky je tvořeno zbytky inertního materiálu a částečnými úlomky větviček z přilehlých stromů do výšky 0,2m – 0,6mm v šířce 0,3m.

Tabulka 9 - Počty vozidel v měřeném místě č. 3

Druh vozidla	Celkový počet vozidel v měřeném čase (60minut)		
	1. měření	2. měření	3. měření
osobní automobil	31	22	30
dodávka	1	3	1
nákladní automobil	1	0	0
nákladní souprava	0	0	1
autobus	1	0	1
zemědělské stroje	0	0	0
celkem	34	25	33

Tabulka 10 - Koncentrace polétavého prachu v měřeném místě č. 3

Koncentrace polétavého prachu (mg.m ⁻³)	Číslo měření		
	1. měření	2. měření	3. měření
minimální hodnota	0,002	0,003	0,001
maximální hodnota	0,096	0,049	0,680
průměrná hodnota	0,005	0,006	0,005
hodnota neovlivněná dopravou	0,001	0,001	0,001
Hmotnost odebraného vzorku 1884g.			

5 Diskuse a rozbor naměřených hodnot

Ze všech provedených měření je patrné, že při průjezdu vozidel je hodnota koncentrace polétavého prachu výrazně vyšší nebo v některých případech i nižší než při měřeních, která nebyla ovlivněna dopravou. Dále je z naměřených hodnot velmi dobře patrné, že i přes velké znečištění dané vozovky nemusí být naměřené hodnoty přirozeně vyšší, než hodnoty naměřené na méně znečištěné vozovce což je velmi dobře patrné při porovnání tabulky 7 s tabulkou 10.

Z tabulky 4 vyplývá, že nejvyšší naměřená hodnota na měřeném místě ve Stráži nad Nežárkou byla $1,1 \text{ mg.m}^{-3}$, kdy došlo k průjezdu vozidla kategorie N2 po znečištěné vrstvě v blízkosti krajnice a tím došlo k následnému vznosu usazených částic do ovzduší vlivem rotujících kol. Největší zastoupení zde měla vozidla kategorie M.

Z tabulky 7 je patrné, že nejvyšší naměřená hodnota na měřeném místě v obci Děbolín byla $0,582 \text{ mg.m}^{-3}$, a to vlivem vyššího počtu projíždějících vozidel kategorie N1, N2, N3 a T v blízkosti pásu znečištění u krajnice nebo přímo po něm, kdy po následném projetí vozidla došlo ke vznosu částic od rotujících kol do ovzduší. Při tomto měření byla zaznamenána nejvyšší průjezdnost měřeným úsekem vozidly kategorie M, N a T.

Z tabulky 10 vyplývá, že nejvyšší naměřená hodnota na měřeném místě u Jindřichova Hradce byla $0,680 \text{ mg.m}^{-3}$, která byla způsobena průjezdem vozidla kategorie N3 po znečištění, kdy vlivem rotujících kol došlo k následnému vznosu do ovzduší. Na tomto měřeném místě byla ze všech měřených míst zjištěna největší koncentrace usazených nečistot na krajnici vozovky, a to vlivem používání inertních materiálů k posypu vozovky a přilehlého výjezdu z okolních polí.

Na výsledné znečištění ovzduší v blízkosti vozovky má vliv hned několik faktorů, mezi které patří úroveň a charakter znečištění vozovky, potom rozmístění nečistot na ploše vozovky a výskyt na samotné vozovce, dalším faktorem je celková intenzita provozu, neboť na méně frekventované silnici dochází k časté sedimentaci nečistot na krajnicích. U vysocefrekventovaných silnic, především vyšších tříd, dochází vlivem vysokého pohybu vozidel k častému zvíření prachových částic do ovzduší a k jejich následné sedimentaci na přilehlých pozemcích a objektech v blízkosti těchto silnic, na vozovku se již nevracejí, takže dochází k postupnému snižování resuspenze.

Dalším významným faktorem, které bylo zjištěno při měřeních, je samotné chování řidičů při průjezdu daným úsekem. Při samotném měření bylo zaznamenáno chování řidičů, kdy téměř většina řidičů projížděla po vozovce v blízkosti středu vozovky (středové čáry) nebo přímo po ní. Pouze při míjení dvou protijedoucích vozidel došlo k projetí vozidla v blízkosti krajnice, dále pak při pohybu vozidel kategorie T, která se pohybovala více při krajnici než ostatní vozidla.

6 Závěr

K znečišťování ovzduší resuspendovanými částicemi dochází po celý rok, intenzita znečištění se liší pouze podle ročního období (1).

Hlavním zdrojem vzniku polétavého prachu z nespalovacích procesů jsou inertní materiály používané k ošetření dopravních tras v zimních měsících, kdy předpokládáme nepříznivé podmínky, které by mohly ovlivnit bezpečnost provozu a tím i lidské životy. Dalším velkým zdrojem resuspendovaných částic je převážení sypkých materiálů (písek, hlína) na korbách automobilů, aniž by došlo před započatím jízdy k jejich zakrytí plachtou. Na méně frekventované silnici, především III. třídy, dochází ke znečištění v letních měsících, kdy probíhají sklizňové práce na zemědělských pozemcích. Při těchto pracích dochází k výjezdu zemědělských strojů z pole na komunikace a tím dochází k odnášení zemědělské půdy na pneumatikách těchto strojů na vozovky dopravní trasy, kde dochází k jejich sedimentaci.



Obrázek 9. Znečištění vozovky zemědělskou technikou vyjíždějící z pole

Zdroj: www.ceskatelevize.cz/porady-besipky/zemedelske-prace/

Při následném projíždění vozidel přes tyto sedimentované částice dochází k jejich zvržení od rotujících kol. Proto je velmi důležité odstraňovat veškeré znečištění z vozovky hned po jeho vzniku. Dále by měly být prováděny kontroly Policií ČR a to, zda nedochází k porušování § 28, Zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. Velmi důsledná by měla být i kontrola řidičů převážejících sypké materiály, zvláště pak dochází-li k řádnému zakrytí převáženého materiálu krycí plachtou. Nejvýhodnějším opatřením by však bylo, kdyby si každý z řidičů ještě před započatím samotné jízdy očistil své vozidlo od případných nečistot a tím zabránil následnému znečištění vozovky.

Nebezpečnost nesuspendovaných částic spočívá zejména v sorpci dalších škodlivin na jejich povrch v případě delšího setrvání na vozovce nebo v jejím okolí (26).

6.1 Návrh opatření vedoucí ke snížení koncentrace polétavého prachu

6.1.1 Čištění komunikací

Toto opatření odráží předpokládané průběžné odstraňování částic deponovaných na vozovce užitím čistících strojních a zametacích zařízení. Toto opatření předpokládá zachování primární emise částic PM10, emise sekundárních částic a resuspenze je tímto opatřením snížena o 15%.

Čistící strojní a zametací zařízení

Čistící strojní zařízení používané v komunální oblasti je obecně stroj, který působí fyzikálně a chemicky na znečištěný povrch prostřednictvím vhodného pracovního adaptéru a odstraní z povrchu nečistoty, které se zde nacházejí. Při jejich nasazení záleží na požadované kvalitě čistoty povrchu, případně na velikostech sbíraných prachových částic.

Rozdělení čistících zařízení podle konstrukce:

- a) Čistící zařízení využívající tlakovou vodu (vysokotlaké mycí stroje)
- b) Ručně vedené čističe a zametače (tlačené zametací stroje s odhozem nečistot nebo odsáváním, kartáčové mycí stroje)
- c) Ručně vedené čističe samojízdné (zametací stroje s odsáváním)
- d) Samojízdné čističe se sedící obsluhou (s odsáváním a s výškovým vyprazdňováním)
- e) Nosiče nářadí s čistící a zametací sekcí
- f) Samojízdné kompaktní čističe a zametače (6)

Zametací stroje

Zametací stroje jsou určeny k odstraňování suchých nečistot a prachu z tvrdých podlah např. ve skladech, výrobních halách, provozech, venkovních ploch apod. Zametací stroje lze dělit na mechanické zametací stroje, kde zametací agregáty jsou poháněny obsluhou stroje a na zametací stroje s bateriovým pohonem nebo benzinovým pohonem. Zametací stroje s bateriovým pohonem a benzinovým pohonem mají většinou trakční motor pojezdu a mají vždy sací turbínu, která odsává nečistoty od zametacího válce přes filtraci s oklepem do odpadní nádoby. Zametací stroje lze dále rozdělit na zametací stroje s chodící obsluhou, které jsou určeny na menší plochy zametání a se sedící obsluhou určené pro zametání velkých ploch. Zametací stroje jsou robustní konstrukce s vynikajícím způsobem ovládání a výbornými filtračními vlastnostmi. Mechanické provedení zametacích strojů nemá filtraci, je tedy určeno zejména pro venkovní zametání spíše hrubších nečistot. Zametací stroje vyšší kategorie mají filtr konstruován z filtračních patron, které zachytí i velmi jemné prachové nečistoty a proto jsou zametací stroje určeny pro zametání také vnitřních prostor. Tyto stroje jsou vybavené také oklepem filtračních patron, které jsou horizontálně uloženy, a tím je zajištěna velmi dobrá účinnost oklepu filtrační patrony.

Rozdělení zametacích strojů:

- univerzální
- s pojezdem
- se sedící obsluhou (33)



Obrázek 10. Zametací stroj Kärcher-KMR-1250-D se sedící obsluhou

Zdroj: www.strojeprofi.cz

Samosběrné zametací a mycí vozy

Zametací vůz

Zametací vůz je hojně využíván městy a obcemi, protože slouží pro úklid veřejných prostranství. Zametací vůz slouží k odstranění štěrků, listů a ostatního smetí a využívá se pro čištění náměstí, parků, parkovišť, ulic, ploch u velkoobchodů, sportovních areálů atd. Zametací vůz však využijeme i na jiných velkých prostranstvích, jako jsou např. letiště, závodiště, elektrárny, prostranství výrobních závodů atd. Zametací vůz funguje na principu sání a je vybaven velkými kartáči.

Mycí a čistící vůz

Čistící vůz se stejně jako zametací vůz využívá k úklidu veřejných prostor, takže je také nejvíce využíván městy. Čistící vozy fungují na podobném principu jako vozy zametací, ale s tím rozdílem, že mycí vozy využívají k čištění ještě vodu. Mycí a čistící vůz využívá při úklidu velkých kartáčů stejně jako vozy zametací. Využijeme je při čištění parků, ulic, parkovišť, náměstí atd. Čistící vozy zkrátka využijete všude tam, kde se klade vysoký důraz na čistotu a ekologii.

Samosběrné zametací vozy RAVO

Výrobce RAVO má dlouholeté zkušenosti, to zajišťuje kvalitní a rychlou údržbu městských i mimoměstských veřejných prostranství a ploch. I zametací vůz, který má standardní výbavu, zaručuje obsluhu příjemnou práci. Díky bohaté doplňkové výbavě je možné vybavit vůz tak, aby byly schopny udržovat i ty nejobtížnější a nejnáročnější plochy. Zametací vůz RAVO je vhodný především do měst, všude tam, kde je nutné zajistit úklid. Zametací vůz lze využít i v zimním období (radlička a zametací kartáč).

Společnost RAVO nabízí profesionální kompaktní samosběrné zametací vozy vyšší objemové kategorie – 5 m³ vyráběné v několika verzích – 530, 540 a 560, tzn. pro rychlosti 30, 40 a 60 km/h. Každá z uváděných variant je vyráběná ve verzi standardního vyklápění, tzn. 850 mm, nebo ve verzi kontejnerového vyklápění do výše 1550 mm. Mimo řadu 5 vyrábí firma speciální zametací vozy 4 m³ s pohonem na plyn a velkoobjemové 6 m³.

Zametací vůz nabízí doplňkovou výbavu, nejčastěji

- možnost 3 kartáče včetně agresivního, vysokotlak, vnější sací hadice, kamera, vyhřívaná zpětná zrcátka, různé pakety (komfort, pro těžký provoz) (29)



Obrázek 11. Samosběrné zametací vozy RAVO

Zdroj: www.somejh.cz

6.1.2 Výsadba zeleně

Toto opatření odráží předpokládané plošné zvýšení podílu zeleně v řešených oblastech o 20 %. Vzhledem k zaměření na městské oblasti jde především o rozšíření travnatých ploch. Toto opatření předpokládá zachování průměrné primární emise částic PM₁₀, emise sekundárních částic a resuspenze je tímto snížena o 30%.

Omezení prašnosti výsadbami zeleně

Pro omezování prašnosti má velký význam vegetační kryt, který nejen omezuje zvíření prachových částic do ovzduší, ale také zachycuje prachové částice, které jsou již v ovzduší rozptýleny. V okolí zvláště významných zdrojů prašnosti jako jsou silnice, parkoviště, lomy, skládky apod. je proto možné rozptýl suspendovaných částic omezit výsadbou vegetace se zastoupením rostlinných druhů s vysokou schopností zachycovat na svém povrchu prachové částice.

V rámci tohoto opatření jsou navržena následná opatření:

Výsadba izolační zeleně

Výsadba izolační zeleně zahrnuje výsadbu v bezprostředním okolí hlavních zdrojů prašnosti, tj. zejména podél hlavních komunikací v blízkosti obytné zástavby či jiných budov vyžadujících ochranu (školy, nemocnice apod.) Dále pak v okolí prašných provozů (sklárny, recyklace sutí apod.) a u průmyslových provozů s pravděpodobným zvýšeným podílem těžkých kovů v povrchové půdní vrstvě.

Pro omezení prašnosti je optimální vertikálně zapojený a hloubkově členěný porost smíšených dřevin (se stromy a keři o různé výšce), dle podmínek konkrétní lokality však lze aplikovat i jiné výsadby (např. popínavá zeleň na protihlukových stěnách). Z hlediska druhového složení je nutno preferovat zejména takové původní druhy, které se vyznačují vysokou schopností zachytu prašnosti a odolností vůči městskému prostředí. Jednotlivé dřeviny se liší z hlediska schopnosti pohlcovat prachové částice, která je dána vývojem listové biomasy (vyjadřuje se v mg/cm^2).



Obrázek 12. Výsadba izolační zeleně

Zdroj: www.nadacecz.cz/cs/projekty/stromy/

Zvyšování podílu zeleně v obytné zástavbě

Zvyšování podílu zeleně v obytné zástavbě má za cíl dosáhnout snížení imisní zátěže PM_{10} pomocí celkového zvyšování zastoupení vegetace. Nejedná se tedy o izolační zeleň vázanou na konkrétní zdroj prašnosti, ale o celoplošné vegetační úpravy – zakládání a revitalizace parkových ploch, výsadby ve vnitroblocích, uliční stromořadí apod. Zejména v oblastech husté obytné zástavby je proto nutno dbát o co nejvyšší zastoupení vegetace. Účinnost omezování prašnosti se přitom výrazně

zvyšuje s hustotou a výškou porostu, proto budou preferovány zejména výsadby vzrostlých dřevin doplněných keřovým patrem.

Stanovení požadavků pro novou výstavbu

Stanovení požadavků pro novou výstavbu klade za cíl zajistit, aby nedocházelo k dalšímu snižování podílu vegetace při nové výstavbě. Zejména v místech s vysokou dopravní zátěží a velkou hustotou obyvatelstva je možné k likvidaci stávající vegetace přistupovat jen ve zcela krajním případě a vždy ji nahradit dostatečně rozsáhlou výsadbou v nejbližším okolí.

Zelené plochy se mají stát přirozenou částí každé nové výstavby, případný úbytek zeleně (zejména dřevin) musí být zásadně nahrazen kompenzačními opatřeními v bezprostředním okolí. Také nezpevněné volné plochy, vzniklé např. v důsledku stavebních úprav apod., musí být v co nejkratší době ozeleněny.

Z hlediska omezování výskytu suspendovaných částic lze za vhodné kompenzační opatření považovat nejen zřizování nových ploch vegetace, ale i např. výsadbu dřevin na již existujících travnatých plochách. Je ovšem nezbytné zajistit nejen výsadbu zeleně v dostatečném rozsahu, ale také její následnou údržbu.

Zvyšování podílu trvalých kultur na zemědělských půdách

Zvyšování podílu trvalých kultur na zemědělských půdách zahrnuje zatravnění a zalesňování zemědělské (zejména orné) půdy. Zejména v době déletrvajícího sucha a během sezónních prací dochází na plochách orné půdy a v jejich okolí k významnému nárůstu prašnosti. Z hlediska snižování prašnosti, ale i z hlediska pohody bydlení, podpory rekreačních funkcí atd. je žádoucí podpořit zvyšování ploch trvalých kultur na úkor orné půdy, a to zejména na plochách sousedících s obytnou zástavbou.

Výsadba ochranných větrolamů

Výsadba ochranných větrolamů má za úkol snížit větrnou erozi a prašnost zejména ze zemědělských ploch. Pro stanoviště větrolamů je nejvhodnější využít nejdříve stávající cestní síť, která se doplní větrolamy v rámci velkých polních celků. Nejvhodnějším druhem ochranných větrolamů je větrolam polopropustný, skrz který může proudící vzduch částečně procházet. Rychlost proudění se průchodem takovým větrolamem významně sníží. Polopropustný větrolam je poměrně úzký, zavětvený až k půdnímu povrchu. Větrolam nemusí být rovný. Délka větrolamů musí být 10x větší než jejich výška z důvodu turbulencí vznikajících po stranách větrolamu. Pásky by

měly být delší kolmo na převládající směr větru (určité odchýlení se od kolmice je možné), dále by pole měla být chráněna proti větru také ze svých kratších stran (3).

7 Použitá literatura

- (1) Adamec, V. a kol. – Doprava, zdraví a životní prostředí, GRADA, Praha 2008, 160s.
- (2) Air Quality Guidelines for Europe (Regionální publikace WHO, Evropská řada č. 23), 1987.
- (3) A t e m, Program ke zlepšení kvality ovzduší Libereckého kraje 2010, [online, cit. 2014-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://zivotni-prostredi.kraj-lbc.cz/getFile/case:show/id:83813>
- (4) Caplain, I., Cazier, F., Nouali, H., Mercier, A., Déchaux, J.C., Nollet, V., Joumard, R., André, J.M., Vidon, R. 2006. Emissions of unregulated pollutants from European gasoline and diesel passenger cars. Atmos. Environ. 40, 5954–5966.
- (5) Colvile, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S., Warren, R.F. 2001. The transport sector as a source of air pollution. Atmos. Environ. 35, 1537-1565.
- (6) Celjak, I. – Komunální technika, čistící a zametací zařízení, 8/2012
- (7) Celjak, Učební texty Dopravní a manipulační zařízení 2010, ZF, JČU v Č.Budějovicích
- (8) Celjak, I. - Zásady provádění měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu monitorem DustTrak 8530, BAT centrum Jihočeské univerzity v Č.Budějovicích 2011;
- (9) České právo životního prostředí - vědecký časopis (2012), [online, cit. 2014-01-25]. Dostupný z WWW: <http://www.cspzp.com/dokumenty/casopis/cislo_32.pdf
- (10) ČSN EN 13241 Kvalita ovzduší – Stanovení frakce PM10 aerosolových částic – Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody, ČNI Praha 2000.
- (11) ČSN EN 13284–1 Stacionární zdroje emisí – Stanovení nízkých hmotnostních koncentrací prachu – Manuální gravimetrická metoda, ČNI Praha 2002.
- (12) ČSN ISO 4225 Kvalita ovzduší – Obecná hlediska – Slovník, ČNI Praha 1997
- (13) ČSN ISO 7708 Kvalita ovzduší – Definice velikostních frakcí částic pro odběr vzorků k hodnocení zdravotních rizik, ČNI Praha 1998.
- (14) Ekogrit (zimní posyp), [online, cit. 2014-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.liapor.cz/cz/aktuality/ekologicky-zimni-posyp-od-liaporu-27>
- (15) Ekogrit (zimní posyp), (2007) [online, cit. 2014-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.ruto.net/produkty/keramicke-kamenivo/ekogrit.htm>

- (16) Fiala, J. (2003): Integrované hodnocení a řízení kvality ovzduší v návaznosti na dceřiné směrnice týkající se TK, PAHs, PM10 a benzenu (2003) [online, cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <http://old.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_3_02/dp1dod.pdf>
- (17) Houghton, J.: Globální oteplování, Academia, Praha 1998
- (18) Kaličinská, J. (2006): Monitorování životního prostředí. 1. vyd. Ostrava: Pavel Klouda. 88 s.
- (19) Kurfürst, J. (1998): Klasifikace ochrany ovzduší. Podnik a životní prostředí. Raabe
- (20) Machálek, P. (2003): Emise tuhých znečišťujících látek: Toxikologicky závažné látky v emisích PM10, problematika emisí prachu a obsahy těžkých kovů v uhlí [online, cit. 2014-03-14]. Dostupný z WWW: <http://www.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_3_02/dpldod.pdf>.
- (21) MC Donald, A. G. et al - Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM10 in two UK conurbations. Atmospheric Environment. 41(38): 8455–8467, 2007
- (22) Měřič životního prostředí 4 v 1 (2013)[online, cit. 2014-01-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.voltcraft.cz/meric-zivotniho-prostredi-4-v-1.k101040>>
- (23) Polétavý prach (PM10) [online, cit. 2014-01-15], Dostupný z WWW:<<http://www.irz.cz/node/85>>
- (24) Posypové materiály pro zimní údržbu komunikací v ČR a v zemích EU (2001) [online, cit. 2014-03-17], Dostupný z WWW:<<http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/posypove-materialy-pro-zimni-udrzbukomunikaci-v-cr-a-v-zemich-eu>>
- (25) Pozemní komunikace, jejich rozdělení (2012) [online, cit. 2014-03-15], Dostupný z WWW:<<http://www.rsd.cz/Udrzba-komunikaci/Rozdeleni-komunikaci-a-sprava>>
- (26) Rauch, S., Morrison, G.M., Motelica-Heino, M., Donard, O.F.X., Muris, M. 2000. Elemental association and fingerprinting of traffic related metals in road sediments. Environ. Sci. Technol. 34, 3119.
- (27) Regulations (EC) No. 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European pollutant release and transfer register and amending Council directives 91/689/EEC and 96/61/EC.
- (28) Ročenka nerostných surovin (2004) [online, cit. 2014-02-15]. Dostupný z WWW:<http://www.geofond.cz/dokumenty/nersur_rocenky/rocenkanerudy03/html/s_terkopisky.htm>

- (29) Samosběrné zametací a mycí vozy (2014) [online, cit. 2014-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.somejh.cz/samosberne-zametaci-a-myci-vozy.html>>
- (30) Umělé kamenivo - struska (2012) [online, cit. 2014-02-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.sterky.eu/struska.html>>
- (31) Ústav územního rozvoje (2003): Ústav územního rozvoje - Příčiny devalorizace [online, cit. 2014-02-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.uur.cz/default.asp?ID=1239>>.
- (32) Větroměr ruční anemometr [online, cit. 2014-03-19], Dostupný z WWW: <<http://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/vetromer-rucni-anemometr-agrotop/d-75415/>>
- (33) Zametací stroje [online, cit. 2014-03-19], Dostupný z WWW: <<http://www.strojeprofi.cz/karcherkrnov/eshop/4-1-Zametaci-stroje>>
- (34) Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích § 28 [online, cit. 2014-02-15], Dostupný z WWW: <http://www.eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni...>
- (35) Znečištění ovzduší z dopravy (2012)[online, cit. 2014-03-29], Dostupný z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/znecesteni_ovzdusi_dopravy>
- (36) Znečišťující látky v ovzduší, [online, cit. 2014-02-02], Dostupný z WWW: <http://www.aldebaran.feld.cvut.cz/vyuka/ekologie_a_ekotechnika/prednasky/pr_4.doc>
- (37) Znečištění – polétavý prach (PM 10)[online, cit. 2014-01-10], Dostupný z WWW:<http://www.irz.cz/repository/latky/poletavy_prach.pdf>

8 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení

Tabulka 2 - Popis měřeného místa č. 1 ve Stráži nad Nežárkou

Tabulka 3 - Počty vozidel v měřeném místě č. 1

Tabulka 4 - Koncentrace polétavého prachu v měřeném místě č. 1

Tabulka 5 - Popis měřeného místa č. 2 v obci Děbolín

Tabulka 6 - Počty vozidel v měřeném místě č. 2

Tabulka 7 - Koncentrace polétavého prachu v měřeném místě č. 2

Tabulka 8 - Popis měřeného místa č. 3 u Jindřichova Hradce

Tabulka 9 - Počty vozidel v měřeném místě č. 3

Tabulka 10 - Koncentrace polétavého prachu v měřeném místě č. 3

9 Seznam obrázků

Obrázek 1. Znečištění vozovky inertním materiálem

Obrázek 2. Sypač chemických a inertních materiálů SYKO

Obrázek 3. Měřicí přístroj DUST Trak 8530

Obrázek 4. Měřicí přístroj Voltcraft VC 4 in 1

Obrázek 5. Anemometr

Obrázek 6. Letecký pohled místa měření ve Stráži nad Nežárkou

Obrázek 7. Letecký pohled místa měření v obci Děbolín

Obrázek 8. Letecký pohled místa měření u Jindřichova Hradce

Obrázek 9. Znečištění vozovky zemědělskou technikou vyjíždějící z pole

Obrázek 10. Zametací stroj Kärcher-KMR-1250-D se sedící obsluhou

Obrázek 11. Samosběrné zametací vozy RAVO

Obrázek 12. Výsadba izolační zeleně