

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby
Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Posouzení metod měření emisí prachu v živočišné
výrobě

Vedoucí bakalářské práce:
doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

Autor bakalářské práce:
Ivan Zahradník

České Budějovice, duben 2013

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

Jméno a příjmení: **Ivan ZAHRADNÍK**
Osobní číslo: **Z10322**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Posouzení metod měření emisí prachu v živočišné výrobě.**
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 :

Problematika prachu celkově a v zemědělství zvláště je v poslední době vzhledem k nárůstu respiračních a alergických onemocnění obzvláště závažná. Proto nalezení nejvhodnější metody pro měření prašnosti z chovů živočišné výroby je velmi důležité.

1. Vypracujte literární přehled o problematice prachu se zaměřením na současnou legislativu a jeho působení na lidský i zvířecí organismus.
 2. Proveďte přehled měřicích metod zjišťování prachu a vyberte nejvhodnější metodu pro zemědělství.
 3. Proveďte měření prašnosti alespoň na dvou rozdílných komoditách živočišné výroby (např. skot, prasata).
 4. Vyhodnoťte naměřené výsledky a zhodnoťte použitou metodu měření.
-

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

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Jelínek, A. a kol.: Výzkumná zpráva VÚZT : Z-2540 ;

**Dolejš, J., Žid, J., Toufar, O., Knížek, J.: Prašnost v objektech výkrmu kuřecích brojlerů. Mechanizace zemědělství, 2011, zvláštní vydání. ISSN 0373-6776;
Internetové odkazy.**

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2012**

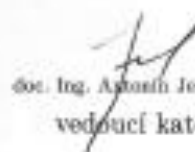
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**



Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní program
Studená 131
370 05 České Budějovice



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 6. března 2012

Prohlášení autora

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 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.

Datum:

.....Zahradník.....
Podpis

Poděkování

Touto cestou bych velice rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Antonínu Jelínkovi CSc. za poskytnutí cenných rad během tvorby bakalářské práce. Dále také velmi děkuji OD Soběšice a ZD Krásná Hora, především Ing. Marii Hanzlové, za umožnění měření a poskytnutí veškerých podkladů potřebných k vypracování bakalářské práce.

Abstrakt

Výskyt prachových částic rozptýlených ve vzduchu je problém při zvýšené koncentraci nejen v okolí lidských obydlí, ale také při chovu hospodářských zvířat. Teoretická část této bakalářské práce je zaměřena na problematiku prachu, se zaměřením na současnou legislativu a působení na lidský a zvířecí organismus. Na základě robustních simulací, bylo provedeno měření prašnosti na dvou rozdílných komoditách živočišné výroby. Pomocí prachoměru „DUSTTRAK“ byla zjištěna aktuální prašnost a porovnávána dle určených fází během dne.

Klíčová slova:

Prach, prašnost, prachové částice, měření prašností, vliv na lidský organismus

Summary

The occurrence of dust particles suspended in the air is a problem not only in increased concentration in the vicinity of human dwellings, but also for livestock. The theoretical part of this thesis is focused on the dust with a focus on current legislation and the impact on human and animal organism. Based on the robust simulation were performed dust measurements at two different commodities livestock. With impinger DUSTTRAK was detected current dust and compared according to the specified phase beam day.

Keywords:

Dust, dust, dust, dust measurement, the effect on the human body

Obsah:

1. Úvod	10
2. Cíl práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1 Charakteristika prachových částic.....	12
3.1.1 Tvar prachových částic	13
3.1.2 Původ prachových částic.....	14
3.1.3 Vlastnosti prachových částic.....	15
3.1.4 Odlučovače prachu (základní principy)	16
3.1.4.1 Suché odlučovače.....	16
3.1.4.2 Mokrý odlučovače.....	18
3.1.4.3 Elektrostatické odlučovače (elektrostatic precipitator ESP).....	21
3.1.4.4 Tkaninové filtry.....	21
3.2 Vliv prachu na životní prostředí.....	22
3.2.1 Legislativa ochrany ovzduší.....	23
3.2.2 Vliv prachu na zdraví člověka	26
3.2.3 Vliv prachu na zdraví zvířat.....	28
3.3 Přehled měřících metod	29
3.3.1 Spad prachu.....	30
3.3.2 Koniometrické metody.....	30
3.3.3 Gravimetrické metody.....	33
4. Metodika	35
4.1 Měření lokalita I (Obchodní družstvo Soběšice).....	35
4.1.1 Popis technologie ustájení.....	36
4.2 Měření lokalita II (ZD Krásná Hora).....	36
4.2 Použité zařízení	37
4.3 Vlastní postup.....	39
5. Výsledky	40
5.1 Měření lokalita I (Obchodní družstvo Soběšice).....	40
5.1 Měření lokalita II (ZD Krásná Hora).....	42
7. Závěr	43

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Velikost prachových částic v porovnání s lidským vlasem	13
Obrázek 2 - Různé tvary prachových částic	13
Obrázek 3 – Sypný úhel (A), úhel kluzu (B)	15
Obrázek 4 - Gravitační odlučovač	16
Obrázek 5 - Vírový odlučovač	17
Obrázek 6 - Rotační odlučovač	18
Obrázek 7 - Žaluziový odlučovač	18
Obrázek 8 - Sprchová komora (A), sprchová věž (B).....	19
Obrázek 9 - Pěnové odlučovače	19
Obrázek 10 - Proudový (Venturiho) odlučovač (A), přívod kapaliny (B)	20
Obrázek 11 - elektrostatické odlučovače	21
Obrázek 12 - Tkaninový filtrový stroj	22
Obrázek 13 - Koncentrace pevných částic PM _{2,5} v Česku (2011).....	23
Obrázek 14 - Průnik jednotlivých velikostních frakcí prachu do dýchacích cest	26
Obrázek 15 - Následky působení prachu (rakovina plic).....	27
Obrázek 16 - Spádová metoda měření prašnosti	30
Obrázek 17 - Owensův, Greenův prachoměr	30
Obrázek 18 - Suchý koniometr	31
Obrázek 19 - kapalinový prachoměr	31
Obrázek 20 - Termoprecipitator	32
Obrázek 21 - Elektrostatický precipitátor (funkce).....	32
Obrázek 22 - Soxheltova patrona:	33
Obrázek 23 - Měřicí stroj Apex	34
Obrázek 24 - Měřicí přístroje Microdust a Dusttrak	34
Obrázek 25 - Lokalita měření - Obchodní družstvo Soběšice.....	35
Obrázek 26 - Měřené úseky.....	35
Obrázek 27 - Lokalita měření – ZD Krásná hora	36
Obrázek 28 - Měřený úsek.....	37
Obrázek 29 - Měřicí přístroj DustTRAK	38
Obrázek 30 - Digitální teploměr a vlhkoměr OEM.....	38
Obrázek 31 - Stopky Olympia 60 lap	38
Obrázek 32 - Náběr krmné dávky	40

Seznam tabulek

Tabulka 1 - <i>Rychlost sedimentace částic prachu</i>	12
Tabulka 2 - <i>Dělení prachových částic dle původu</i>	14
Tabulka 3 - <i>Výhody a nevýhody gravitačního odlučovače</i>	16
Tabulka 4 - <i>Výhody a nevýhody vírových odlučovačů</i>	17
Tabulka 5 - <i>Výhody a nevýhody rotačních odlučovačů</i>	17
Tabulka 6 - <i>výhody a nevýhody mokrých odlučovačů</i>	18
Tabulka 7 - <i>Výhody a nevýhody proudových odlučovačů</i>	20
Tabulka 8 - <i>Výhody a nevýhody elektrostatických odlučovačů</i>	21
Tabulka 9 - <i>Příklady tepelné odolnosti některých filtračních materiálů</i>	22
Tabulka 10 - <i>Pozitiva a negativa ochrany ovzduší v ČR</i>	25
Tabulka 11 - <i>Dlouhodobé a krátkodobé vlivy prachu na člověka</i>	27
Tabulka 12 - <i>Popis technologie</i>	36
Tabulka 13 - <i>Popis technologie</i>	37
Tabulka 14 - <i>Měřený úsek I (24 – 25. 9. 2012)</i>	40
Tabulka 15 - <i>Měřený úsek I (1 – 2. 12. 2012)</i>	41
Tabulka 16 - <i>Měřený úsek I (22. 11. 2012)</i>	42

Seznam grafů

Graf 1 - <i>Systém ochrany ovzduší v ČR</i>	25
Graf 2 - <i>Nárůst prašnosti přesunem skotu</i>	41
Graf 3 - <i>Maximální hodnoty prašnosti v jednotlivých hodinách</i>	42

1. Úvod

Jednou z hlavních problematik, s kterou se v zemědělské činnosti můžeme setkat je, problematika měření emisí a imisí prachu. Důvodem tohoto měření je především zdravotní stav a to nejen obsluhy a chovaných zvířat, ale i občanů žijících a pracujících v okolí zemědělského objektu. Inhalace prachových částic poškozují hlavně kardiovaskulární a plicní systém. Dlouhodobá expozice snižuje délku dožití a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. Je dokázáno, že prašnost se značnou měrou se podílí na emisi zápachu. Jako hlavní zdroj prachu v objektech pro chov zvířat jsou především krmiva, odpadlé lupínky kůže zvířat, krystalky moče a částice výkalů.

Abychom mohli tuto problematiku řešit, je nutné rozptýlené částičky prachu změřit a analyzovat. K tomu nám slouží řada osvědčených metod, které využíváme v zemědělství i v ostatních oblastech. Veškeré metodiky vychází z technických norem, které jsou zároveň evropskými normami. Aby bylo měření plnohodnotné je třeba brát v úvahu ostatní faktory, které ovlivňují prašnost. Jedná se především o druh a charakter chovaného dobytka, klimatické podmínky a počet kusů zvířat. S těmito faktory je třeba ve výsledné analýze počítat. Nalezení nejvhodnější metody pro měření prašnosti z chovů výroby je velmi důležité.

Otázkou prašnosti je se intenzivně zabývat a vytvořit určitá opatření a postupy, které povedou k eliminaci prachu z uvedených objektů, a dosáhnout kvalitnějších podmínek pro chov.

2. Cíl práce

Problematika prachu celkově a v zemědělství zvláště je v poslední době vzhledem k nárůstu respiračních a alergických onemocnění obzvláště závažná. Proto nalezení nejvhodnější metody pro měření prašnosti z chovů výroby je velmi důležité.

Cíl práce je zahrnut v následujících bodech:

- Vypracovat literární přehled o problematice prachu se zaměřením na současnou legislativu a jeho působení na lidský a zvířecí organismus.
- Provést přehled měřících metod zjišťování prachu a vybrat nejvhodnější metodu pro zemědělství.
- Provést měření prašnosti alespoň na dvou rozdílných komoditách živočišné výroby.
- Vyhodnotit naměřené výsledky a zhodnotit použitou metodu měření.

3. Literární řešerše

3.1 Charakteristika prachových částic

Pod pojmem prach (*prachové částice*) si lze představit tuhé částice s průměrem menším než 500 μm . Pozemská atmosféra obsahuje prach z různých zdrojů jako půdní prach nesený větrem, sopečné erupce a znečištění (Ferenčík, 2005). Vzdušný prach je považován za heterogenní směs malých pevných nebo kapalných částic v plynu (*aerosol*). Může ovlivnit vyzařování atmosféry a mít značný vliv na podnebí. Podle Kursy a kol. (1998) pohyb prachových částic ve vzduchu je závislý na jejich velikosti. Velmi drobné částice prachu konají tzv. Brownův pohyb a nesedimentují. Ostatní částice sedimentují. Rychlost sedimentace částic prachu je znázorněn v následující tabulce.

Tabulka 1 - Rychlost sedimentace částic prachu

Částice	Průměr [μm]	Sedimentace [$\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]
Hrubá prachová částice	500 - 50	300 - 15
Střední prachová částice	50 - 10	15 - 0,6
Jemná prachová částice	10 - 0,5	0,6 - $2 \cdot 10^{-2}$
Velmi jemná prachová částice	0,5 - 0,1	$2 \cdot 10^{-2}$ - $2 \cdot 10^{-4}$

Zdroj: Kursy a kol., 1998

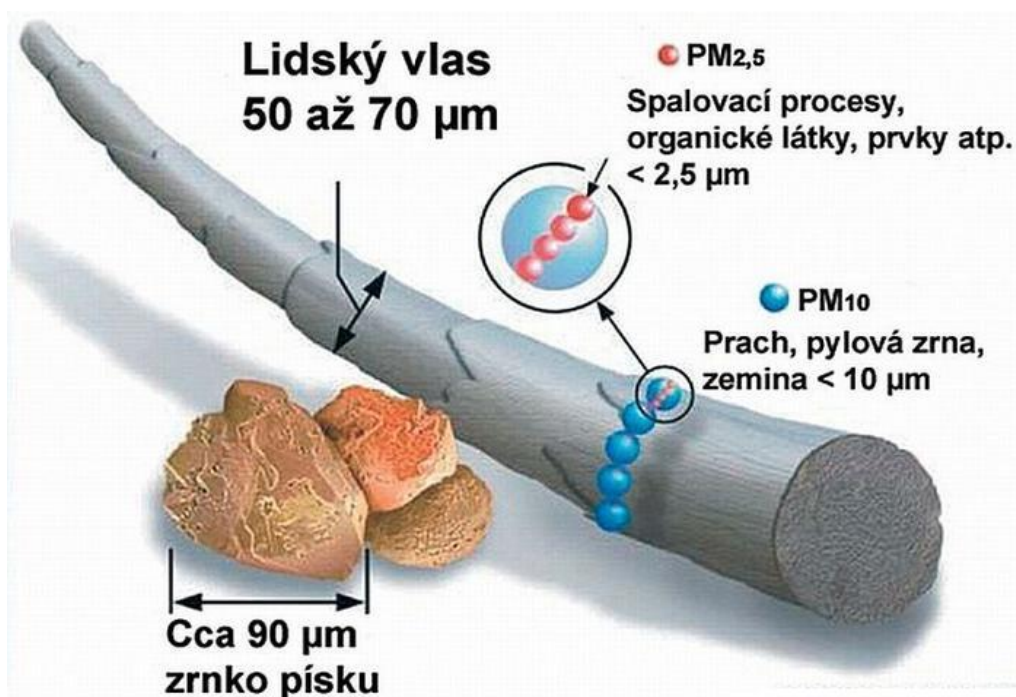
Z hlediska zdravotního působení atmosférického aerosolu na člověka byly definovány velikostní skupiny aerosolu označované jako PM_x (*Particulate Matter*), které obsahují částice o velikosti menší než $x \mu\text{m}$. Obvykle se stanovují částice o velikosti:

- PM_{10} – částice menší než 10 μm ,
- $\text{PM}_{2,5}$ – částice menší než 2,5 μm (ne celoplošně),
- PM_1 – částice menší než 1 μm (méně často),
- $\text{PM}_{0,1}$ – částice menší než 100 nm (výjimečně).

Částice škodlivé pro člověka mají aerodynamický průměr částic menší nebo roven 10 μm a označujeme je jako částice PM_{10} . Největší pozornost je ovšem celosvětově věnována tzv. respirabilním částicím menším než 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$), protože mají potenciálně největší negativní vliv na zdraví člověka (Dongarra, 2003).

Velikostně rozlišenou koncentraci atmosférických částic je možné stanovit, pokud odebereme separátně různé velikosti částic pomocí kaskádových impaktorů. Z hlediska měření atmosférického aerosolu jsou komerčně dostupné dva typy kaskádových impaktorů. Konvenční impaktor, který pracuje za normálního atmosférického tlaku, a druhý typ, který pracuje za sníženého tlaku (Cuccia, 2010).

Obrázek 1 - Velikost prachových částic v porovnání s lidským vlasem

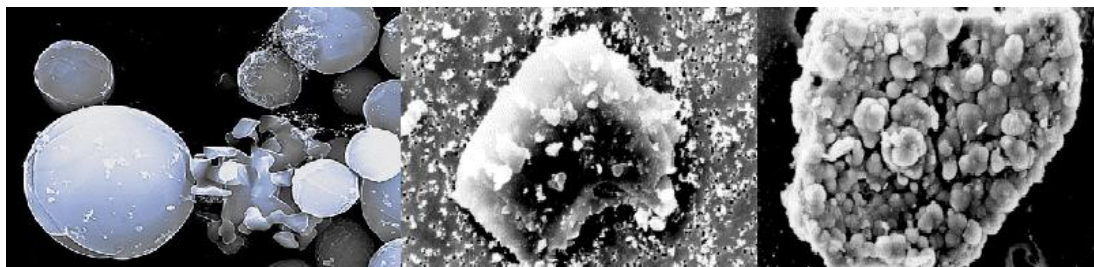


Zdroj: EPA, 2013

3.1.1 Tvar prachových částic

Tvar částic aerosolů závisí na skupenství disperzního podílu. V mlhách mají kapky kulový tvar (srážka kapiček vede obvykle ke koalescenci a tvorbě rozměrnějších kapek). Tuhé částice dýmů mohou být např. jehlicovité, destičkovité nebo hvězdicovité (často se vyskytují řetězovité agregáty primárních částic).

Obrázek 2 - Různé tvary prachových částic



Zdroj: De Miranda, 2002

Tvar prachových částic je značně proměnný. V principu jsou dle tvaru rozlišovány tři základní druhy prachových částic.

Izometrické částice (korpuskulární) - výsledný tvar lze aproximovat pomocí krychle nebo koule, v souřadnicovém trojrozměrném systému mají rozměry všech os přibližně shodné.

Ploché částice (laminární) - částice mají tvar destiček šupinek lamel (slída, břidlice, tuha, odprýsknuté smalty, laky a nátěrové hmoty, hobliny aj.).

Vláknité částice (fibrilární) - jeden rozměr je výrazně větší než dva zbývající, částice mají tvar vláken, tyčinek nebo jehlic (piliny, textilní vlákna, srst).

3.1.2 Původ prachových částic

Částice znečišťující vzduch nebo průmyslové plyny dělíme na přírodní nebo antropogenní.

Tabulka 2 - Dělení prachových částic dle původu

Přírodní	Antropogenní
kosmický prach a prach pocházející z meteoritů	prach jako vedlejší produkt důlní a úpravárenské činnosti
anorganický prach pocházející ze zvětralých hornin nebo sopečné činnosti unášený větrem, popeloviny a saze z lesních či stepních požárů	prach pocházející z transportu surovin, dopravy a dopravních strojů, opotřebení strojních částí
organický prach, např. pyl, plankton, spory, bakterie viry, semena, výtrusy	aerosoly těkavých nebo sublimujících látek ze spalovacích nebo průmyslových procesů
aerosol vodní mlhy nebo solné mlhy na moři a pobřeží	využitelný prach unikající z technologických procesů jako důsledek nedokonalé těsnosti aparatury nebo omezené účinnosti technologických odlučovacích zařízení

Zdroj: MŽP, 2013

Agentura pro ochranu životního prostředí, (*U. S. Environmental Protection Agency* zkráceně *EPA* či *USEPA*) klasifikuje prachové částice podle jejich vzniku a vstupu do atmosféry na primární a sekundární. Mezi prekurzory sekundárních emisí se řadí SO_2 , NH_3 a antropogenní a biogenní těkavé látky.

Dle Zelinger (1999) jsou nejvýznamnějším zdrojem prachových částic spalovací motory. Jedná se především o automobilový a zemědělský průmysl. Proces spalování produkuje částice o velikosti kolem 20 μm .

3.1.3 Vlastnosti prachových částic

Měrná hmotnost (hustota) – do této kategorie lze zařadit tyto druhy:

- Skutečná měrná hmotnost – hmotnost bez pórů (pyknometrická metoda).
- Sypná měrná hmotnost – hmotnost prachu s póry (objem pomocí nádob).
- Střesená měrná hmotnost – hmotnost střeseného prachu (prach střesen za definovaných podmínek).

Adhese (lepkavost) tuhých částic – Rozhodujícím faktorem lepivosti je vlhkost materiálu. Dalším faktorem, který se podílí na lepivosti, je chemické složení, tvar, velikost a distribuce částic prachu a kvalita materiálu (Danzer, 1986).

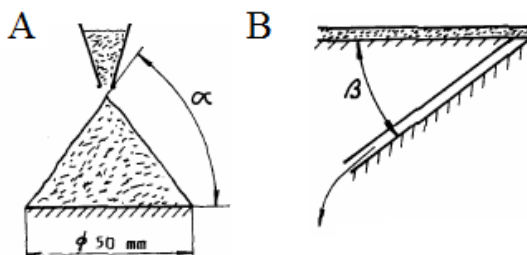
- Nelepkavé prachy ($A < 0,06$ MPa) – písek, suché hlíny, suťový prach.
- Málo lepkavé prachy ($0,06 < A < 0,3$ MPa) – popílek, uhelný prach, magnezit.
- Středně lepkavé prachy ($0,3 < A < 0,6$ MPa) – práškové kovy, cement, uhelný prach, prach s částicemi do $25 \mu\text{m}$.
- Velmi lepkavé prachy ($0,6 < A$ MPa) – sádra, vápenec, kaolín, jemné prachy s částicemi pod 10 mikronů.

Smáčivost – Smáčivost rozdělujeme do dvou základních skupin a to na hydrofilní a hydrofobní. Jedná se o významný parametr pro funkci mokrých mechanických odlučovačů. Je určena povrchovým napětím kapalin.

Sypný úhel a sklon kluzu

- Sypný úhel svírá povrchová přímka kužele vytvořeného volně nasypaným prachem se základnou.
- Úhel kluzu je takový úhel, při kterém se vrstva prachu na nakloněné rovině při zvyšujícím sklonu neudrží.

Obrázek 3 – Sypný úhel (A), úhel kluzu (B)



Zdroj: Novosad, 1983

Výbušnost – Některé materiály ve směsi se vzduchem jsou výbušné. Aby došlo k výbuchu, musí být splněny následující podmínky:

- koncentrace hořlavého prachu je v mezích výbušnosti (cca 10 g/m³).
- Prostředí obsahuje určité minimální množství kyslíku.
- Iniciace zážehu má dostatečnou energii (energetický výboj, jiskru, horké plyny, horké plochy, manipulace s otevřeným ohněm).

Elektrický odpor - hodnota měrného odporu je závislá na řadě okolností, chemickém složení prachových částic, jejich zrnitosti, absorpci a adsorpci vlhkosti prachem, rozpustnosti částic a vodivosti případně vznikajícího elektrolytu, rosném bodu plynu apod. Obecně platí, že vlhký prach má o několik řádů menší měrný odpor než prach suchý, což je pro odlučování příznivější.

3.1.4 Odlučovače prachu (základní principy)

V problematice odlučování rozeznáváme dva systémy. A to suché a mokré odlučování.

3.1.4.1 Suché odlučovače

Gravitační odlučovače (mechanické)

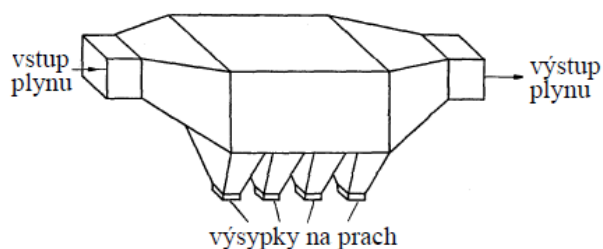
Rychlost průtoku v potrubích se pohybuje mezi 10 – 25 m.s⁻¹. Účinnost usazovacích komor je velmi nízká, pohybuje se kolem 50 %. Je ovlivněna především charakterem proudění, hustotě a hmotnosti částic a dalších fyzikálních parametrů.

Tabulka 3 - Výhody a nevýhody gravitačního odlučovače

Výhody	Nevýhody
Bez pohyblivých součástí	Nízká účinnost (malé částice)
Velmi malá tlaková ztráta	Nevhodné pro malé rozdíly měřených hmotností plynu a tuhých látek
Vhodné pro větší teploty	-

Zdroj: Hovorka, 2005

Obrázek 4 - Gravitační odlučovač



Zdroj: Hovorka, 2005

Vírové odlučovače (cyklony)

Základní princip těchto systému spočívá ve využití odstředivé síly působící na částice při průchodu plynu válcovou částí odlučovače. Velké částice se hromadí v zásobníku u dna, malé opouštějí cyklon společně s plynem (Hemerka, 1994).

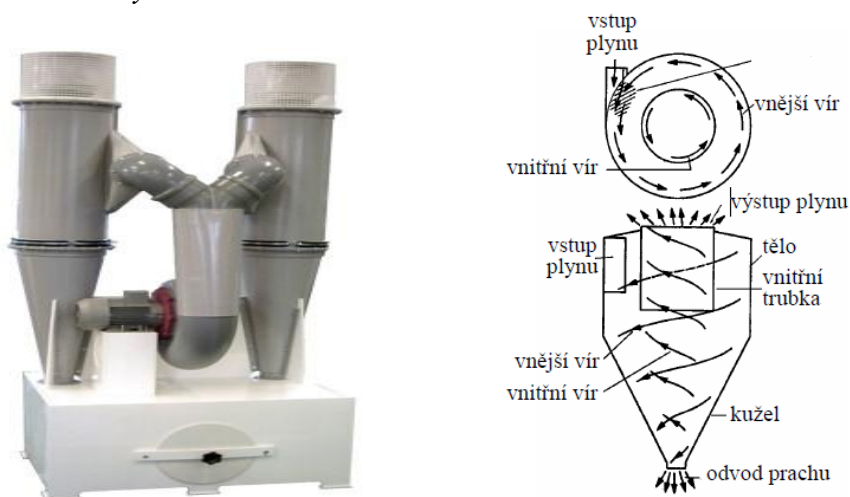
Tabulka 4 - Výhody a nevýhody vírových odlučovačů

Výhody	Nevýhody
Jednoduchost, bez pohyblivých součástí	Nízká účinnost separace
Rekuperace surovin	Nezpracují lepkavý a mazlavý materiál
Suchý provoz	Hluk
Malé prostorové nároky	-

Zdroj: Nový a kol., 2000

Pro zvětšení odlučivosti se též někdy cyklóny zapojují sériově, takže je čištění vícestupňové. V prvním stupni bývá zpravidla paralelně zapojen menší počet větších cyklónů a ve druhém stupni odlučování zase větší počet menších cyklónů.

Obrázek 5 - Vírový odlučovač



Zdroj: Hemerka, 1994

Rotační odlučovače

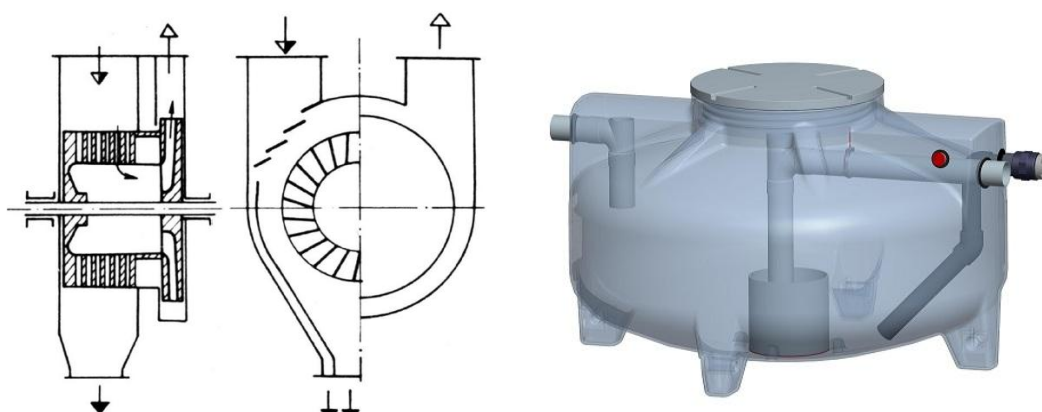
Oproti ostatním mechanickým odlučovačům zde část odlučovače (kolo) vykonává rotační pohyb. Tok plynu je usměrněn a odlučování částic je zvyšováno žaluziemi na vstupu plynu do komory odlučovače (Štorch, 1976).

Tabulka 5 - Výhody a nevýhody rotačních odlučovačů

Výhody	Nevýhody
Malý závěsný prostor	Konstrukční složitost
Vysoký výkon ($100\ 000\ \text{Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	Vyšší investice
Funkce ventilační	Malá životnost

Zdroj: Bretschneider a Kunfürst, 1978

Obrázek 6 - Rotační odlučovač

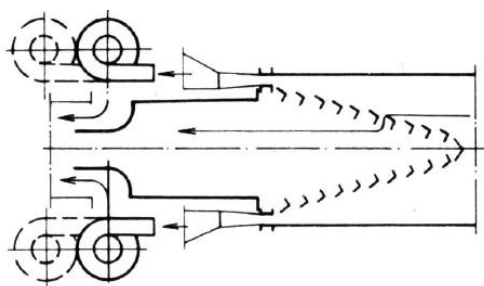


Zdroj: Štorch, 1976; ZETR, 2013

Žaluziové odlučovače

V žaluziových odlučovačích je využíváno k odloučení částic současně změny dráhy plynu a setrvačnosti částic narážejících na přepážky – žaluzie. Tím částice ztrácí svoji kinetickou energii a volně padají do samostatného prostoru, odkud jsou separátně odváděny.

Obrázek 7 - Žaluziový odlučovač



Zdroj: Štorch, 1976

3.1.4.2 Mokrý odlučovače

Tabulka 6 - výhody a nevýhody mokrých odlučovačů

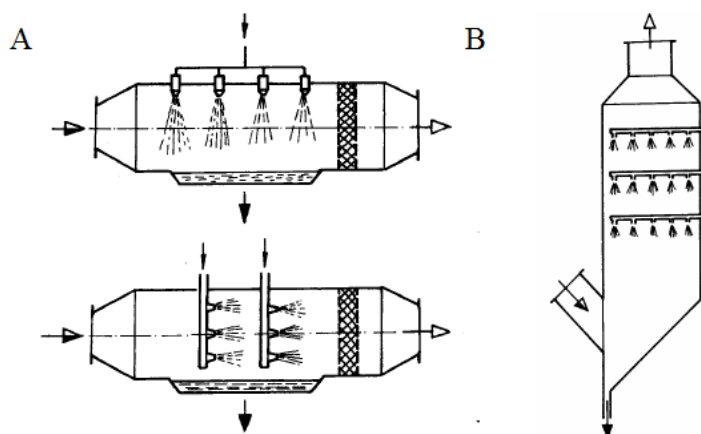
Výhody	Nevýhody
Odstranění hořlavého a výbušného prachu s malým rizikem	Odpadní kapalina musí být čištěna
Zchlazení horkých plynů	Zachycený vyprodukovaný prach je mokry
Možná neutralizace plynů, způsobujících korozi	Nutná ochrana proti zamrznutí
Současné odstranění pachu i anorganických sloučenin	Zachycené látky mohou být kontaminované

Zdroj: Hemerka, 1994

Sprchové věže

Principem funkce sprchových věží a ostatních mokrých mechanických odlučovačů je nástřik skrápěcí kapaliny do protiproudu čištěného plynu. Částice prachu se musí setkat s kapkou skrápěcí kapaliny a musí jí být smáčena. Smáčení prachových částic je podmínkou jejich zachycení v kapalně fázi. Současně bývají sprchové věže využívány k ochlazení a vlhčení čištěných plynů, ale také k absorpci znečišťujících plynů.

Obrázek 8 - Sprchová komora (A), sprchová věž (B)

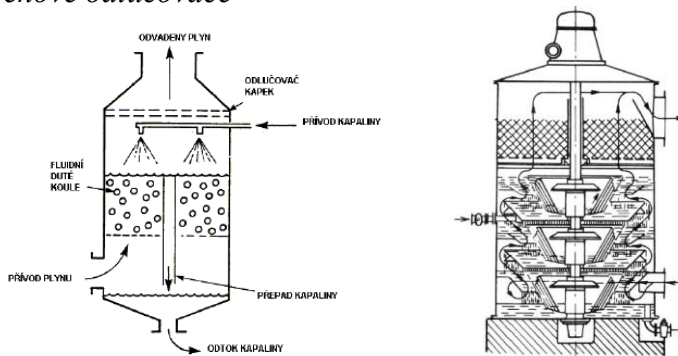


Zdroj: Richter, 2004

Pěnové odlučovače

Pěnové odlučovače (pěnové pračky) náleží k neúčinnějším, a proto často používaným mokrým mechanickým odlučovačům. Jejich výhodou je vedle odprašení odpadních průmyslových plynů také jejich ochlazení a absorpce plynných znečišťujících složek. Toho je často využíváno v chemickém průmyslu. Lineární rychlost plynu se pohybuje cca $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Mez odlučivosti částic na jednom patře činí cca $1,5 \text{ }\mu\text{m}$ (Vejvoda a kol., 2002).

Obrázek 9 - Pěnové odlučovače



Zdroj: Vejvoda a kol., 2002

Proudové odlučovače

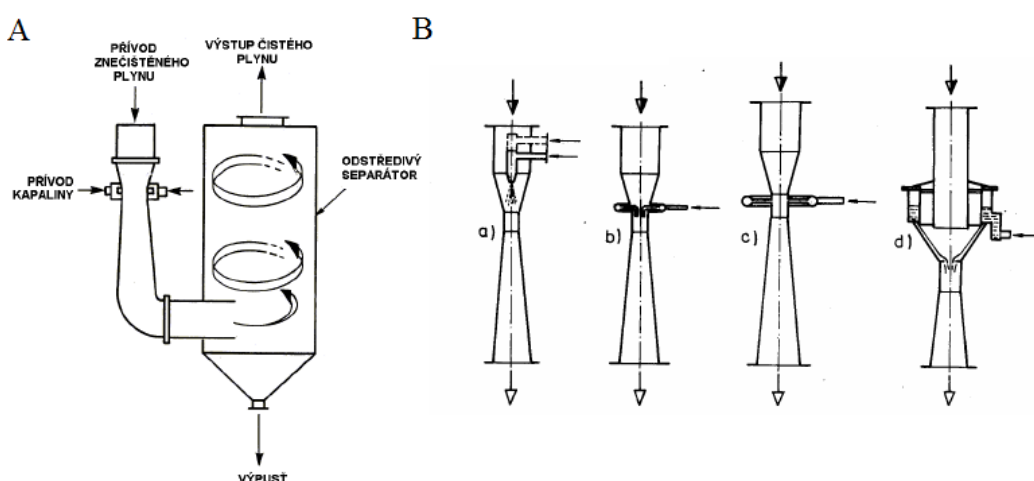
Proudové odlučovače pracují na principu nástřiku vypírací kapaliny do proudu čištěného plynu. V něm se kapalina rozptýluje na jemné kapičky. Tím je dosaženo vysoké pravděpodobnosti kontaktu kapek s prachovými částicemi, podmínky jejich odloučení. Velký mezifázový povrch je rovněž podmínkou pro intenzivní sdílení tepla a absorpci plynů během odlučování prachu.

Tabulka 7 - Výhody a nevýhody proudových odlučovačů

Výhody	Nevýhody
Malé nároky na údržbu	Problémy s korozí
Konstrukčně jednoduché	Poměrně vysoká tlaková ztráta
Snadno instalované	Hlučnost
Neucpávají se	-

Zdroj: Hemerka, 1994

Obrázek 10 - Proudový (Venturiho) odlučovač (A), přívod kapaliny (B)



a-axiální tlaková tryska, **b**-tryska v kruhovém prstenci, **c**-tryska zaústěna do stěny hrdla, **d**-volný nátok kapaliny

Zdroj: Vejvoda a kol., 2002

Mimo výše uvedených typů mokrých mechanických odlučovačů se lze v praxi nalézt pro prachové částice s velikostí kolem 5 - 1 μm . Mohou dosáhnout odlučivosti 97 – 98 %. Jedná se tyto odlučovače:

- vírníkové odlučovače a mokré vírové odlučovače (mokrý cyklóny),
- hladinové odlučovače,
- odstředivé škrubry.

3.1.4.3 Elektrostatické odlučovače (elektrostatic precipitator ESP)

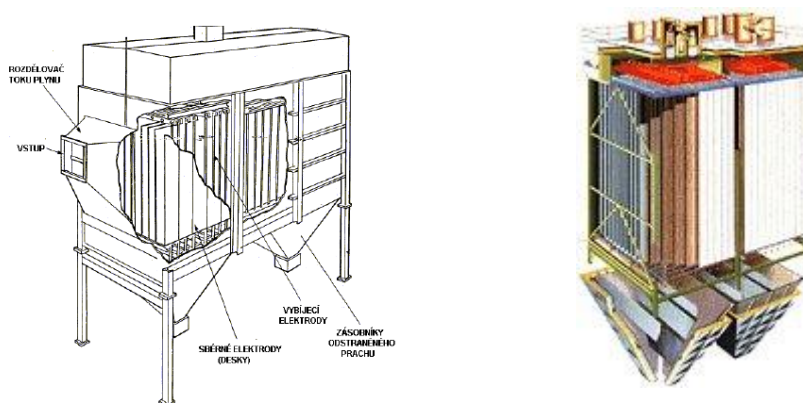
Pracují na principu elektrostatického nabíjení částic nečistot v proudu filtrovaného vzduchu a jejich usazování na deskách filtrační buňky. Nabíjení dochází působením korónového výboje o stejnosměrném napětí 30 000 až 60 000 V mezi nabíjecími a uzemněnými elektrodami.

Tabulka 8 - Výhody a nevýhody elektrostatických odlučovačů

Výhody	Nevýhody
Vysoká účinnost i pro malé částice	Riziko výbuchu suchého ESP
Velké rozsahy teplot, tlaků a průtoku plynů	Velké prostorové nároky
Nízká tlaková ztráta	Vysoce kvalifikovaná obsluha
-	Opatření proti úrazu vysokým napětím

Zdroj: Hemerka, 1994

Obrázek 11 - elektrostatické odlučovače



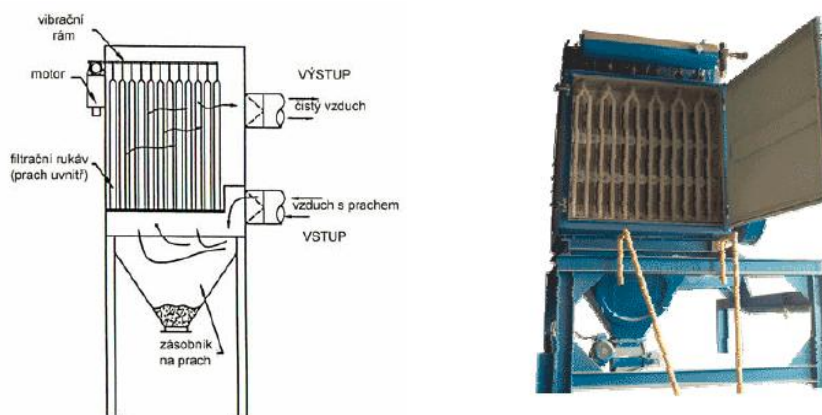
Zdroj: Vejvoda a kol., 2002

Odlučivost ESP dosahuje hodnot nad 99,5 %. Tlaková ztráta těchto odlučovačů je od 500 do 1000 N. m⁻². Jsou konstruovány pro průtoky čištěného plynu řádově ve statisících až milionech Nm³. hod⁻¹.

3.1.4.4 Tkaninové filtry

Odlučivost tkaninových filtrů přesahuje 99,9 %, filtry špičkové kvality dosahují odlučivosti 99,99 %. Tím jsou vůbec nejúčinnějšími mechanickými odlučovači prachu. Tlaková ztráta filtračních stanic se pohybuje kolem 1000 N. m², výjimečně může být i více než dvojnásobná. Konstruovány jsou obvykle pro průtok plynu do 50 000 Nm³.hod⁻¹. Látkové filtry se většinou umísťují do skříní, v některých případech zároveň dělených na komory.

Obrázek 12 - Tkaninový filtrační stroj



Zdroj: Vejvoda a kol., 2002

Tabulka 9 - Příklady tepelné odolnosti některých filtračních materiálů

Materiál	Teplota [°C]
PVC	40-50
Bavlna	75-85
Vlna	80-90
Polyamid, polypropylen	75-90
Polyester	150
Teflon	200-280
Skelná vlákna	250-300
Kovová vlákna	>300

Zdroj: Richter, 2004

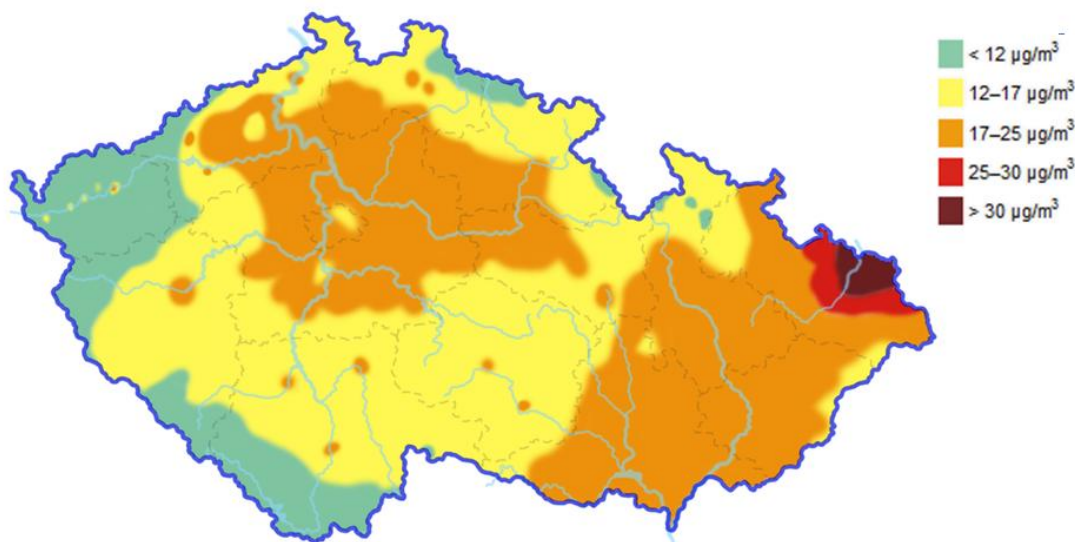
3.2 Vliv prachu na životní prostředí

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 v průběhu několika hodin. Zatímco částice nejmenější (menší než 1 μm) mohou v atmosféře setrvávat týdny, než jsou mokrou depozicí odstraněny. (Skácel a Tekáč, 2002).

Částice jemného a hrubého aerosolu mají odlišné složení. Materiál zemské kury (částice pud, zvětraných hornin a minerálu, 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 medium pro tekavé organické látky. Aerosol může působit na organismy mechanicky zaprášením.

Znečištění prachovými částicemi v současnosti patří k hlavním problémům kvality ovzduší v České republice. Pocházejí hlavně ze spalovacích procesů v energetice, vytápění domácností a z dopravy. Ta kromě přímých exhalací způsobuje i víření již usazených částic do ovzduší (CENIA, 2012).

Obrázek 13 - Koncentrace pevných částic $PM_{2,5}$ v Česku (2011)



Zdroj: Hrdlička, 2011

Nejvyšší roční průměrná koncentrace byla naměřena na stanicích na Ostravsku a Karvinsku.

3.2.1 Legislativa ochrany ovzduší

Rok 1990 byl v České republice významný z pohledu ochrany ovzduší, především v přibližování obsahu zákona o ochraně ovzduší, z něho vycházejících emisních a imisních norem legislativě Evropské unie. Zákon č. 309/1991 Sb. a jeho novela z roku 1991 stanovily zásady v ochraně ovzduší před emisemi.

V roce 2002 byl schválen zákon o ovzduší č. 86/2002 Sb. Tím došlo k sblížení legislativy ČR a EU. Zákon stanovil povinnosti projektantů, investorů a provozovatelů zdrojů znečištění ovzduší s ohledem na jejich velikost, chemické složení a množství emitovaných škodlivin. Změna proběhla především v postupném náběhu plateb za znečištění ovzduší. Tím bylo provozovatelům umožněno realizovat formou investic taková opatření, která zajišťovala splnění zpřísněných limitů znečištění ovzduší bez většího odčerpávání finančních zdrojů podniků poplatky za emise (MZP, 2013).

Dále zákon s návaznými předpisy vymezuje kompetence orgánů státní správy (obecní úřady, okresní úřady, ČIŽP – divize ochrany ovzduší, MŽP) v ochraně ovzduší.

Zákon č. **86/2002Sb.**, o ochraně ovzduší a o změně některých zákonů v platném znění

Nařízení vlády č:

146/2007 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší,

206/2006 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu,

351/2002 Sb., kterým se stanoví závazné emisní stropy pro některé látky znečišťující ovzduší a způsob přípravy a provádění emisních inventur a emisních projekcí, ve znění nařízení vlády č. 417/2003 Sb.,

354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu, ve znění nařízení vlády č. 206/2006 Sb.,

372/2007 Sb., o národním programu snižování emisí ze stávajících zvláště velkých spalovacích zdrojů,

417/2003 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 351/2002 Sb., kterým se stanoví závazné emisní stropy pro některé látky znečišťující ovzduší a způsob přípravy a provádění emisních inventur a emisních projekcí,

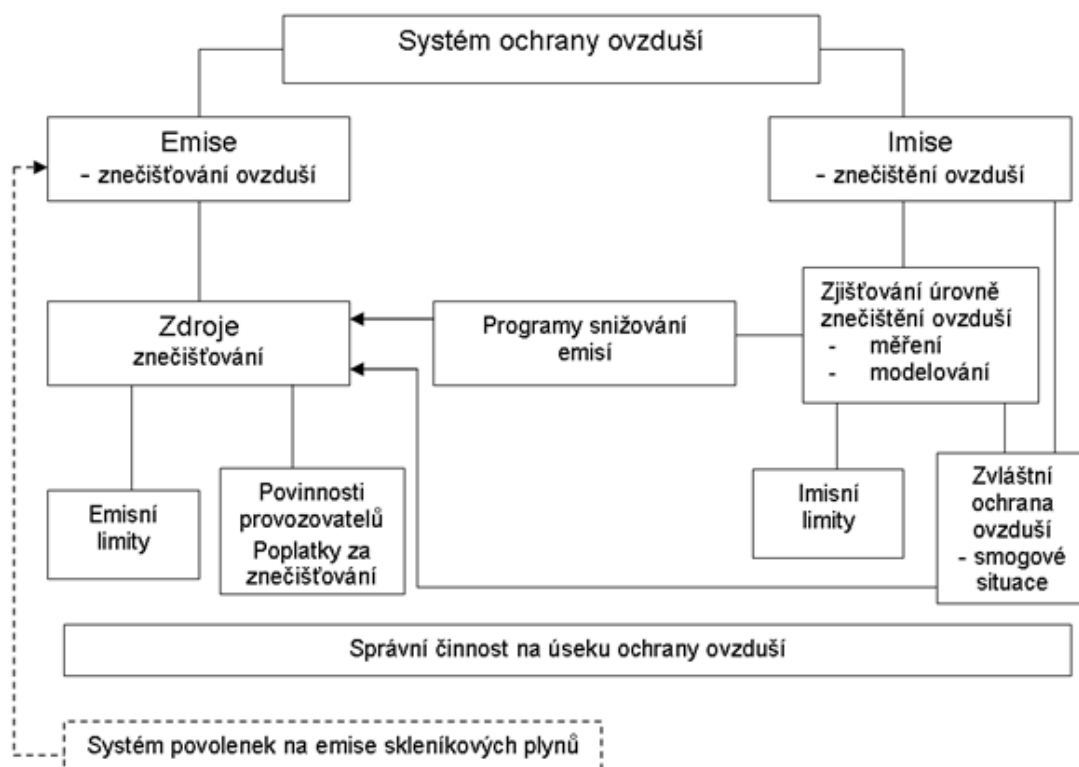
597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší,

615/2006 Sb., o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší,

91/2010Sb., o podmínkách požární bezpečnosti při provozu komínů, kouřovodů a spotřebičů paliv (platnost od 1. 1. 2011).

MŽP je ústředním orgánem státní správy v oblasti ochrany ovzduší. K zajištění metodického vedení podřízených orgánů ochrany ovzduší (ČIŽP, krajské úřady, obecní úřady) vydává ve Věstníku MŽP metodické pokyny. Součástí právního systému ochrany ovzduší v ČR jsou dále ČSN (české nebo dosud platné československé státní normy), oborové normy, resortní předpisy platné z minulých období, vládní nařízení a směrnice, mezinárodní závazky a smlouvy ratifikované Poslaneckou sněmovnou Parlamentu ČR a postupně přejímané mezinárodní standardy ISO (TZB-Info, 2012).

Graf 1 - Systém ochrany ovzduší v ČR



Zdroj: Obroučka, 2003

Ochrana ovzduší v ČR

Tabulka 10 - Pozitiva a negativa ochrany ovzduší v ČR

Pozitiva	Negativa
Celkové emise hlavních znečišťujících látek (tuhých znečišťujících látek, SO ₂ , NO _x , CO, těkavých organických látek, Cd, Hg, Pb a perzistentních organických polutantů jsou v zásadě stabilizované s meziročními výkyvy	Závažným problémem je plošné překračování imisních limitů pro ozon jak z hlediska dopadů na lidské zdraví (více než 60 % populace je vystaveno nadlimitním hodnotám), tak i vlivů na ekosystémy a vegetaci (téměř 64 % chráněných území).
Nejsou překračovány imisní limity pro ochranu lidského zdraví pro SO ₂ , Pb, Hg, Ni a NH ₃	Více než 40 % obyvatelstva je vystaveno nadlimitním hodnotám některé znečišťující látky (kromě přízemního ozonu).
Překračování imisních limitů pro ochranu lidského zdraví pro NO ₂ , CO, Cd a As je omezeno na několik lokalit.	Měrné emise SO ₂ a NO _x výrazně převyšují průměr EU-15
Překračování imisních limitů pro ochranu ekosystémů pro SO ₂ a NO _x je omezeno v západních Čechách	-

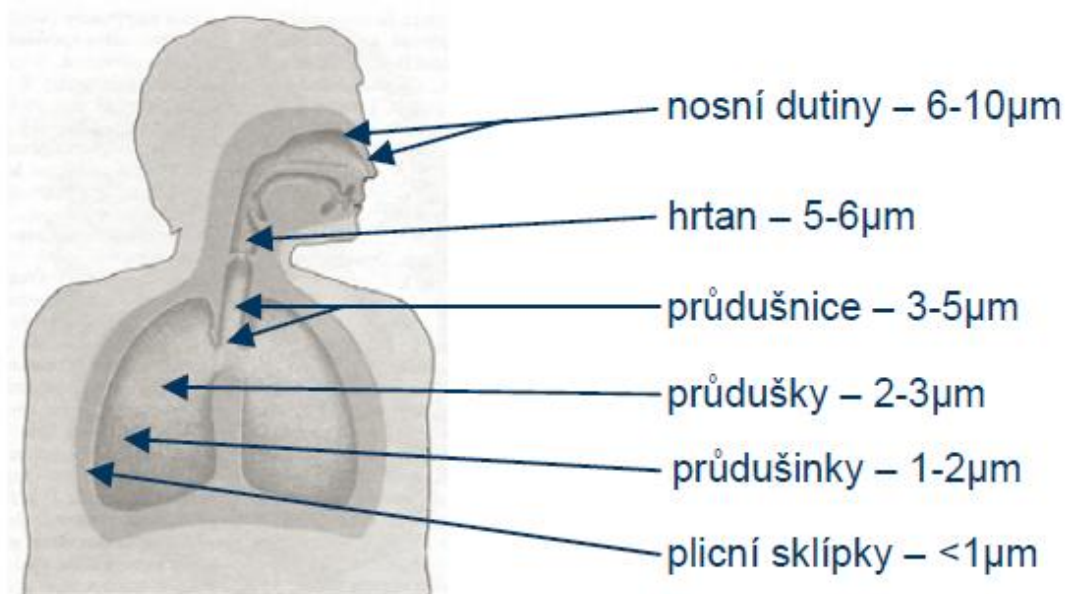
Zdroj: Vach, 2005

Aktuální limitní koncentrace znečišťujících látek jsou zveřejněny ve vyhláškách MŽP pod internetovou adresou MPŽ. Konkrétní údaje o vývoji a stavu emisní a imisní situace v ČR jsou uvedeny na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

3.2.2 Vliv prachu na zdraví člověka

Prachové částice atmosférického aerosolu jsou velice nebezpečné z pohledu lidského zdraví, jelikož se usazují v dýchacích cestách. Z pohledu usazení je rozhodující jejich velikost. Částice větších velikostí se zachycují na chloupkách především v nose a nezpůsobují větší potíže. Částice menší než 10 μm (PM_{10}) se mohou usazovat v průduškách a způsobovat zdravotní problémy. Částice menší než 1 μm mohou vstupovat přímo do plicních sklípků, proto jsou tyto částice nejnebezpečnější. Částice navíc často obsahují adsorbované karcinogenní sloučeniny.

Obrázek 14 - Průnik jednotlivých velikostních frakcí prachu do dýchacích cest



Zdroj: Dylevský, 1990

Inhalace PM_{10} 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 PM_{10} způsobovat rakovinu plic (Suntych, 1954).

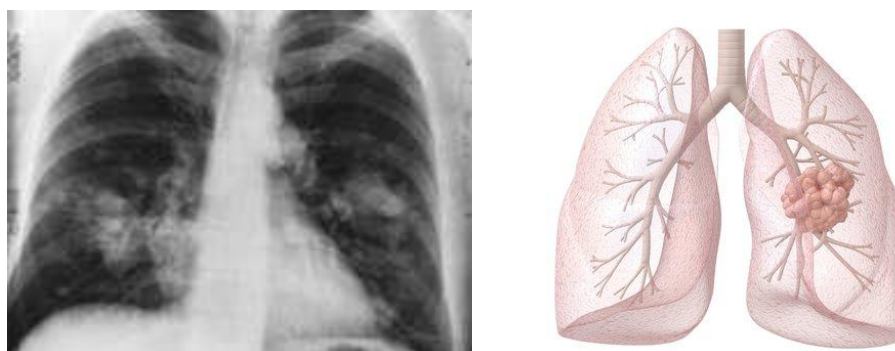
Vliv poléťavého prachu na naše zdraví je zásadní. Na člověka má vliv v tzv. krátkodobém a dlouhodobém působení.

Tabulka 11 - Dlouhodobé a krátkodobé vlivy prachu na člověka

Krátkodobé	Dlouhodobé
Zvýšení počtu zánětlivých onemocnění plic (astma)	Zvýšený počet chronických onemocnění plic u dětí i dospělých (kašel a ztížené dýchání)
Nepříznivé účinky kardiovaskulárního systému	Nevratné genetické změny
Zvýšení počtu hospitalizací,	Rakovinová onemocnění
Zvýšení potřeby léčiv a také k vyšší úmrtnosti.	Poruchy plodnosti, předčasná úmrtí

Zdroj: Suntych, 1954

Obrázek 15 - Následky působení prachu (rakovina plic)



Zdroj: Abram a kol., 2007

Poléťavý prach a rizika v datech

- Rizika související s jemným prachem se podílí v ČR na úmrtnosti 5-13 %.
- 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.
- Poléťavý 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 (EPS, 2013).

3.2.3 Vliv prachu na zdraví zvířat

Základním zdrojem prachu ve stájích a jiných zemědělských objektech jsou především krmiva (jemné částice upravených obilnin a usušených rostlin), odpadlé části kůže zvířat, krystalky moče a částice výkalů. Chardona (1999) uvádí, že koncentrace prachových částic není konstantní a v průběhu roku kolísá. Nejvyšší koncentrace je sledována na jaře, nejnižší naopak v létě a zimě. Rozmezí je velice markantní, kolísá mezi 65 – 96 %. Víření prachových částic je pak ovlivněno provozem, technologií ustájení a způsobem dávkování krmení, pohybem zvířat a intenzitou proudění vzduchu. Přesné koncentrace pro vyhodnocení prašnosti nebyly doposud stanoveny.

Podle Kursy a kol. (1998) je za maximální tolerovaný obsah prachu ve stájovém ovzduší brána hranice $6 - 10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Prach je také významným nositelem zápachu. Jestliže jsou molekuly, které vyvolávají zápach, vázány na prach, mohou být převáděny na dlouhé vzdálenosti a působí zde po delší dobu (Svoboda a Drábek, 2005). Stájový prach je velmi vhodným indikátorem kontaminace stájového prostředí a může se stát zdrojem sekundární kontaminace hospodářských zvířat chovaných ve stáji.

Holt a kol., (1999) zjistili, že použití sena a slámy jako podestýlky má za následek to, že zvířata byli v experimentálních stájích výrazně více vystaveni prachu a endotoxinům, než při jiných systémech podestýlání a krmení. Ale v terénních podmínkách to vypadalo, jako by opak byl pravdou - koně podestlaní slámou a krmení senem byli vystaveni méně prachu a endotoxinům. Holt řekl, že bylo méně zvířat v pracovních stájích, kteří byli ustájení na slámě/seně, což mohlo výsledky ovlivnit.

Zvlášť toxický je prach obsahující metabolity roztočů žijících na zbytcích srsti, peří nebo kůže. Biologická agresivita prachových částic je dána jejich dráždicím účinkem na sliznice dýchacích cest. Může však docházet k poškození i jiných tkání, např. spojivek, kůže apod., v závislosti na složení jednotlivých částic prachu a jejich velikosti. Prach působí na zvířata nepřímo i přímo. Nepřímé působení se projevuje ve snižování vlhkosti vzduchu, ve zmenšování intenzity slunečního záření a osvětlení stáje (Korál, 2009).

Dle Pedersena et al. (2000) existuje několik metod snížení prachové zátěže odchovávaných prasat. Nejvýznamnějšího snížení prašnosti uvnitř objektu bylo dosaženo sprejováním oleje, nebo směsí vody a oleje. Veškeré zařízení sloužící ke snížení prašnosti mají různou účinnost (vzduchotechnika) jsou nákladné a ne vždy efektivní. Dlouhodobé působení prachu vede k alergiím, specifické složení prachové frakce může vyvolat předpoklad ke zhoubnému nádorovému bujení (Toufar a kol., 1999). Dolejš a kol. (2005) uvádí, že optimálním způsobem eliminace prachu by mohla být ionizace vzduchu. Ke sledovanému účinku se navíc připojují ještě další pozitivní vlivy (eliminace amoniaku a zvýšená užitkovost zvířat).

3.3 Přehled měřících metod

Jedna z nejjednodušších metod pro zjištění přítomnosti prachových částic je vizuální metoda. Lze použít pouze pro větší částice, malé koncentrace takto pozorovatelné nemusí. Zachycené částice se pak analyzují množstevně, na chemické složení, na tvar a velikost. Analýza spočívá v objektivním zjišťování a v matematickém statistickém vyhodnocení. Množství zachyceného aerosolu se stanovuje gravimetricky vážením. Vesměs se jedná o pracnou metodu s velkými nároky na instrumentaci. Pro operativní měření jsou výhodnější optické metody založené na disperzi, absorpci nebo reflexi světla. Různé optické metody mají svoje opodstatnění podle charakteru a velikostního spektra částic, neboť velikost částic koresponduje s vlnovou délkou světla použitého pro měření. Optické metody měří skutečný okamžitý stav atmosféry (Brhel, 2005).

Metody pro měření prašnosti:

Vážkové, gravimetrické (sedimentační, metody filtrů)

Koniometrické (číselné)

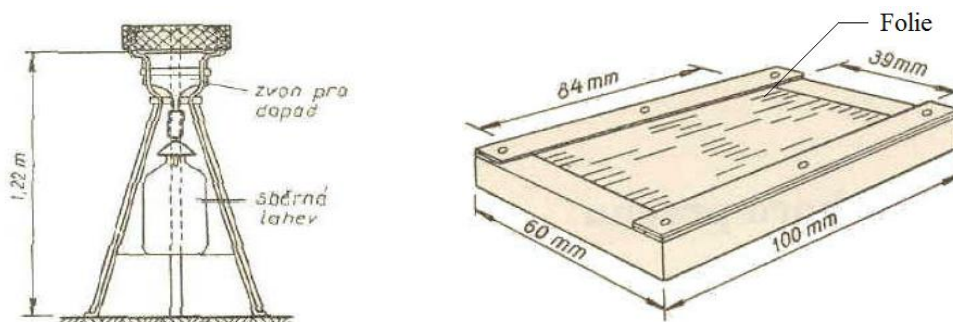
- počítání na sklíčcích, koniometry,
- absorpce v kapalinách a počítání v Burkerově komůrce,
- termo- nebo elektrické precipitátory.

Při měření prašnosti je nutné postupovat tak, abychom získali podklady pro stanovení celkové vnější dávky. Z tohoto důvodu měříme průměrné koncentrace. Hlavní hygienik vydává standardní metody pro stanovení prašnosti na pracovištích, kde jsou popsány metody měření prašnosti. K měření se používají přístroje, které mají schválení hlavního hygienika (Provazník, 2004).

3.3.1 Spad prachu

Jedná se o jednu z nejjednodušších metod. Měření je obdobné jako při zjišťování atmosférických srážek. Pro získání kvalitní analýzy prašnosti bereme průměry z dlouhodobých a opakovaných měření.

Obrázek 16 - Spádová metoda měření prašnosti



Zdroj: ČVUT, 2013

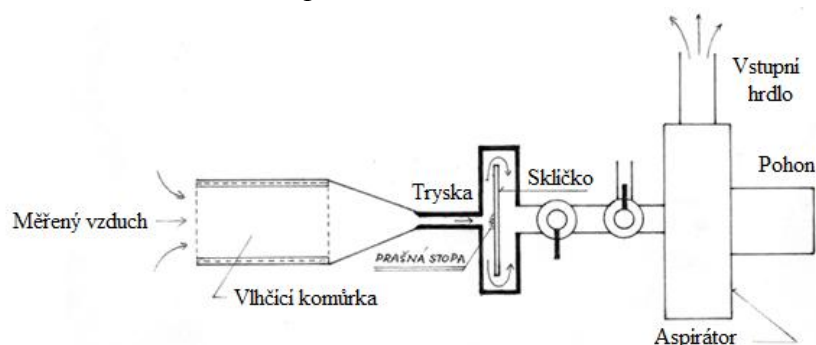
Podobným způsobem funguje spád prachu na folii, kde místo sběracího zvonu je natažená folie s tloušťkou 0,07 mm namazána vazelínou. Jedná se o metodu dostatečně přesnou a ekonomicky nenáročnou. Problémy v měření mohou nastat, jestliže dojde ke změně počasí (déšť, krupobití, slunce).

3.3.2 Konimetrické metody

Princip konimetrických metod je v zachycování částic na skle (nebo jiném materiálu) vystaveném proudu vzduchu a velké rychlosti. Částice se nárazem na sklo zachytí. Pro zefektivnění metody lze sklo natřít lepkavou hmotou. Měření je velice rychlé a poskytuje okamžité hodnoty (Landsperský, 1967).

Owensův prachoměr

Obrázek 17 - Owensův, Greenův prachoměr

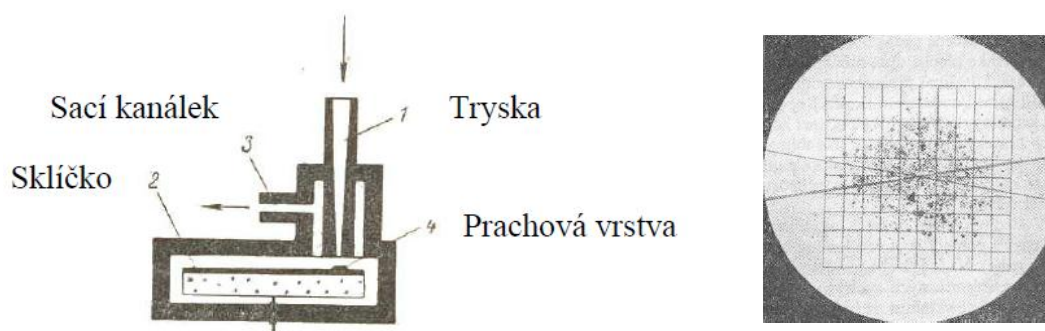


Zdroj: Šimeček, 1980

Měřený vzduch se nasává ventilátorem prostřednictvím vlhčicí komory, z níž vstupuje do obdélníkové trysky 0,1 x 8 mm (popř. 0,2 x 8mm nebo 0,3 x 8 mm). V trysce se značně zvýší rychlost vzduchu (viz rovnice kontinuity) a tím i rychlost aerosolových částic. V bezprostřední blízkosti trysky je upevněno sklíčko, na němž se aerosol usadí v podobě čárkovité stopy o rozměrech trysky. Počet částic na sklíčku se vizuálně počítá pod mikroskopem (Landsperský, 1967).

Suchý koniometr

Obrázek 18 - Suchý koniometr



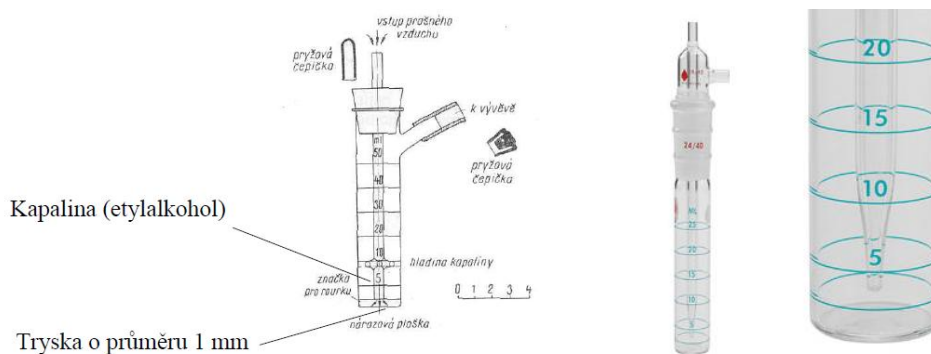
Zdroj: ČVUT, 2013

Sklíčko je opatřeno průhledným lepivým gelem (glycerin). Pro výpočet se počítá jen s částicemi, které ulpěli na sklíčku. Výsledný odpočet vyhodnocujeme pod mikroskopem.

Kapalinový prachoměr

Alkohol použitý při měření se nechá odpařit a pod mikroskopem se spočítá počet částic. Oproti suchým koniometrům se získané hodnoty mohou lišit. Prachoměr měří s přesností částic > 1 μm.

Obrázek 19 - kapalinový prachoměr

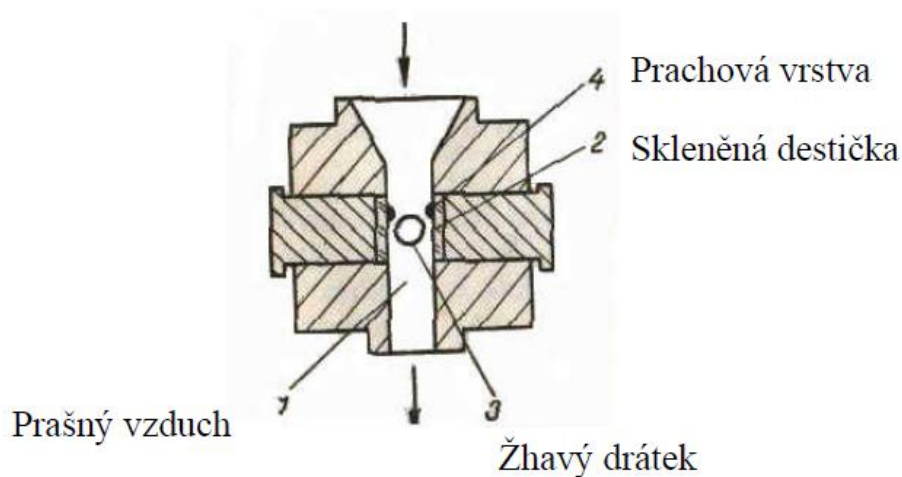


Zdroj: Poly-analyser. 2013

Termoprecipitator

Jedná se o velice přesnou metodu měření, kdy se prach zachycuje na sklíčkách. Vyhodnocení je obdobné jako u suchých koniometrů.

Obrázek 20 - *Termoprecipitator*

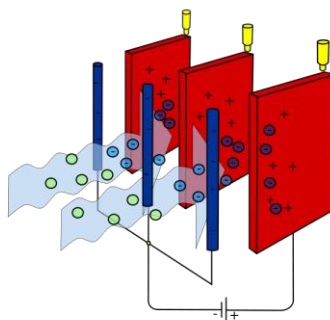


Zdroj: ČVUT, 2013

Elektrostatický precipitátor

Elektrostatický precipitátor sestává ze skupiny sběracích elektrod a skupiny výbojových elektrod uspořádaných za sebou vzhledem ke směru proudění plynu, který má být zpracován.

Obrázek 21 - *Elektrostatický precipitátor (funkce)*



Zdroj: IUPAC, 2006

Precipitator může zachytit i částice menší jak 0,1 mm. Vhodné pro malou a střední prašnost.

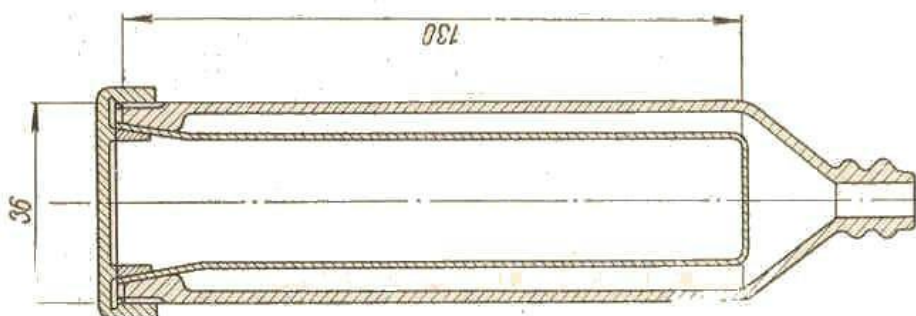
3.3.3 Gravimetrické metody

Při gravimetrických metodách se prašnost vyčíslí v g.m^{-3} nebo mg.m^{-3} . Uvedené metod je vhodná k sledování dlouhodobých trendů ve znečištění ovzduší, nově provozovaných zdrojů, jako i účinnosti opatření na snížení imisního zatížení atmosféry.

Soxheltova patrona:

Jedná se o válečkovou patronu vyplněnou filtračním papírem.

Obrázek 22 - Soxheltova patrona:



Zdroj: ČVUT, 2013

Měřicí přístroj Apex Pro

Jedná se metodu stanovující prašnost pomocí vzduchového čerpadla. Pro stanovení koncentrace frakce o aerodynamickém průměru do $10 \mu\text{m}$ – PM_{10} a do $2,5 \mu\text{m}$ $\text{PM}_{2,5}$ je používán výrobcem doporučený průtok $3,5 \text{ l.minuta}^{-1}$ ($0,21 \text{ m}^{-3}.\text{h}^{-1}$). Na displeji přístroje je kromě nastaveného průtoku vzduchu uvedena i doba chodu čerpadla a výsledná hodnota objemu vzduchu, které přetransportovalo vzduchové čerpadlo za dobu měření. Čerpadlo je propojeno polyetylenovou hadicí se vzorkovací hlavou (Jelínek, 2008).

Ve vzorkovací hlavě jsou umístěny filtry:

- **záchytný papírový filtr** (průměr 25 a 37 mm). Při expozici se na něm zachytává a deponuje požadovaná velikost prachových částic.
- **Vymezovací filtr** (polyuretanový 37 a 10 mm v průměru). Propustí dále částice požadovaného aerodynamické velikosti. K dispozici jsou filtry pro PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a respiratorní prach (do $4 \mu\text{m}$).

Obrázek 23 - Měřicí stroj Apex



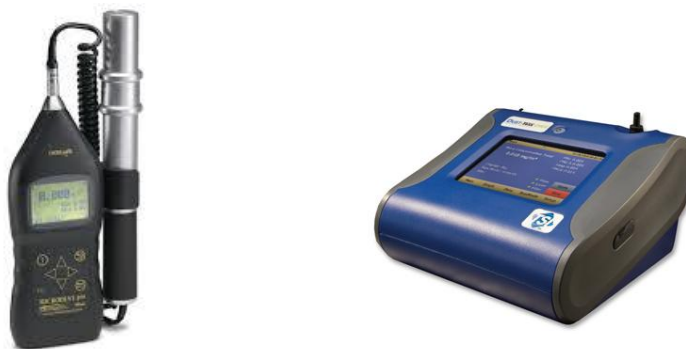
Zdroj: ANAMET, 2013

Základem je kompaktní dvoučinné čerpadlo s vynikající účinností při vysokých průtocích. Obsahuje široký rozsah průtoků od 5 ml/min do 5 l/min.

Měřicí přístroj Microdust a Dusttrak

Oba uvedené systémy mají základní nastavení a jsou kalibrovány na arizonský silniční prach (ISO Fine 12103-1A2). Zjištěný průměr za dobu expozice je nutné adjustovat podle gravimetrického stanovení (Jelínek, 2008).

Obrázek 24 - Měřicí přístroje Microdust a Dusttrak



Zdroj: ANAMET, 2013

Výše uvedené přístroje jsou velice hojně využívány pro měření prašnosti jak v průmyslu tak především v zemědělství.

Mimo výše uvedených metod, se můžeme použít metody, jako jsou izokinetické vzorkovače či forometrické metody pracující na principu Tyndlleova efektu.

4. Metodika

4.1 Měřená lokalita I (Obchodní družstvo Soběšice)

Obrázek 25 - Lokalita měření - Obchodní družstvo Soběšice



Zdroj: Mapy.cz, 2013

Obec Soběšice se nachází v západních Čechách v podhůří Šumavy s nadmořskou výškou 652 m ($49^{\circ}11'59''$ s. š., $13^{\circ}41'15''$ v. d.). Klimatické podmínky jsou dané polohou západních Čech. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo $7,6^{\circ}\text{C}$ s ročním úhrnem srážek 662 mm. Měření probíhalo v obchodním družstvu Soběšice, které vzniklo v roce 1952. Hlavním předmětem podnikání je prodej hovězího masa, obilovin a brambor.

Obrázek 26 - Měřené úseky



Zdroj: Mapy.cz, 2013

4.1.1 Popis technologie ustájení

Tabulka 12 - Popis technologie

Plemeno Skotu	Holštýnský skot
Ustájení	Volné
Podestýlka	Digestát z BPS
Krmivo	Objemné, jadrné
Krmící a vyvážecí stroje	Faresin leader Bobcat 753
Ventilace vzduchu	Rovnotlaké

Zdroj: ZD Soběšice s.r.o., 2012

4.2 Měřená lokalita II (ZD Krásná Hora)

Obrázek 27 - Lokalita měření – ZD Krásná hora



Zdroj: Mapy.cz, 2013

Petrovice u Sedlčan leží na pravém břehu Vltavy mezi městy Milevsko a Sedlčany (49°33'20" s. š., 14°20'5" v. d.). Samotné Petrovice jsou posazeny do mělké kotliny (450 m. n. m.) ze všech stran obklopené kopci a návršími.

Měření probíhalo v ZD Krásná Hora Nad Vltavou a.s. u Petrovic, které podniká především prodejem hovězího masa a mléka, které vyváží do sousedního Německa. Měření probíhalo pouze na jednom úseku zobrazeného na obr. 28.

Obrázek 28 - Měřený úsek



Zdroj: Mapy.cz, 2013

Tabulka 13 - Popis technologie

Plemeno Skotu	Český strakatý skot
Ustájení	Volné
Podestýlka	Digestát z BPS
Krmivo	Objemné, jadrné
Krmící a vyvážecí stroje	Faresin leader Zetor 7211 s šípovým pluhem
Ventilace vzduchu	Rovnotlaké

Zdroj: ZD Krásná Hora a.s., 2012

4.2 Použité zařízení

DustTRAK

DustTrak monitor je přenosný fotometr pracující v reálném čase, který měří hmotnostní koncentraci částic na základě rozptylu světla a je kalibrován oproti referenční gravimetrické metodě pomocí respirabilní frakce Arizonského prachu (ISO 12103-1, A1 testovací prach).

DustTrak monitor je schopen detegovat částice od velikosti 0,1 μm a měří hmotnostní koncentraci PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10} v rozmezí 0,001-100 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ s přesností $\pm 0,001 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Obrázek 29 - Měřicí přístroj DustTRAK



Zdroj: Envirotech, 2013

OEM: Digitální teploměr a vlhkoměr s outdoor čidlem

Obrázek 30 - Digitální teploměr a vlhkoměr OEM



Zdroj: droidshop, 2013

Relativní vlhkost vzduchu a teplota byla měřena pomocí digitálního teploměru OEM. Externí senzor má teplotní rozsah -50 až $+70$ °C a senzor vlhkosti 10 % RH až 99 % RH. Přístroj pracuje s tolerancí ± 1 C ± 5 % RH.

Stopky Olympia 60 lap

Obrázek 31 - Stopky Olympia 60 lap



Zdroj: droidshop, 2013

4.3 Vlastní postup

1. Měření probíhalo na dvou různých lokalitách (OD Soběšice, ZD Krásná hora).
2. U zemědělského objektu byly vybrány měřená místa tak, aby byly co nejpřesnější a co nejvíce demonstrovali kvalitu studie.
3. Jednalo se vždy o tři měřená místa, většinou na začátku, uprostřed a na konci budovy (chodby).
4. Při příchodu na měřené místo byla vždy změřena teplota a vlhkost přístrojem OEM a změřené hodnoty zapsány do připravené tabulky.
5. Po umístění přístroje DustTRAK byl nasazen kalibrační filtr a spuštěn program kalibrace tlačítkem „zero call“.
6. Celková kalibrace trvala 60 sekund. Tento proces kalibrace se opakoval vždy před každým měřením.
7. Po doběhnutí kalibrace byl kalibrační filtr sejmout a nasazen měřící filtr (10 μm).
8. Měření bylo zahájeno tlačítkem „*START*“ po uplynutí 60 ti sekund bylo měření ručně ukončeno tlačítkem „*STOP*“.
9. Tento postup měření byl opakován na všech měřících místech a lokalitách.
10. Po dokončení všech měření byly naměřená data přesunuty pomocí USB portu do notebooku.
11. Získané výsledky byly zpracovány pomocí počítačového programu MS Excel a následně vytvořeny grafy pro lepší demonstraci výsledku.
12. Po analýze výsledků byl diskutován závěr, zda daná metoda vyhovuje či ne.

5. Výsledky

5.1 Měřená lokalita I (Obchodní družstvo Soběšice)

Tabulka 14 - Měřený úsek I (24 – 25. 9. 2012)

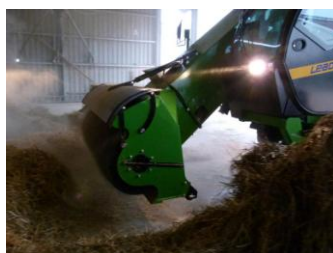
Měření	Čas měření [hod]	Délka měření [s]	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	Prašnost [mg/m ³]	
1	17: ⁵⁰	60	11,3	58	Min	0,042
					Max	0,067
2	17: ⁵³	60	11,3	58	Min	0,050
					Max	0,063
3	17: ⁵⁹	60	11,3	58	Min	0,056
					Max	0,078
4	22: ¹⁰	60	7,8	55	Min	0,044
					Max	0,049
5	22: ¹³	60	7,8	55	Min	0,051
					Max	0,066
6	22: ¹⁷	60	7,8	55	Min	0,047
					Max	0,063
7	3: ⁴⁶	60	6,9	56	Min	0,064
					Max	0,095
8	3: ⁴⁹	60	6,9	56	Min	0,066
					Max	0,079
9	3: ⁵⁴	60	6,9	56	Min	0,069
					Max	0,072

Zdroj: Autor

V lokalitě I (OD Soběšice) proběhly dvě měření ve dvou různých úsecích (budovách). Úsek I čítal 43 Ks skotu (krav) s průměrnou hmotností 700 Kg. Časový harmonogram měření byl zvolen, tak aby zahrnul fáze dne (běžný stav, stav klidu a krmení a odvoz výkalů). Pomocí měřicího přístroje DustTrak bylo získáno na každé (jedno) měření 60 hodnot, které ukazují aktuální prašnost (mg/m³) za jednu sekundu. Pro každé měření byly vybrány hodnoty maxima a minima.

Dle naměřených výsledků je patrné, že největší hodnoty prašnosti byly naměřeny v době krmení (cca 3 hod.), a to díky opakovanému přejezdu krmicího vozu Faresin leader. Ostatní dvě měření vykazovaly podobné hodnoty.

Obrázek 32 - Náběr krmné dávky



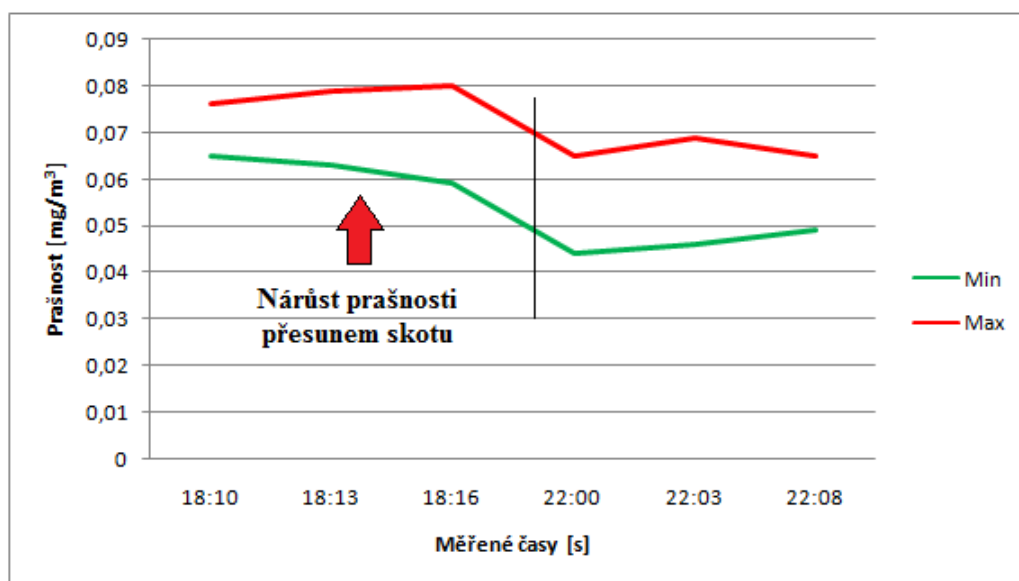
Tabulka 15 - Měřený úsek I (1 – 2. 12. 2012)

Měření	Čas měření [hod]	Délka měření [s]	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	Prašnost [mg/m ³]	
1	18: ¹⁰	60	4	50	Min	0,073
					Max	0,065
2	18: ¹³	60	4	50	Min	0,063
					Max	0,079
3	18: ¹⁶	60	4	50	Min	0,059
					Max	0,080
4	22: ⁰⁰	60	3,3	55	Min	0,044
					Max	0,065
5	22: ⁰³	60	3,2	49	Min	0,046
					Max	0,069
6	22: ⁰⁸	60	3,2	49	Min	0,049
					Max	0,075
7	3: ³⁰	60	2,9	49	Min	0,073
					Max	0,077
8	3: ³⁹	60	2,9	50	Min	00,69
					Max	0,077
9	3: ⁴¹	60	2,9	50	Min	0,099
					Max	0,121

Zdroj: Autor

Úsek II čítal 78 Ks skotu s průměrnou hmotností 700 Kg. Dle naměřených výsledků je patrné, že největší hodnoty prašnosti byly naměřeny opět v době krmení (cca 3 hod.), a to díky opakovanému přejezdu krmícího vozu Faresin leader. Co se týče měření v cca 18:00 a 22:00 hod. byly zjištěny mírné rozdíly, jelikož v 18:00 hod. došlo k přesunu skotu kvůli vývozu kejdy.

Graf 2 - Nárůst prašnosti přesunem skotu



5.1 Měřená lokalita II (ZD Krásná Hora)

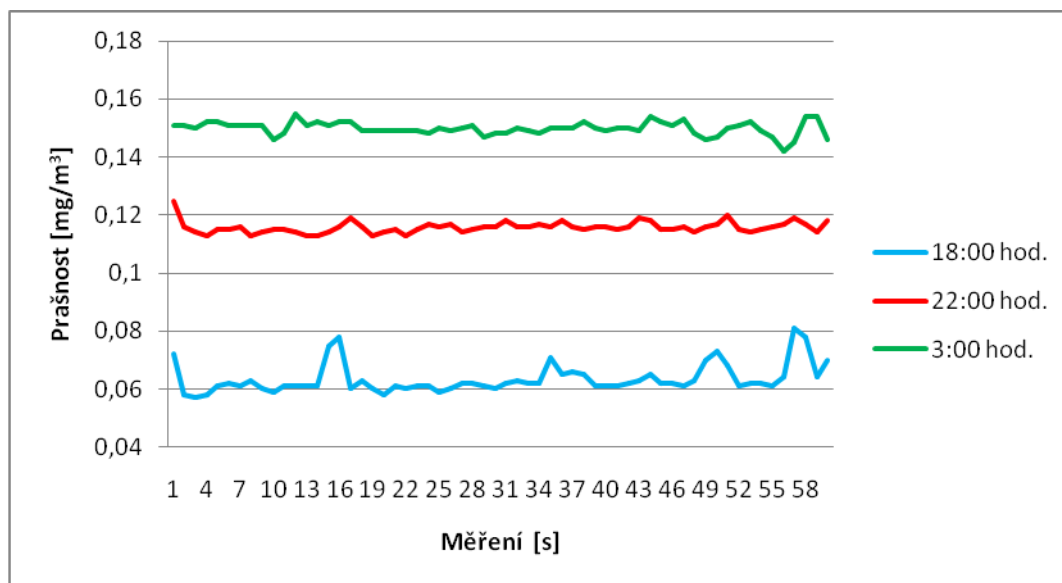
Tabulka 16 - Měřený úsek I (22. 11. 2012)

Měření	Čas měření [hod]	Délka měření [s]	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	Prašnost [mg/m ³]	
1	18: ⁰¹	60	1,6	46	Min	0,116
					Max	0,123
2	18: ⁰⁵	60	1,6	46	Min	0,113
					Max	0,125
3	18: ⁰⁹	60	1,6	46	Min	0,112
					Max	0,122
4	22: ⁰⁰	60	1,5	46	Min	0,071
					Max	0,076
5	22: ⁰⁵	60	1,5	46	Min	0,057
					Max	0,078
6	22: ⁰⁹	60	1,5	46	Min	0,062
					Max	0,087
7	3: ³⁸	60	0,9	46	Min	0,146
					Max	0,151
8	3: ⁴²	60	0,9	46	Min	0,142
					Max	0,154
9	3: ⁴⁶	60	0,9	46	Min	0,135
					Max	0,148

Zdroj: Autor

V lokalitě II (ZD Krásná Hora) proběhlo jedno měření. Úsek čítal 123 Ks skotu s průměrnou hmotností 750 Kg. Dle naměřených výsledků je patrné, že největší hodnoty prašnosti byly naměřeny opět v době krmení (cca 3 hod.), a to díky opakovanému přejezdu krmicího vozu Faresin leader.

Graf 3 - Maximální hodnoty prašnosti v jednotlivých hodinách



7. Závěr

U chovu hospodářských zvířat (skotu) v měřených lokalitách OD Soběšice a ZD Krásná Hora byla zjišťována emise prachu v zemědělských objektech. Stanovení emise vycházelo z měření koncentrace prachových částic během určitých fází dne. Měření probíhalo laserovým analyzátozem Dusttrak.

Z naměřených hodnot je zřejmé, jak je ovlivněna prašnost operacemi ve stáji. V obou studovaných lokalitách byl zjištěn až 40% nárůst prašnosti v době krmení. Hlavní příčinou jsou přejezdy krmících vozů. Pro demonstraci daného tvrzení bylo provedeno srovnání krmících vozů v lokalitě OD Soběšice. Byl zkoumán specializovaný krmný vůz Faresin leader a Bobcat 753. Měření ukázalo, že první zmiňovaný vůz vykazoval o 10 % menší koncentraci prachu z důvodů kratších přejezdů. Jako další faktor, který ovlivnil koncentraci prachu, byla četnost skotu. Srovnáním lokalit bylo zjištěno, že lokalita ZD Krásná Hora vykazuje o cca 25 % větší prašnost oproti OD Soběšice.

Metoda měření prašnosti pomocí přístroje Dusttrak se ukázala, jako velice kvalitní jelikož vykazovala aktuální prašnost v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Postup měření spočíval ve stanovení hmotnostní koncentrace polétavého prachu v ovzduší. Měření, probíhalo v rozměrech PM_{10} . Daná technologie se zdá být jako velice zajímavá alternativa pro měření prachu v zemědělství nejen z důvodu přesnosti měření, ale i jednoduchosti ovládání.

8. Použitá literatura

ABRAM SR, HDNETT BL, SUMMERS RL, Coleman TG, Hester RL. *Quantitative Circulatory Physiology: an integrative mathematical model of human physiology for medical education*. Adv Physiology Educ. 2007 Jun;31(2):202-10.

ANAMET: *Měření prašnosti v reálném čase* [online]. 2011 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: http://www.anamet.cz/technika/microdust_pro

BRETSCHNEIDER, B; KUNFURST, J. *Technika ochrany ovzduší* 1.vyd. Praha, SNTL, 1978. 260s.

BRHEL, P; MANOUŠKOVÁ, M; HRNČÍŘ, E. *Pracovní lékařství: základy primární pracovně-lékařské péče*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2005, 338 s. ISBN 80-701-3414-3.

CUCCIA, E., et al., *An alternative way to determine the size distribution of airborne particulate matter*. Atmospheric Environment. 44(27): p. 3304-3313 (2013).

ČVUT: *Pegradační působení prachu*. [online]. [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/EKP/11_prach.pdf

DANZER, J. *Adheze a protiskluzová zařízení*, Elektrotechnický obzor 75 (1986) č. 10

DE MIRANDA, R. M., et al., *Characterisation of aerosol particles in the Sao Paulo Metropolitan Area*. Atmospheric Environment, 2002. 36(2): p. 345-352.

DOLEJŠ, J., NĚMEČKOVÁ, J., TOUFAR, O., KNÍŽEK, J. *Sedimentace prachu (TSP) ve stájích pro skot*. In *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti*. Brno: Česká bioklimatologická společnost, 2005, s. CD-ROM.

DONGARRA, G., et al., *Study on ambient concentrations of PM₁₀, PM_{10-2.5}, PM_{2.5} and gaseous pollutants*. Trace elements and chemical speciation of atmospheric particulates. Atmospheric Environment. 44(39): p. 5244-5257(2003).

DROIDSHOP.: OEM: Digitální teploměr a vlhkoměr s outdoor čidlem (-50 až 70°C, 10% až 99%). [online]. 2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.droidshop.cz/teplotni-senzory/168-oem-digitalni-teplomer-avlhkometer-s-outdoor-cidlem-50-az-70c.html>

DYLEVSKÝ, I., TROJAN, S. *Somatologie I. II.*. Prah Avicenum, 1992.

ENVIROTECH.COM: Aerosol Monitors With External Pump Modules for Continuous Outdoor Dostupné z: http://www.envirotech-online.com/news/air-monitoring/6/tsi_instruments/aerosol_monitors_with_external_pump_modules_for_continuous_outdoor_monitoring_applications/24526/

EPA. [online]. 2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://nlquery.epa.gov/epasearch/epasearch?querytext=dust&typeofsearch=epa&fld=earlink1&areaname=Climate+Change&areacontacts=http%3A%2F%2Fwww.epa.gov%2Fclimatechange%2Fcontactus.html&areasearchurl=&result_template=epafiles_default.xsl&filter=sample4filt.htm

EPS: *Polétavý prach – neviditelná hrozba* [online]. 2007 [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/poletavy-prach-%E2%80%93-neviditelna-hrozba/>

FERENČÍK, M. *Imunitní systém: informace pro každého*. 1. vyd. Překlad Kristýna Pokorná. Praha: Grada Publishing, c2005, 236, [4] s. ISBN 80-247-1196-6.

HEMERKA, J. *Odlučování tuhých částic*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994, 138 s. ISBN 80-010-1088-0.

HOLT, P. S. - Mitchell, B. W. - Seo, KunHO - Gast, R. K.- Seo, K. H. (1999) Use of negative air ionization for reducing airborne levels of Salmonella Enterica serovar enteritidis in a room containing infected caged layers. *Journal-of-Applied-Poultry-Research*, 8:4, 440-446; 19 ref.

HOVORKA, F. *Technologie chemických látek*. vyd. 1. Praha: VŠCHT, 2005, 180 s. ISBN 80-708-0588-9.

HRDLIČKA, P. Soubor: *Average concentration of PM_{2.5} in Czech Republic 2011*. png. [online]. [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Average_concentration_of_PM2.5_in_Czech_Republic_2011.png

CHARDON, W. J. (1999): *Emission of fine dust in farming*. *Rapport-Plant-Research-International*, No. 105, 26, 2001 pp.; 29 ref.

IUPAC, *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. (the "Gold Book") (1997). Online corrected version: (2006–) "electrostatic precipitator".

JELÍNEK, A. *Výzkum základních environmentálních aspektů v chovech hospodářských zvířat*. 2008, Z-2508.

KORÁL, M.: *Porovnání několika typů mikroklimatů uzavřených prostor živočišné výroby*. DP, České Budějovice, ZF JCU, 2009, 53 s..

KURSA, Jaroslav. *Zoohygiena a prevence chorob hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 1998, 200 s. ISBN 80-213-0419-7.

LANDSPERSKÝ, Hanuš. *Měření povrchu a velikosti částic práškových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1967

MAPY. CZ: Soběšice. [online]. 2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://maps.google.cz/maps?psj=1&bav=on.2,or.r_qf.&bvm=bv.45512109,d.Yms&biw=1366&bih=667&q=sob%C4%9B%C5%A1ice&um=1&ie=UTF8&hq=&hnear=0x470b32ad861f3331:0x400af0f6615e0d0,Sob%C4%9B%C5%A1ice&gl=cz&sa=X&ei=zZZyUbv6GYbzsgbw-oDQAQ&ved=0CEAQ8gEwAw

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. [online]. 2012 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/>

NOVOSAD, J., *Mechanika sypkých hmot*, VSCHT Praha, 1983

NOVÝ, R. *Technika prostředí*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000, 265 s. ISBN 80-010-2108-4.

OBROUČKA, K. *Ochrana ovzduší I.: (zdroje a látky znečišťující ovzduší)*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola podnikání, 2003, 81 s. ISBN 80-867-6400-1.

PEDERSEN, S., NONNENMANN, M., RAUTIAINEN, R., DEMMERS, T. G., BANHAZI, T. & LYNGBYE, M. (2000) Dust in pig buildings. *J Agric Saf Health* 6, 261-274. PubMed ID 11217691

POLY-ANALYSER s.r.o.: Prachoměry. [online]. 2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.poly-analyser.cz/cs/prachomery>

PRAŠNÉ ČÁSTICE. CENIA. [online]. 2008 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cenia.cz/vzduch/index.php?article=131>

PROVAZNÍK, K. *Manuál prevence v lékařské praxi: souborné vydání*. 1. vyd. Praha: Státní zdravotní ústav, 1998, 622 s. ISBN 80-707-1080-2.

RICHTER, M. *Technologie ochrany životního prostředí*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2005, 79 s. ISBN 80-704-4684-6.

SKÁCEL F., TEKÁČ V. *Analýza ovzduší: Stanovení hlavních znečišťujících látek v odpadních plynech*. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 80-7080-483-1.

SOBĚŠICE [online]. 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://www.sobesice.cz/>

SVOBODA, M., DRÁBEK, J. *Veterinární péče v chovech prasat*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2005, 197 s. ISBN 80-730-5553-8.

SUNTYCH, F. *Prach a ústrojí dýchací: Boj proti prachu*. Praha: SZdN, 1954.

ŠIMEČEK, J. *Měření a hodnocení prašnosti na pracovištích*. ČSVTS, Praha, 1980.

ŠTORCH, O., a kolektiv. *Čištění průmyslových plynů a exhalací odlučovači*. 1.vyd. Praha : SNTL, 1976. 312s.

TOUFAR, O. - DOLEJŠ, J. - DOLEŽAL, O.: *Vliv ionizace vzduchu na stájové mikroklima a užitkovost prasat ve výkrmu*. *Farmář*, roč. 5, č. 10, 1999, s. 7,

TZB-info. [online]. 2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>

VACH, M. *Ochrana ovzduší*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2005, 63 s. ISBN 80-213-1388-9.

VEJVODA J., MACHAČ, P. *Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních plynů*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 978-807-0805-176.

WHITTAKER AG, HUGHES KJ, PARKIN TD, LOVE S. Concentrations of dust and endotoxin in equine stabling. 2009, č. 10, s. 293-295.

ZELINGER, R. Škodliví pomocníci. *Auto, motor a sport*, 1999, č. 8, s. 56 - 57.

9. Seznam použitých zkratk

ČHMÚ – Český hydrometeorologický úřad

ČIŽP – Česká inspekce životního prostředí

ČR – Česká republika

ČSN – Česká státní norma

EPA – Environmental Protection Agency

ESP – elektrostatic precipitator

MŽP – ministerstvo životního prostředí

OD – Obchodní družstvo

PM – Particulate Matter

ZD – Zemědělské družstvo

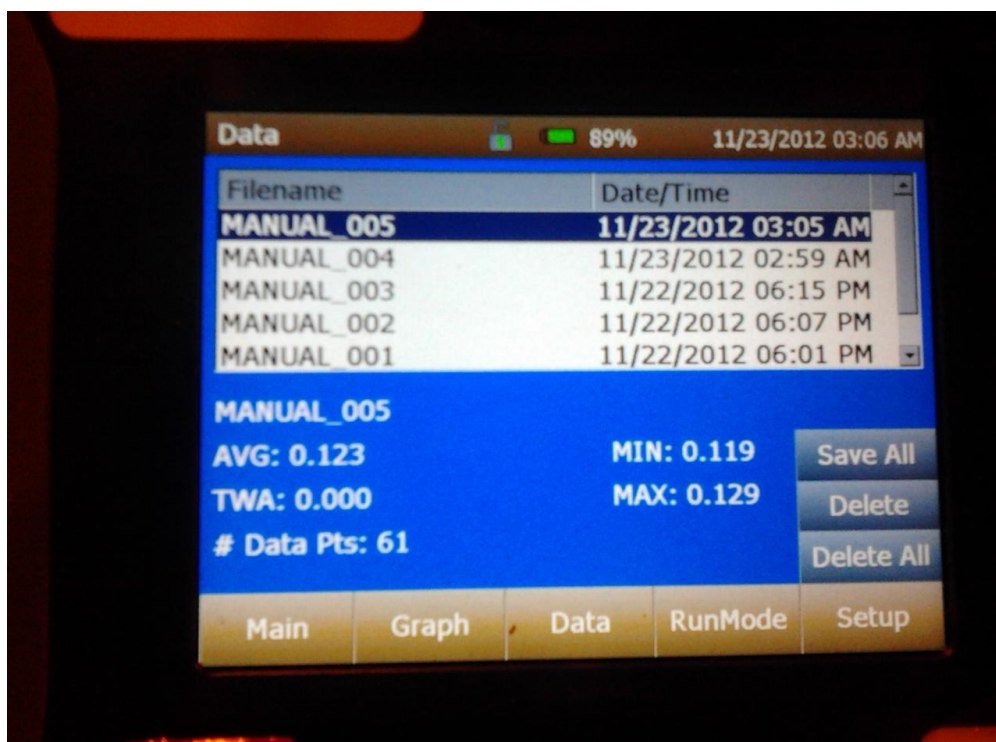
10. Příloha

Obrázek 33 - Ukázka umístění přístroje



(Foto:Ivan Zahradník)

Obrázek 34 - Ukázka displeje přístroje Dusttrak



(Foto:Ivan Zahradník)

Obrázek 35 - Ukázka umístění přístroje



(Foto:Ivan Zahradník)

Obrázek 36 - Průjezd krmným vozem



(Foto:Ivan Zahradník)