

**Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích**

Zemědělská fakulta

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2013

Petr Píšek

# **Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Zemědělská fakulta

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

## **Analýza účinnosti respirátorů v závislosti na charakteru pracovní činnosti monitorem Dust TRAK 8530**

Vedoucí bakalářské práce

Ing. I. Celjak, CSc.

Autor

Petr Píšek

2013

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

Jméno a příjmení: **Petr PÍŠEK**  
Osobní číslo: **Z10058**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**  
Název tématu: **Analýza účinnosti respirátorů v závislosti na charakteru pracovní činnosti monitorem Dust TRAK 8530.**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

*Cíl práce:*

Cílem práce je provedení měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu z nespalovacích procesů v závislosti na průchodu respirátory a filtračními polomaskami.

*Metodický postup:*

1. Rešerše z oblasti ochrany zaměstnanců při práci v prašném prostředí, z oblasti znečištění ovzduší polévatým prachem a z oblasti stupně ochrany a výroby respirátorů;
2. Stanovení zásad pro provádění měření koncentrace polévatého prachu při filtraci rouškou a polomaskou;
3. Návrh a výroba zařízení pro měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu při průchodu filtrační rouškou a polomaskou;
4. Měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu při průchodu rouškou a polomaskou v závislosti na charakteru polévatého prachu;
5. Vypracování souhrnu poznatků na základě naměřených hodnot hmotnostní koncentrace polévatého prachu v závislosti na charakteru polévatého prachu a úrovně znečištění filtrační roušky nebo polomasky.

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

Rozsah pracovní zprávy: **60 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

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

Celjak, I.: **Zásady provádění měření hmotnostní koncentrace prachu monitorem DustTRAK 8530**, ZF, Jihočeská univerzita v Č.Budějovicích, 2011, 16 s.;

**Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší;**

**Nařízení vlády 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší;**

**Vyhláška 205/2009 Sb. o zjišťování emisí ze stacionárních zdrojů;**

**Nařízení vlády č.361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci;**

**Nařízení vlády 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci (Příloha č.3);**

**Katalog firmy Manutan 2012, str. 598, Respirátory;**

**<http://www.blyth.cz>;**

**<http://respiratory-a-masky.flopp.cz>;**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, 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 BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
střední oddělení  
Studentská 13  
370 05 Česká Budějovice



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 12. března 2012

## **Anotace:**

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou účinnosti respirátorů v závislosti na charakteru pracovní činnosti monitorem Dust TRAK 8530. Nejprve je zde uvedeno, co je to vlastně prach a rozdělení jednotlivých typů prachových částic. Dále se práce věnuje legislativním nařízením a platným zákonům v souvislosti ochrany ovzduší a ochrany zdraví při práci. V práci je popsána také ochrana, kterou tvoří respirátory, a její rozdělení. Součástí práce jsou jednotlivá měření ze zemědělských provozů a stavebnictví, jakožto demolice budov. Na základě naměřených hodnot jsou vyvozeny závěry dle platných, legislativních opatření České republiky.

**Klíčová slova:** Prach, respirátor, ochrana ovzduší, ochrana zdraví při práci, Dust TRAK 8530

## **Abstract:**

This thesis deals with the analysis of the effectiveness of respirators in relation to the nature of the work activity using the Dust TRAK 8530 monitor. First are presented what dust actually is and the splitting up of individual types of dust particles. Further this work concerns legislative decrees and applicable laws relating to the protection of air quality and health in work environments. The paper also describes protection comprised of respirators and their distribution. Part of this work are the individual measurements from agricultural operations and construction from the demolition of buildings. Based on the measured values, the conclusions are drawn, according to the applicable legal provisions of the Czech Republic.

**Keywords:** Dust, respirator, protection of air quality, health protection in work environments, Dust TRAK 8530

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma “Analýza účinnosti respirátorů v závislosti na charakteru pracovní činnosti monitorem Dust TRAK 8530“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů v platném znění. 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.

V Českých Budějovicích dne .....

.....

vlastnoruční podpis autora

**Poděkování:**

Děkuji vedoucímu této bakalářské práce Ing. I. Celjakovi, CSc. za podněty k vypracování této práce. Současně děkuji zaměstnancům firmy Osiva Boršov, DELACON a pracovníkům společnosti Akupi za spolupráci a umožnění měření v jejich provozech.

# Obsah

1	Úvod .....	10
1.1	Cíl práce.....	11
2	Částice v atmosféře .....	12
2.1	Aerosol .....	12
2.1.1	Rozdělení aerosolů.....	12
2.2	Prachové částice .....	13
2.2.1	Přírozený vznik prachových částic.....	13
2.2.2	Antropogenní vznik prachových částic.....	14
2.2.3	Základní definice a termíny pro hodnocení prachu .....	14
2.2.4	Rozdělení podle velikosti frakcí prachových částic .....	15
2.2.5	Přírozená ochrana dýchacího ústrojí.....	16
2.2.6	Druhy prachu z hlediska působení na člověka .....	17
2.2.7	Dopady na životní prostředí .....	19
2.2.8	Možnosti ochrany proti prachu .....	19
3	Ochrana zdraví při práci.....	21
3.1	Struktura nařízení vlády o ochraně zdraví při práci .....	21
3.1.1	Nucené větrání.....	24
4	Ochrana ovzduší .....	26
4.1	Struktura zákona č. 201/20012 .....	27
5	Respirátory.....	30
5.1	Výběr filtračních polomasek – třídy a účinnost .....	30
5.2	Označení filtračních polomasek.....	33
5.3	Zásady pro správné nasazení filtrační polomasky .....	33
5.3.1	Nasazení filtrační polomasky .....	34
5.3.2	Kontrola nasazení filtrační polomasky .....	35
5.4	Likvidace filtračních polomasek.....	35
5.5	Materiály respirátorů.....	36
6	Pomůcky pro měření .....	37
6.1	Polystyrenová hlava .....	37
6.1.1	Materiály a nástroje na výrobu polystyrenové hlavy.....	37
6.1.2	Postup výroby polystyrenové hlavy .....	37
6.2	Přístroj DustTRAK 8530 .....	38
6.2.1	Ovládání přístroje a odečet hodnot z obrazovky .....	39



6.3	Filtrační polomasky.....	40
7	Vlastní měření koncentrace poléhavého prachu .....	42
7.1	Provoz č. 1 – Osiva Boršov s.r.o., pobočka České Budějovice .....	42
7.1.1	Budova pro míchání trav .....	42
7.1.2	Umístění měřicího přístroje .....	44
7.1.3	Jednotlivá měření.....	44
7.2	Provoz č. 2 – Delacon s.r.o. – Stošíkovice .....	48
7.2.1	Budova pro výzkumný výkrm prasat.....	49
7.2.2	Umístění měřicího přístroje.....	50
7.2.3	Jednotlivá měření.....	50
7.3	Provoz č. 3 – demolice bývalých kasáren - Čtyři Dvory, České Budějovice .....	62
7.3.1	Demolovaná budova kasáren .....	62
7.3.2	Umístění měřicího přístroje.....	64
7.3.3	Jednotlivá měření.....	65
7.4	Výsledná chyba měření.....	76
8	Závěr.....	77
9	Seznam použité literatury.....	79

## 1 Úvod

Všeobecně je kvalita vzduchu jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují zdraví a pohodu prostředí. V dnešní hektické době je bohužel někdy zdraví až na druhém místě. Přibývá stále více lidí trpících různými onemocněními dýchacích cest, které jsou způsobovány vdechováním prachových částic a aerosolů. Je to dáno především pracovním prostředím, ve kterém lidé tráví více jak třetinu dne a dále lokalitou bydliště. Každé prostředí je specifické ve velikosti emitovaných prachových částí. Na prachových částicích můžou ulpívat další organické polutanty (znečišťující látky), které mohou působit až karcinogenně. Tyto látky jsou z velké části tvořeny lidskou činností a vyskytují se tak v ovzduší ve větší koncentraci než je běžné. Díky své lehkosti můžou být unášeny na velké vzdálenosti a tím ovlivňují negativně zdroje emisí i ve vzdálených oblastech – např: polárních.

Tuto práci jsem si vybral z důvodu aktuálnosti, ať už je to ochrana zdraví při práci či každoročně zmiňované nepříznivé smogové situace, které lidem ztěžují život. V práci se budu při měření zabývat částicemi o velikost  $PM_{10}$  (průměr pod  $10\mu m$ ), které mají bezprostřední vliv na naše zdraví a dále částicemi  $PM_{2,5}$  (průměr pod  $2,5\mu m$ ), které se dostávají do plic. Částice  $PM_{1,0}$  (průměr pod  $1\mu m$ ) se dostávají až do krevního oběhu. S vývojem studií ovzduší a pochopením pronikání částic do dýchacího traktu začaly vznikat různé ochranné pomůcky (např.: filtry, respirátory), které mají za účel snížit množství vdechovaných škodlivin. Součástí ochrany by měl být také kvalitní oblek, který chrání pokožku, jelikož prachové částice zředěné vodou se mohou dost skrze pokožku do krevního oběhu.

## 1.1 Cíl práce

Dle zadání bakalářské práce je mým cílem provést analýzu účinnosti respirátorů v závislosti na charakteru pracovní činnosti monitorem Dust TRAK 8530. Údaje potřebné pro posouzení účinnosti respirátorů byly naměřeny v provozech. Výsledky měření v provozech jsou uvedeny v kapitole č. 7. Je v ní popsáno měření v provozech firmy Osiva Boršov spol. s r.o., Delacon a měření při demolici kasáren v Českých Budějovicích – Čtyři Dvory.

V první části této práce (kapitola č. 2) bude teoretický přehled o tom, co je to aerosol a prach. V této kapitole se seznámíme se zdroji prachových částic a jejich dělením podle velikostí částic. Nedílnou součástí této kapitoly bude i vliv prachových částic na dýchací trakt a s tím spojené zdravotní problémy. Kapitola č. 3 bude o vládním nařízení 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ve znění pozdějších předpisů (68/2010 Sb., 93/2012 Sb.). Z toho nařízení vlády ještě rozeberu podrobněji termín nucené větrání a podmínky, které je nutno dodržet. Kapitola č. 4 bude obsahovat úvod a stručný popis zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. V kapitole č. 5 se dostáváme k prostředku na ochranu zdraví pracovníka. Je zde návod, jak správně vybrat filtrační polomasku, její označení a zásady pro nasazení a co nejlepší účinnost.

V druhé části práce (kapitole č. 6) se dostáváme k podstatě zkoumaného problému. V úvodu následuje popis výroby zařízení (testovací hlavy), které bylo nezbytné pro měření. Přiblížíme si manipulaci s měřícím přístrojem Dust TRAK 8530 a zásady pro provádění měření koncentrace polétavého prachu při filtraci rouškou. Měření v jednotlivých provozech je uvedeno v předchozím odstavci.

V třetí části (kapitola č. 8) je již vyplývající závěr, zhodnocení naměřených hodnot.

## 2 Částice v atmosféře

Atmosféra je tvořena plyny. Plyny s největším zastoupením jsou dusík (78%), kyslík (21%), dále se také vyskytují plyny v menším množství, také nazývané jako vzácné. Mezi tyto plyny řadíme argon, oxid uhličitý, neon, helium, metan, krypton a vodík. Vzduch (atmosféra), který dýcháme, obsahuje nejen plynné složky, ale i velký počet kapalných a pevných částic. Tyto kapalně a pevné částice jsou známé pod pojmem aerosoly. Vznikají kombinací přírodních a průmyslových procesů. Většina částic je dostatečně malá na to, aby byla viditelná pouhým okem. Rozměry aerosolů se pohybují mezi 1 nm – 100 μm. [3]

### 2.1 Aerosol

Aerosol je suspenze jemných pevných částic nebo kapiček kapaliny v plynu. Můžeme si pod tím představit mraky, znečištěné ovzduší jako je smog a kouř. Tyto jemné částice jsou schopny setrvávat v plynu (v našem případě ovzduší) po dlouhou dobu díky své lehkosti a mohou tak cestovat na dlouhé vzdálenosti. [3]

#### 2.1.1 Rozdělení aerosolů

a) podle vzniku:

- Primární aerosol - částice, které jsou emitovány přímo do atmosféry
- Sekundární aerosol - částice, které jsou vytvořeny v atmosféře pomocí chemických reakcí s plyny

b) podle fyzikálních vlastností:

- Biologický aerosol je organického původu (např. životaschopné nebo mrtvé buňky, spory nebo pylová zrna, fragmenty, produkty nebo zbytky organismů).
- Oblak je aerosol, jehož hustota je alespoň o 1 % větší než hustota vzduchu (plynu). Aerosol s viditelnými rozhraním.
- Prach obsahuje pevné částice vytvořené erozí nebo jiným mechanickým rozrušením původního materiálu. Obvykle se skládá z částic nepravidelného tvaru a větších než 0,5 μm.
- Mlha je kapalný aerosol, typicky vzniklý kondenzací přesycených par.

- Kouř je aerosol obsahující pevné částice, které se vznikly kondenzací plyných produktů spalováním. Částice často tvoří aglomeráty (shluky). Tyto částice mají velikost menší než 1  $\mu\text{m}$ .
- Smog je aerosol skládající se z pevných nebo kapalných částic, které vznikly fotochemickými reakcemi UV záření s uhlovodíky a oxidy dusíku. Termín smog je kombinací slov „smoke - kouř“ a „fog - mlha“ a zahrnuje všechny znečišťující látky včetně plyných složek.

Aerosoly, které se vyskytují ve volné přírodě, jsou polydisperzní (částice s různou velikostí). Monodisperzní (částice se stejnou velikostí) aerosoly se vyskytují pouze v laboratořích a slouží k pochopení vlivu různých velikostí částic na chování aerosolu. [1]

## **2.2 Prachové částice**

Prach je termín, který používáme v souvislosti s pevnými částicemi, které mají různé tvary a velikosti. Jedná se o polydisperzní tuhý aerosol, který vzniká přirozeně či antropogenní činností. [11]

### **2.2.1 Přirozený vznik prachových částic**

Příčina znečištění ovzduší přírodními procesy může být chemické, fyzikální nebo biologické povahy. Mohou to být například zrna z větrných erozí půdy, obvykle z oblastí pokrytých řídkou vegetací nebo zcela bez pokryvu vegetace (prachové bouře). Typickým příkladem, kdy se dostává do vznosu velké množství písku, je poušť. Důležitým přírodním zdrojem prachových částic je také kosmický prach. Kosmický prach je tvořen meziplanetární hmotou o velikosti menší než je 1 milimetr, která se volně nachází v okolním vesmíru. Jedná se o drobná zrnka různorodého materiálu, který pochází z různých zdrojů (materiál z období formování sluneční soustavy, ohon komety, materiál vyvržený po srážce atd.). Kosmický prach neustále dopadá na každé těleso ve vesmíru s různou intenzitou. Například na Zemi každoročně dopadne až 40 000 tun kosmického materiálu, kde dle výpočtu se jedná přibližně o jedno zrnko kosmického prachu za den na metr čtvereční. Vážným zdrojem je sopečná aktivita, která uvolňuje částice síry, chloru a popela. K přírodním zdrojům patří bioaerosol, který tvoří životaschopné nebo mrtvé buňky, spory nebo pylová zrna, fragmenty, produkty nebo zbytky organismů. Dalšími

přírodními zdroji látek, které znečišťují ovzduší, jsou následující zdroje (neprodukují prachové částice). Například metan, uvolňovaný v průběhu trávení potravy zvířaty nebo hnitím biomasy. Hnití je chemický, biologicky podmíněný proces, při kterém dochází k rozkladu organických látek bez přístupu kyslíku. Dalším přírodním zdrojem je radioaktivní plyn radon, který se uvolňuje ze zemské kůry. Některé dřeviny, plodiny a ovoce uvolňují těkavé organické látky (borovice, topol, kukuřice a různé druhy ovoce a zeleniny) a velké množství silic je vytvářeno rostlinami jako ochrana před býložravci. [2]

### **2.2.2 Antropogenní vznik prachových částic**

Nejvýznamnější podíl na vzniku prachových částic mají antropogenní procesy. Mezi tyto procesy se zahrnují spalovací procesy, které jsou nezbytnou součástí technologických činností při výrobě tepelné energie v teplárnách, využívajících spalování pevných paliv, při výrobě elektrické energie v tepelných elektrárnách na pevná paliva, při pohybu dopravních zařízení (zejména motorová vozidla, letadla, některé vlaky) na dopravních trasách, využívajících energii ze spalovacích procesů v motorech, při technologických činnostech manipulačních zařízení (nakladače, jeřáby, zdvižné vozíky, dopravníky), jejichž pracovní adaptéry jsou poháněné spalovacími motory, při pohonu speciálních strojních zařízení ve všech oblastech výroby a služeb (včetně komunální sféry, zemědělské a lesnické výroby), při dobývání a úpravě nerostných surovin (explozivní rozpojování, drtiče a třídiče kameniva, řezání, broušení, vrtání) a v ostatních doprovodných činnostech, které tvoří servisní činnost ve prospěch lidské společnosti (například při zimní údržbě posypem silnic a chodníků, používáním rozmanitých sprejů, aplikací nátěrů a impregnací, používáním rozpouštědel, zrání skládek komunálního odpadu, z nichž se uvolňuje metan apod.). [2]

### **2.2.3 Základní definice a termíny pro hodnocení prachu**

Kromě chemických, fyzikálních a biologických vlastností má velký význam z hlediska ohrožení lidského zdraví velikost částic prachu a pro zhodnocení zdravotního rizika je důležitá skutečnost, jak hluboko se částice dostanou do dýchacího ústrojí. Proto byly definovány základní pojmy, které umožňují pochopení principů působení prachových částic.

**Aerodynamický průměr částice D** - průměr koule o hustotě  $1\text{gcm}^{-3}$  se stejnou ustálenou rychlostí způsobenou gravitační silou v klidném ovzduší, jako má částice za obvyklých podmínek týkajících se teploty, tlaku a relativní vlhkosti.

**Vdechovatelná frakce** - hmotnostní frakce polévatého prachu, která je vdechnuta nosem a ústy.

**Thorakální frakce** - hmotnostní frakce vdechovaných částic pronikajících za hrtan. Až 50% polévatého prachu s  $D = 10\ \mu\text{m}$  je v thorakální frakci.

**Respirabilní frakce** - hmotnostní frakce vdechovaných částic, které pronikají do dýchacích cest, kde není řasinkový epitel. Až 50 % polévatého prachu s  $D = 4\ \mu\text{m}$  je v respirabilní frakci.

**Dýchací zóna** - prostor v bezprostřední blízkosti úst a tváří, přesněji technicky definován jako polokulový prostor (obecně o poloměru 0,3 m) se středem v polovině spojnice obou uší a vymezený rovinou tváře procházející touto spojnici, vrcholem hlavy a ohryzkem.

**PEL (přípustný expoziční limit)** - celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být podle současného stavu znalostí vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době, aniž by u nich došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jejich pracovní schopnosti a výkonnosti, viz nařízení vlády č. 36 1/2007 5 b., ve znění pozdějších předpisů.

**NPK** - nejvyšší přípustná koncentrace chemické látky, které nesmí být zaměstnanec v žádném úseku směny vystaven, viz nařízení vlády č. 367/ 2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů. [11]

#### **2.2.4 Rozdělení podle velikosti frakcí prachových částic**

Velikost částic v atmosféře je od několika nanometrů až desítek mikrometrů. Prachové částice se dělí podle jejich velikosti na frakci:

- hrubých částic  $\text{PM}_{10}$  - aerodynamický průměr  $<10\ \mu\text{m}$ .
- frakci jemných částic  $\text{PM}_{2,5}$  - aerodynamický průměr  $<2,5\ \mu\text{m}$ .
- frakci jemnějších částic  $\text{PM}_1$  - aerodynamický průměr  $<1\ \mu\text{m}$ .

- frakci nejjemnějších částic  $PM_{0,1}$  a menší - aerodynamický průměr  $<100$  nm. [4]

Částice s aerodynamickým průměrem větší než  $30 \mu m$  jsou označovány jako hrubý prach a v prostředí při běžných podmínkách rychle sedimentují. [11]

### 2.2.5 Přírozená ochrana dýchacího ústrojí

Hlavní úlohou plic je zásobování těla kyslíkem a odvodem oxidu uhličitého. Prostřednictvím opakovaných inhalací a výdechů je vzduch přiváděn do těsné blízkosti krevního řečiště, které je odděleno velmi tenkou membránou, tloušťky cca  $0,5$  mikrometrů. Kyslík zde prostupuje přes membránu ze vzduchu do krve, zatímco oxid uhličitý postupuje v opačném směru. Výměna plynů přes membránu je zajišťována pomocí rozdílné koncentrace obou plynů.

Plíce mají také ochrannou funkci, která spočívá v zachycování cizorodých látek a organismů, které mohou ve vzduchu vstupovat do těla. Nicméně ochranná funkce je neúčinná vůči toxickým nebo karcinogenním látkám. Pokud jsou plíce vystavovány po dobu několika let nepřirozeně vysoké koncentraci prachu, snižuje se ochranná funkce a plíce jsou tak náchylnější k infekcím a plicním onemocněním.

Při dýchání vstupují částice suspendované ve vzduchu do nosní či ústní dutiny, ale ne všechny z nich se dostanou do plic. Nos je účinný filtr a většina velkých částic se zachytí na nosních chloupkách nebo v hleny, který pokrývá stěny nosní dutiny. Takto usazené částice jsou odstraněny mechanicky, vydechováním a kýchním. Hlen, v němž jsou usazeny částice, je pomocí pohybu řasinkových buněk pozvolna odváděn do hltanu, kde je polykán, vykašláván. Z nosní dutiny vzduch proudí do hltanu a dále přes hrtan do průdušnic, které se dělí na pravou a levou průdušku. Průdušky se dále dělí na průdušinky, které mají stěny pokryté epitelem (ochranou vystýlkou) a hlenem pro zachycování částic. Tento hlen, stejně jako v nosní dutině, je pohybem řasinek přesunován zpět směrem k hltanu, kde je spolýkán. Poté se vzduch i s částicemi, které nebyly pohlceny hlenem, dostává přes alveolární kanálky do alveolárních váčků. Tyto váčky jsou posety plicními sklípkami (nejsou kryty epitelem ani hlenem). Plicní sklípky jsou velmi důležité, protože jejich prostřednictvím tělo dostává kyslík a uvolňuje oxid uhličitý. Plicní sklípky jsou chráněné speciálními buňkami, tzv. makrofágy. Tyto buňky udržují plicní sklípky čisté. Makrofágy prakticky požírají cizorodé částice a pohybují se po stěnách plic



vzhůru, kde dosáhnou řasinek, které je unášejí i s hlenem do hltanu. Kromě makrofágů mají plíce i jiný ochranný systém. Plíce mohou reagovat na přítomnost cizorodých částic tím, že produkují určité bílkoviny. Tyto bílkoviny se vážou k částicím a neutralizují je.

Vzhledem k tomu, že zdravotní rizika a průnik částice do dýchacích cest závisí na jejich aerodynamických vlastnostech, třídí se částice podle nich. Průnik jednotlivých velikostních frakcí prachu do dýchacích cest se dělí:

- nosní dutiny – 6-10 $\mu\text{m}$
- hrtan – 5-6 $\mu\text{m}$
- průdušnice – 3-5 $\mu\text{m}$
- průdušky – 2-3 $\mu\text{m}$
- plicní sklípky – <1 $\mu\text{m}$

[5], [7], [10], [15]

### 2.2.6 Druhy prachu z hlediska působení na člověka

Klasifikace prachů s ohledem na potenciální riziko pro zdraví a bezpečnost průmyslových pracovníků můžeme rozdělit do šesti kategorií.

**Toxický prach** může způsobit chemické reakce uvnitř dýchacího systému nebo umožnit vznik toxických sloučenin, které se vstřebávají do krevního řečiště přes plicní sklípky. Nejvíce nebezpečné jsou sloučeniny arsenu, olova, uranu a dalších radioaktivních minerálů, rtuti, kadmia, selenu, manganu, wolframu, stříbra a niklu.

**Karcinogenní (rakovinotvorný) prach** způsobuje buněčné mutace tkání. Patří sem částice asbestu, chromu, křemíku, arsenu či částice výfukových zplodin. Například prach z dubu a buku je karcinogenní. Je vysoce pravděpodobné, že i jiné typy prachu z tvrdého dřeva mohou způsobovat rakovinu, zejména vedlejších nosních dutin.

**Fibrogenní prach** způsobuje zjizvení plic. Pokud jsme vystavováni tomuto prachu po dlouhou dobu, vede to k vytváření nadměrného obsahu vaziva v určitém orgánu a následně k poruše jeho tkání a funkci. Pokud se bude jednat o plíce, ztrácejí pružnost a snižuje se vnitřní prostor pro výměnu plynů. Vzniká tak např. plicní onemocnění silikózou, které je důsledkem práce v prašném prostředí dolů, sléváren a kamenických dílen. Mezi nejvíce nebezpečný řadíme prach z krystalického oxidu křemičitého ve formě křemene či některé silikáty (azbest), které jsou také toxické

či karcinogenní. Dlouhodobé vystavování uhlému prachu vede také k fibrogenním účinkům.

**Prach bez fibrogenního účinku** s výrazným dráždivým působením vzniká při práci s některými rostlinnými produkty, jako je např. bavlna, len, konopí, juta, dřevo. Dále při práci s peřím, srstí, vápnem, čedičovými a skleněnými vlákny. Účinek dráždivých prachů se nejčastěji projevuje mechanickým drážděním sliznic dýchacích cest, spojivek očí a pokožky, u citlivějších osob i alergickými reakcemi.

**Minerální vláknitý prach** s možným karcinogenním účinkem svou chemickou podstatou, tvarem či velikostí může způsobovat nádorová onemocnění. Vlákna mají obvykle průměr menší než 0,003 mm, minimální délku 0,005 mm a poměr délky k průměru je větší než 1:3. Tyto znaky mají hlavně částice azbestu, ale i některá minerální a skelná vlákna, používaná ke speciálním účelům.

**Infekční prach** obsahuje choroboplodné zárodky zachycené na prašných částicích, které mohou způsobit vážná onemocnění, mezi ně patří i bakteriální a plísňové infekce způsobené bioaerosem.

Styk pokožky s některými prachy, jako je většina organických prachů a některé anorganické a vláknité prachy, může způsobovat podráždění nebo alergické odezvy, zvláště u citlivých osob. Vysoké koncentrace prachu v ovzduší způsobují usazování prachových částic v očích, nosu a ústech a s tím spojené nepříjemné pocity. Inhalace pevných prachových částic poškozuje především kardiovaskulární a plicní systém. Účinek těchto částic na lidský organismus (obecně i na jiné živočichy nebo i rostliny) závisí na délce vystavení organismu jejich působení na tzv. době expozice.

**Při krátkodobé expozici** může docházet k vyššímu počet zánětlivých onemocnění plic, k nepříznivým účinkům na srdečně-cévní systém a v důsledku toho k zvýšení počtu hospitalizací a vyšší spotřebě léčiv.

**Při dlouhodobé expozici** dochází ke snížení plicních funkcí dětí i dospělých, k vyššímu počtu chorob dolních cest dýchacích, k zvýšení výskytu chronické obstrukční nemoci plicní, k rakovině plic a snižuje celkovou obranyschopnost člověka a v důsledku toho i k snížení předpokládané délky dožití.

Velikost vdechovaných částic je hlavním činitelem a ovlivňuje, kde se v dýchacích cestách částice usadí. Jednotlivé průniky částic jsou popsány v podkapitole 2.2.5 Přirozená ochrana dýchacího ústrojí.

Podle statistik členských států Evropské unie umírá na následky znečištění ovzduší kolem 370 000 lidí a jen v Německu bylo prokázáno, že polévatý prach má vliv na 65 000 úmrtí ročně. [6], [7], [11], [13]

### **2.2.7 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  $\mu\text{m}$  sedimentují na zemský povrch v průběhu několika hodin, zatímco částice nejjemnější (menší než 1  $\mu\text{m}$ ) 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 medium 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 oblaků. Jsou-li při tvorbě oblaků přítomny pevné částice ve velkém množství, bude výsledný oblak sestávat z velkého množství menších kapek. Takový oblak bude odrážet sluneční záření mnohem více než oblak sestávající z částic větších. Vlivy na klima se však projevují spíše v regionálním měřítku. [14]

### **2.2.8 Možnosti ochrany proti prachu**

**Technologické** - změna dosavadní technologie za takovou, při níž prach buď nevzniká, nebo je jeho množství a závažnost snížena. Např. tryskání (čištění) odlitků tlakovou vodou či broky místo pískem, řezání kovů laserem, vrtání hornin s výplachem.

**Technické** - zavření prostorů, přesypů a transportních cest, kde dochází k šíření prachu (aerosolů) do pracovního prostředí. Místní odsávací zařízení na pracovních stolech, srážení prachu vodou či jinými smáčedly, elektrostatický

způsob srážení aerosolů, celkové větrání pracoviště, protiprašné (větrané) kabiny pro dálkové ovládání prašných procesů.

**Technicko–organizační** - vhodné způsoby odstraňování usazeného prachu, pravidelná kontrola a údržba protiprašných technických prostředků (kontrola filtrů, smáčení vodou atd.).

**Individuální** - používání osobních ochranných pracovních prostředků podle povahy (vlastnosti) prachu (aerosolů) jako jsou čtvrtmasky, polomasky s různými filtry apod. v případě, že nelze prašnost řešit jiným způsobem.

**Kontrola zdravotního stavu pracovníků** - vstupní, periodické a výstupní prohlídky zejména v případech výskytu toxických prachů, prachů fibrogenních a karcinogenních. [6]

### **3 Ochrana zdraví při práci**

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů (68/2010 Sb., 93/2012 Sb.), a které nabylo účinnosti dnem 1. ledna 2008 je prováděcím právním předpisem k zákonu č. 262/2006 Sb., zákoník práce a k zákonu č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci). Toto nařízení vlády je uveřejněno v č. 111/2007 Sbírky zákonů na straně 5086.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. plně nahrazuje dříve platné nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění pozdějších předpisů. V novém nařízení vlády jsou oproti nařízení vlády č. 178/2001 Sb. upraveny podmínky ochrany zdraví nejen pro zaměstnance, ale i pro osoby vykonávající činnosti a poskytující služby mimo pracovněprávní vztahy. Dále se v nařízení vlády č. 361/2007 Sb. precizněji stanoví jeho působnost s důrazem na přímo aplikovatelné právo evropských společenství, kdy je nutno respektovat jeho přednost. Proto pokud přímo aplikovatelný předpis upravuje stejnou problematiku jako toto nařízení vlády, nelze nařízení vlády č. 361/2007 Sb. (národní právní předpis) použít.

Obsahem tohoto nařízení vlády jsou v zásadě rizikové faktory pracovního prostředí, způsob jejich hodnocení a minimální požadavky na ochranu zdraví při práci a současně bližší hygienické požadavky na pracoviště. [9], [20]

#### **3.1 Struktura nařízení vlády o ochraně zdraví při práci**

Hlava I člení rizikové faktory pracovních podmínek, jejich zjišťování a hodnocení. Rizikové faktory mikroklimatických podmínek se člení na zátěž teplem a zátěž chladem; chemické faktory se člení na látky a směsi obecně, olovo, prach, karcinogeny, mutageny, látky toxické pro reprodukci a azbest; biologické činitele se člení na skupiny; fyzická zátěž se člení na celkovou fyzickou zátěž, lokální svalovou zátěž, pracovní polohy a ruční manipulaci s břemeny. Není-li možné při zjišťování a hodnocení rizikových faktorů pracovních podmínek postupovat podle tohoto

nařízení, postupuje se podle metody obsažené v české technické normě, která tyto metody obsahuje, při jejímž použití se má za to, že výsledek je co do mezí stanovitelnosti, přesnosti a správnosti prokázáný. Při použití jiné metody než metody obsažené v české technické normě musí být doloženo, že použitá metoda je stejně spolehlivá. Rizikové faktory hluku, vibrací, neionizujícího záření, optického záření a ionizujícího záření, způsob jejich zjišťování a hodnocení, jejich hygienické limity a podmínky ochrany zdraví zaměstnance při práci exponovaného těmto rizikovým faktorům upravují zvláštní právní předpisy.

Hlava II již řeší jednotlivé podmínky ochrany zdraví při práci s rizikovými faktory vznikajícími v důsledku nepříznivých mikroklimatických podmínek, kterými jsou zátěž teplem a zátěž chladem.

Hlava III pojednává o podmínkách ochrany zdraví při práci s chemickými faktory a prachem. Hygienickým limitem chemické látky upravené podle zákona o chemických látkách se rozumí přípustný expoziční limit nebo nejvyšší přípustná koncentrace. Hygienickým limitem prachu se rozumí přípustný expoziční limit. Je zde vysvětleno, co je to přípustný expoziční limit a nejvyšší přípustná koncentrace (viz podkapitola 2.2.3. Základní definice a termíny pro hodnocení prachu). Součástí je také seznam chemických látek a jejich přípustné expoziční limity a nejvyšší přípustné koncentrace, které jsou uvedeny v příloze č. 2 k tomuto nařízení, části A. Seznamy prachů a jejich přípustné expoziční limity jsou upraveny v příloze č. 3 k tomuto nařízení, části A, tabulkách č. 1 až 5. Součástí je také hodnocení zdravotního rizika, minimální opatření k ochraně zdraví při práci, bližší hygienické požadavky na pracoviště a pracovní prostředí, minimální opatření k ochraně zdraví před účinky nadměrné expozice.

### **Minimální opatření k ochraně zdraví při práci**

U chemické látky nebo směsi, která se vstřebává kůží nebo sliznicemi a u chemické látky, směsi nebo prachu, které mají dráždivý nebo senzibilizující účinek na kůži, je nezbytné zajistit, aby zaměstnanec byl vybaven vhodným osobním ochranným pracovním prostředkem.

Při práci s chemickou látkou, směsí nebo prachem musí být zajištěno dostatečné a účinné větrání a místní odsávání od zdroje chemické látky, směsi nebo

prachu a uplatněna technická a technologická opatření, která napomáhají ke snížení úrovně chemické látky, směsi nebo prachu v pracovním ovzduší.

### **Minimální opatření k ochraně zdraví před účinky nadměrné expozice**

Pokud v případě mimořádné události nepostačují dostupná technická opatření k omezení nadměrné expozice zaměstnance chemické látky nebo prachu na přijatelnou míru, musí být:

- a) do doby odstranění příčin stavu, který v důsledku mimořádné události vedl k nadměrné expozici chemické látky nebo prachu, na tomto pracovišti omezen počet zaměstnanců na ty, kteří provádějí nezbytné práce,
- b) zaměstnanci, který provádí práci podle písmena a), poskytnuty osobní ochranné pracovní prostředky odpovídající chemické látce nebo prachu a očekávané míře expozice,
- c) kontaminovaný prostor vymezen kontrolovaným pásmem, jde-li o mimořádnou událost spojenou s únikem chemické látky, směsi nebo prachu do pracovního prostředí a vymezení kontrolovaného pásma je účelné vzhledem k povaze uniklé látky, směsi a jejímu množství,
- d) doba expozice chemické látky nebo prachu zaměstnance, který vykonává v kontrolovaném pásmu nezbytné práce, zkrácena na co nejmenší míru,
- e) po odstranění příčin mimořádné události zajištěno kontrolní měření chemické látky, směsi nebo prachu vždy, pokud lze očekávat jejich přítomnost v pracovním prostředí i po ukončení všech opatření směřujících k likvidaci mimořádné události.

Přijatelnou mírou se rozumí snížení expozice chemické látky, směsi nebo prachu nepřekračující jejich přípustný expoziční limit, nebo jde-li o chemickou látku nebo směs, 1/3 její nejvyšší přípustné koncentrace.

Hlava IV se zabývá podmínkami ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží. Za celkovou fyzickou zátěž se považuje zátěž při dynamické fyzické práci vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty. Opět jsou zde hygienické limity, zjišťování a hodnocení celkové

fyzické zátěže, definice lokální svalové zátěže. Dále se hodnotí zdravotní riziko pracovní polohy, ruční manipulace s břemenem.

Hlava V popisuje podmínky ochrany zdraví při práci s psychickou zátěží. Práci s psychickou zátěží se rozumí práce spojená s monotonií, ve vnuceném pracovním tempu, v třísměnném nebo nepřetržitém pracovním režimu, vykonávaná pouze v noční době.

Hlava VI je spojená s podmínkami ochrany zdraví při práci se zrakovou zátěží. Práci se zrakovou zátěží se rozumí trvalá práce spojená s náročností na rozlišení detailů, vykonávaná za zvláštních světelných podmínek, spojená s používáním zvětšovacíh přístrojů, sledováním monitorů nebo se zobrazovacími jednotkami, spojená s neodstranitelným oslňováním.

Hlava VII je o podmínkách ochrany zdraví při práci s biologickými činiteli. Biologickými činiteli jsou všechny mikroorganismy, buněčné kultury a endoparaziti, kteří mohou vyvolat infekční onemocnění a alergické nebo toxické projevy v živém organismu.

Hlava VIII stanovuje zařazení bezpečnostních přestávek při práci s rizikovými faktory.

U konce toho nařízení vlády se řeší osvětlení pracovišť, hygienické požadavky na prostory pracoviště, hygienické požadavky na zásobování vodou, provedení a vybavení sanitárních a pomocných zařízení. Nás především bude zajímat větrání pracovišť, přesněji nucené větrání. [20]

### **3.1.1 Nucené větrání**

Na pracovišti musí být k ochraně zdraví zaměstnance zajištěna dostatečná výměna vzduchu přirozeným, nuceným nebo kombinovaným větráním. Množství vyměňovaného vzduchu se určuje s ohledem na vykonávanou práci a její fyzickou náročnost tak, aby bylo, pokud je to možné, zajištěno dodržování požadavků upravených v příloze č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulce č. 2 již od počátku směny. V této části je uvedeno minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště dle specifikací.



Vzduch přiváděný na pracoviště vzduchotechnickým zařízením musí obsahovat takový podíl venkovního vzduchu, který postačuje pro snížení koncentrace chemické látky pod hodnotu přípustného expozičního limitu i nejvyšší přípustné koncentrace a prachu pod hodnotu přípustného expozičního limitu. Větrací zařízení nesmí nepříznivě ovlivňovat mikrobiální čistotu vzduchu a musí být upraveno tak, aby zaměstnanci nebyli vystaveni průvanu. Při nuceném větrání musí být přiváděný vzduch filtrován a v zimě ohříván. Oběhový vzduch musí být vyčištěn tak, aby zpětný vzduch přiváděný na pracoviště neobsahoval chemickou látkou nebo prach v koncentraci vyšší než 5 % jejich přípustného expozičního limitu.

Chemická látka a prach musí být podle technických možností zachyceny přímo u zdroje. Zachycení se provede zakrytím zdroje nebo jeho vybavením místním odsáváním. Vývody odváděného vzduchu do venkovního prostoru musí být umístěny tak, aby nedocházelo k zpětnému nasávání chemické látky a prachu do prostoru pracoviště větracím zařízením. Při místním odsávání s odvodem vzduchu do venkovního prostoru musí být zajištěn přívod venkovního vzduchu tak, aby byly dodrženy požadavky na mikroklimatické podmínky a na tlakové poměry ve větraném prostoru. Přiváděný vzduch nesmí zhoršovat kvalitu pracovního ovzduší.

Větrací zařízení a zařízení k místnímu odsávání, u kterých by porucha funkce mohla způsobit vzestup koncentrace chemické látky a prachu v pracovním ovzduší, musí být vybavena signalizací chodu a signalizací poruchy řídicího systému.

Nánosy i nečistoty, které by mohly znečišťovat ovzduší pracoviště, a tím představovat riziko pro zdraví zaměstnance, musí být neprodleně odstraňovány. [20]

## 4 Ochrana ovzduší

Legislativa ochrany ovzduší prošla v České republice po roce 1990 významnými změnami. Změny spočívaly v přibližování obsahu zákona o ochraně ovzduší a z něho vycházejících emisních a imisních norem legislativě Evropské unie. Zákon o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami č. 309/1991 Sb. a jeho novela z r. 1992 stanovily zásady ochrany venkovního ovzduší před emisemi znečišťujících látek, což se zásadně promítalo do kvality ovzduší – imisní situace a depozice. V r. 2002 byl PSP ČR schválen zákon o ovzduší č. 86/2002 Sb. s platností od 6.1.2002. Tento zákon byl zrušen k 1.9.2012.

Základním právním předpisem v oblasti ochrany ovzduší je nový zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší (platný od 1.9.2012), a zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, a o fluorovaných skleníkových plynech. Oba zákony předpokládají doplnění prováděcími předpisy ve formě nařízení vlády nebo vyhlášek Ministerstva životního prostředí.

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, stanoví zejména práva a povinnosti provozovatelů zdrojů znečišťování ovzduší, nástroje ke snižování množství látek, které znečišťují ovzduší, působnost správních orgánů a opatření k nápravě a sankce. Tento zákon také nahrazuje nařízení vlády 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší a také vyhlášku č. 205/2009 Sb. o zjišťování emisí ze stacionárních zdrojů a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

Zákon č. 73/2012 Sb., upravuje práva a povinnosti osob a působnost správních úřadů při ochraně ozonové vrstvy Země a klimatického systému Země před nepříznivými účinky regulovaných látek a fluorovaných skleníkových plynů. Prováděcím právním předpisem k zákonu č. 73/2012 Sb. je vyhláška č. 257/2012 Sb., o předcházení emisím látek, které poškozují ozonovou vrstvu, a fluorovaných skleníkových plynů.

Řada povinností v oblasti ochrany ovzduší má svůj základ v předpisech Evropské unie. Jedním z nejdůležitějších je rámcová směrnice 2008/50/ES o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Dalším podstatným předpisem je směrnice 2010/75/EU o průmyslových emisích. Z hlediska ochrany ozonové vrstvy Země jsou zásadními nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1005/2009 ze dne 16. září 2010 o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, v platném znění, a

nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 ze dne 17. května 2006 o některých fluorovaných skleníkových plynech. [12], [19]

#### **4.1 Struktura zákona č. 201/20012**

V první části zákon definuje ochranu ovzduší. Ochranou ovzduší se rozumí předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší. Zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší, způsob posuzování přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší a jejich vyhodnocení, nástroje ke snižování znečištění a znečišťování ovzduší, práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy při ochraně ovzduší, práva a povinnosti dodavatelů pohonných hmot a působnost orgánů veřejné správy při sledování a snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot v dopravě.

Druhá část se zabývá znečištěním a znečišťováním. Přípustná úroveň znečištění se stanovuje pomocí imisních limitů a přípustné četnosti jejich překročení, které jsou uvedeny v příloze č. 1 k tomuto zákonu. Přípustná úroveň znečištění se nevztahuje na ovzduší ve venkovních pracovištích, do nichž nemá veřejnost volný přístup. Je zde popsáno posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění. Přípustná úroveň znečišťování je určena emisními limity, emisními stropy, technickými podmínkami provozu a přípustnou tmavostí kouře. Je zde popsáno zjišťování a vyhodnocení úrovně znečišťování. Součástí druhé části je informační systém kvality ovzduší.

Část třetí je o nástrojích ke snižování úrovně znečištění a znečišťování, v kterých je zahrnut národní program snižování emisí České republiky, program zlepšování kvality ovzduší. Dále definice pojmu smogová situace. Smogová situace je stav mimořádně znečištěného ovzduší, kdy úroveň znečištění oxidem siřičitým, oxidem dusičitým, částicemi PM<sub>10</sub> nebo troposférickým ozonem překročí některou z prahových hodnot uvedených v příloze č. 6 k tomuto zákonu za podmínek uvedených v této příloze. Novinkou v tomto zákoně oproti zákonu č. 86/2002 Sb. je zavedení tzv. nízkoemisních zón. Ve zvláště chráněných územích, lázeňských

místech nebo pokud došlo k překročení některého z imisních limitů, může obec na svém území nebo jeho části stanovit vyhláškou zónu s omezením provozu motorových silničních vozidel. Obec ve vyhlášce vymeze území nízkoemisní zóny a emisní kategorie vozidel, které mají dovolen vjezd do této zóny. Obec může dále vyhláškou stanovit, že se omezení vjezdu do nízkoemisní zóny nevztahuje na osoby s trvalým pobytem na území nízkoemisní zóny. Pro případy vzniku smogové situace může obec stanovit zvláštní podmínky provozu nízkoemisní zóny, zejména zpřísnit emisní kategorie vozidel, která mohou vjíždět do nízkoemisní zóny po dobu trvání smogové situace. Třetí část uzavírají informace o poplatcích za znečišťování.

Část čtvrtá pojednává o povinnostech osob, které uvádějí na trh paliva, stacionární zdroje o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším. Dále povinnosti osob dovážejících anebo poskytujících jiné osobě výrobky, které mají více jak 3% těkavých látek. V otevřeném ohništi lze spalovat jen suché rostlinné materiály neznečištěné chemickými látkami. Obec může spalování suchých rostlinných materiálů dále omezit či zcela zakázat obecně závaznou vyhláškou. Toto vše jsou obecné povinnosti, které se dále rozšiřují na povinnosti provozovatelů stacionárních zdrojů, kteří musí provozovat zdroj v souladu se zákonem a prováděcími právními předpisy (případně podmínkami pro provoz stanovenými výrobcem). Dále mají povinnost dodržovat emisní limity, emisní stropy, technické podmínky provozu a přípustnou tmavost kouře, spalovat pouze paliva splňující požadavky na kvalitu paliv stanovené v emisní vyhlášce, používat paliva určená výrobcem daného zdroje nebo uvedená v povolení provozu zdroje vydaným krajským úřadem, umožnit orgánům ochrany ovzduší přístup ke zdroji za účelem kontroly, provozovat jen kotle splňující 3. emisní třídu, jednou za dva roky kontrolovat technický stav a provoz u všech spalovacích zdrojů na pevná paliva o jmenovitém tepelném příkonu od 10 do 300 kW včetně. Zákon nově zakazuje spalovat ve spalovacím zdroji o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším hnědé uhlí energetické, lignit, uhelné kaly a proplátky (tzn. méně kvalitní pevná paliva). Další povinnosti, které platí pouze pro provozovatele zdrojů vyjmenovaných v příloze č. 2 k zákonu o ochraně ovzduší, jsou stanovené v §17 odst. 3. Dále se tato část zabývá biopalivy.

Část pátá je o opatřeních k nápravě a správních deliktech. V případě, že provozovatel neplní povinnosti stanovené tímto zákonem nebo povolením provozu, jsou inspekce nebo obecní úřad obce s rozšířenou působností oprávněny uložit

provozovateli provést v přiměřené lhůtě opatření ke zjednání nápravy. Pokud provozovatel opatření ke zjednání nápravy ve stanovené lhůtě neprovedl, jsou inspekce nebo obecní úřad obce s rozšířenou působností oprávněny vydat rozhodnutí o zastavení provozu stacionárního zdroje. K uložení nápravného opatření u fyzických osob je příslušný obecní úřad obce s rozšířenou působností. K uložení nápravného opatření u právnických osob a podnikajících fyzických osob v případě, že se jedná o stacionární zdroj uvedený v příloze č. 2 k tomuto zákonu, je příslušná inspekce; v případě, že se nejedná o stacionární zdroj uvedený v příloze č. 2 k tomuto zákonu, je příslušná inspekce nebo obecní úřad obce s rozšířenou působností. Správní delikty právnických a podnikajících fyzických osob jsou popsány v §25.

Část šestá vysvětluje strukturu výkonu státní správy a činnostech na podporu výkonu státní správy. Ministerstvo životního prostředí vykonává funkci ústředního správního úřadu, řídí výkon státní správy v oblasti ochrany ovzduší a rozhoduje o odvolání proti rozhodnutím vydaným inspekcí a krajskými úřady. Pod ministerstvem průmyslu a obchodu je ministerstvo zdravotnictví, inspekce ministerstva zdravotnictví, Česká obchodní inspekce, krajské úřady, obecní úřady obcí s rozšířenou působností, celní úřady.

Část sedmá upravuje přechodné režimy pro spalovací stacionární zdroje, které jsou obsaženy v přechodném národním plánu, který je popsán v §37.

Část osmá obsahuje společná (§40), přechodná (§41) a zrušovací ustanovení (§43).

V části devět je formulována účinnost, tzn. nabytí účinnosti, která je u tohoto zákona 1. září 2012, s výjimkou ustanovení uvedených pod body a), b), c) a d) v § 44, které nabudou platnosti později.

Součástí toho zákona jsou samozřejmě přílohy. [18]

## 5 Respirátory

Pro ochranu dýchacího ústrojí před netoxickými, dráždivými a toxickými, tuhými nebo kapalnými aerosoly, mikroorganismy nebo i viry je možno použít různé prostředky. Jednoduchý, ale efektivní způsob je použití respirátoru, jehož správné technické označení je filtrační polomaska. Tento způsob ochrany může být vysoce účinný, je však třeba vědět něco více o různých typech a způsobu používání filtračních polomasek. Mohou je používat i alergici na ochranu před dráždivými pyly apod. Na první pohled je možno odlišit dva základní typy - varianta bez vydechovacího ventilku a s vydechovacím ventilkem. Při volbě provedení s vydechovacím ventilkem se bude polomaska méně ohřívat a zvlhčovat vydechaným vzduchem, její použití bude příjemnější a také vhodnější pro fyzicky namáhavé práce, kdy se zvyšuje dechová frekvence. Variantu bez vydechovacího ventilku je možné rovněž použít pro ochranu okolí před infekčním pacientem. Dostupné jsou i polomasky s aktivním uhlím, zachycující rovněž obtěžující pachy, plyny a páry v koncentracích nepřevyšujících NPK a PEL (viz. kapitola 2.2.3. Základní definice a termíny pro hodnocení prachu). Tyto prostředky jsou obvykle určeny pro jednorázové použití. Vždy je potřeba seznámit se s návodem na jejich používání. [8]

### 5.1 Výběr filtračních polomasek – třídy a účinnost

Základem pro výběr správné filtrační polomasky je analýza rizik, která se vyskytují na místě předpokládaného použití a mohou vést k poškození dýchacích orgánů. Nelze-li rizika odstranit nebo snížit na vyhovující úroveň, je potřeba volit vhodné osobní ochranné pracovní prostředky.

Filtrační polomasky musí být vyzkoušeny v souladu s evropskou normou EN 149+A1. Z hlediska účinnosti filtrace se dělí do tří tříd – FFP1, FFP2 a FFP3.

**Stupeň ochrany P1 účinnost FFP1** – proti netoxickým pevným částicím do max. koncentrace 4x NPK/PEL

**Stupeň ochrany P2 účinnost FFP2** – proti středně toxickým částicím, včetně fibrogenních látek a azbestu do 10x NPK/PEL

**Stupeň ochrany P3 účinnost FFP3** – proti toxickým látkám včetně virů, spor, bakterií, radioaktivních látek a karcinogenů do 30-50x NPK/PEL

Základní výběr by se měl řídit podle vlastností respirátoru zařazeného do příslušné třídy dle účinnosti.

Tabulka 1 - Účinnost respirátorů podle třídy.

Třída	Filtrační účinnost materiálu	Celková účinnost ochrany	Doporučené použití (podle NPK/PEL)
FFP1	> 80%	> 78%	<b>proti netoxickému prachu</b> do koncentrace rovné cca 4 násobku NPK, pro látky, jejichž PEL je větší nebo roven 6 mg/m <sup>3</sup> (např: cement, hliník, hnědé uhlí, lignit, magnesit, popílek, prach z umělého brusiva, půdní prachy, saze, škvára, vápenec, mramor, vysokopecní struska, šamot, sisal, vlna, srst)
FFP2	> 94%	> 92%	<b>proti prachu s převážně dráždivým účinkem</b> do koncentrace rovné cca 10 násobku NPK, pro látky, jejichž PEL je větší nebo roven 0,1 mg/m <sup>3</sup> (např: bavlna, len, konopí, hedvábí, syntetická textilní vlákna, peří, mouka, tabák, čaj, káva, koření, pryskyřice, PVC, sklolaminát, dřevo)
FFP3	> 99%	> 98%	<b>proti toxickým částicím, virům, sporám, bakteriím, radioaktivnímu prachu</b> do koncentrace rovné 30 násobku (někdy až 50 násobku) NPK, pro látky, jejichž PEL je větší nebo roven 0,1 mg/m <sup>3</sup>

*Celková účinnost ochrany se stanovuje jako celkový průnik, který se skládá ze tří částí. První je průnik těsnicí linií lícnicové části, pak z průniku vydechovacím ventilem (pokud je součástí) a z průniku filtrem. Uvedené hodnoty musí při zkouškách filtrační polomaska splnit pro alespoň 8 z 10 aritmetických průměrů.*

Filtrační polomasky třídy FFP2 a FFP3 se doporučují také pro práce spojené s odstraňováním škod, například po záplavách, při likvidaci plísní apod. Prostředky zařazené do třídy FFP3 jsou nejučinnější a chrání proti virům, sporám a bakteriím. Lze je proto použít i jako velice účinnou ochranu proti nákaze chřipkou nebo jinými infekčními nemocemi. [8]

V následující tabulce jsou příklady aktivit a k nim zařazen stupeň ochrany pro bezpečnost zdraví.

**Tabulka 2 - Stupeň ochrany pro různé aktivity. (propagační materiál firmy 3M)**

<b>Aktivita</b>	<b>Stupeň ochrany</b>	<b>Důležité informace</b>	
Broušení Řezání Vrtání	Rez, kovové částice, plnivo	P1	
	Beton, kámen	P1	P2 v případě vysoké koncentrace křemene
	Cement, dřevo, ocel	P2	
	Laky, fermeže, antikoroziční nátěry	P2	P3 v případě výskytu chromanů
	Ocel, nerezová ocel	P3	
	Nátěr proti usazování spalin	P3	Určité podmínky vyžadují použití jednotek s pohonem či přívodem vzduchu
Nástřik oleje při nízké teplotě	P2		
Svařování	Měkká ocel, zinek (autogen, MG/MK)	P2	3M 9925 P2 na ochranu proti ozónu
	Nerezová ocel (elektrody)	P2	3M 9925 P2 na ochranu proti ozónu
	Pájení	P2	
Práce s azbestem	Velmi malá množství	P2	
	Od 150 000 vláken na m2	P3	S celoobličejovou maskou nebo Powerflow Plus
Práce se sklem a minerálními vlákny	P2		
Třídění odpadků	P3	ABEKP3 proti barvám, bakteriím, sporám	
Stříkání	Nástřik barev	P2	A2P2 proti zbytkům rozpouštědel a zápachům
	Pesticidy (rozpuštěné ve vodě)	P2	
Technická údržba (např. výměna filtru)	P3		
Alergie	Pyl	P1	
	Obilný prach	P2	
Kontakt s látkami	Plíseň - houba	P2	
	Bakterie	P2	P3 v případě tuberkulózy
	Výfukové plyny (Dieselové motory)	P2	



## 5.2 Označení filtračních polomasek

Na každé filtrační polomasce musí být označení CE, kterým výrobce informuje uživatele, že prostředek byl posouzen podle požadavků příslušné evropské směrnice. Označení CE musí být vždy doplněno identifikačním číslem notifikované osoby (zkušebny), která kontroluje výrobu. Dále musí být na výrobku obchodní název nebo logo výrobce, typ filtrační polomasky, označení filtrační třídy a číslo normy ČSN EN 149:2001+A1:2009. Zkoušky výkonnosti podle této normy zahrnují propustnost filtru, zátěžový test, hořlavost, nádechový odpor a celkový průnik do vnitřního prostoru. Opětovně použitelné respirátory se testují také s ohledem na čištění, skladování a povinně také na odolnost proti zanášení (u jednorázových výrobků je zkouška zanášení volitelná). Plné znění normy EN149:2001+A1:2009 lze získat od národního normalizačního úřadu.

Výrobek musí být vždy doplněn návodem na používání. V návodu musí být srozumitelně popsány vlastnosti filtrační polomasky a způsob použití. [8]



Obrázek 1 – označení na filtračních polomaskách [8]

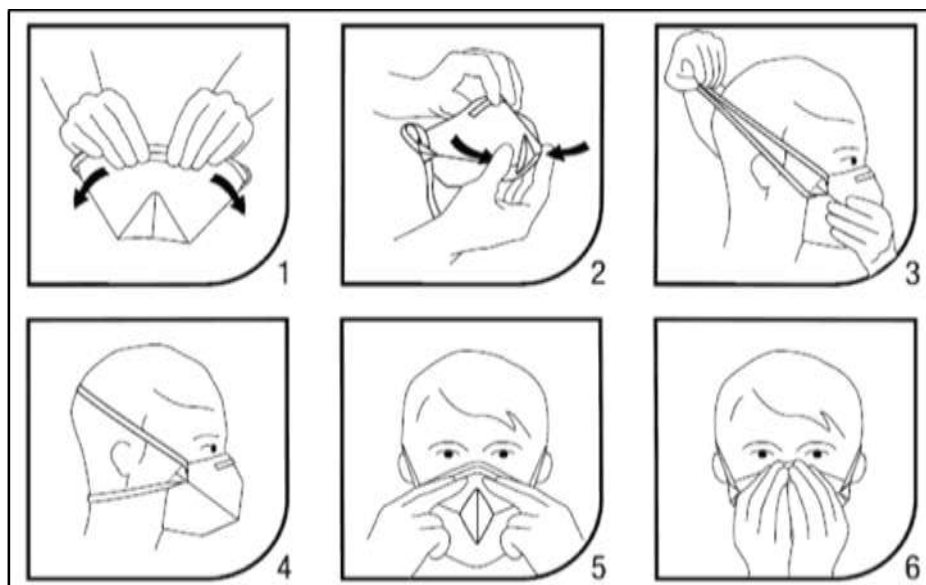
## 5.3 Zásady pro správné nasazení filtrační polomasky

Při používání filtračních polomasek k ochraně dýchacího ústrojí je nejdůležitější jejich správné nasazení. V opačném případě se celková účinnost ochrany jinak vynikající polomasky podstatně zhorší. Respirátor tak nebude uživatele řádně chránit, neboť netěsnostmi kolem těsnicí linie bude do plic pronikat okolní vzduch. Ochranné vlastnosti může podstatně zhoršit i několikadenní strniště vousů u mužů. Pro správné utěsnění má většina polomasek v oblasti nosu lehce tvarovatelný pásek, který umožní lépe přizpůsobit těsnicí linii obličeji uživatele a tím zaručit účinnost prostředku. [17]

### 5.3.1 Nasazení filtrační polomasky

Správné nasazení představuje největší rezervu v její funkčnosti a lze jím celkovou účinnost filtrace značně ve špatném směru ovlivnit (z polomasky třídy FFP3 se tak snadno může stát polomaska třídy FFP1). Při nasazování je nutné dbát na správnou polohu polomasky. Postup nasazování filtrační polomasky:

- 1) Dokud je polomaska složená, vytvarujte nosní část dle Obr. 2.
- 2) Rozložte respirátor, zatlačte na střední díl a stiskněte dva body k sobě, jak je znázorněno na obrázku.
- 3) Uchopte polomasku jednou rukou tak, aby jeho otevřená strana směřovala k obličejí. Druhou rukou uchopte oba upínací pásy. Přidržte masku pod bradou, s nosní částí směrem nahoru a přetáhněte oba upínací pásy přes hlavu.
- 4) Uložte horní upínací pásek přes hlavu a dolní pásek pod uši. Upínací pásy nesmí být zkroucené.
- 5) Oběma rukama současně vytvarujte nosní svorku podle spodní části nosu tak, aby byla maska správně a těsně usazená. Použijete-li k vytvarování svorky pouze jednu ruku, může se snížit účinnost polomasky.
- 6) Před vstupem na pracoviště je třeba zkontrolovat těsnost nasazení polomasky na obličejí. [17]



Obrázek 2 - nasazení filtrační polomasky [17]

### 5.3.2 Kontrola nasazení filtrační polomasky

Kontrola nasazení filtrační polomasky se provádí podle následujících pokynů:

- 1) Opatrně zakryjte přední část polomasky oběma dlaněmi tak, abyste neporušili její nasazení.
- 2) (a) Polomaska BEZ VENTILKU – prudce VYDECHNĚTE;  
(b) Polomaska S VENTILKEM – prudce se NADECHNĚTE.
- 3) Pokud k nosu proniká vzduch, upravte nosní svorku, abyste netěsnost eliminovali. Znovu prověřte těsnost podle uvedeného postupu.
- 4) Pokud vzduch proniká kolem okrajů polomasky, utáhněte pásky dozadu podél hlavy a eliminujte tak netěsnost. Znovu prověřte těsnost podle uvedeného postupu.

Pokud se vám nedaří polomasku řádně utěsnit, NEVSTUPUJTE do nebezpečné oblasti. Všichni, kdo používají filtrační polomasky, by měli být přezkoušeni z hlediska používání prostředků k ochraně dýchacích orgánů v souladu s národními předpisy. [17]

### 5.4 Likvidace filtračních polomasek

Kontaminované výrobky je třeba zlikvidovat jako nebezpečný odpad v souladu s místními předpisy. [17]

## **5.5 Materiály respirátorů**

Při výrobě jednotlivých částí filtračních polomasek proti částicím jsou používány tyto materiály:

- Upínací pásky - termoplastický elastomer
- Nosní svorka - ocel / plast
- Filtr - polypropylén
- Ventilek - polypropylén
- Membrána ventilku - polyizopren
- Pěnová vložka v místě nosu - polyuretan

Použité materiály na výrobu filtrační polomasky se mohou lišit dle výrobce. Přesný výrobní postup samotného filtru a jeho složení je výrobním tajemstvím každé firmy.

## 6 Pomůcky pro měření

K samotnému měření bylo nutné nějakým způsobem simulovat tvar lidské hlavy a další nezbytnou pomůckou byl samotný přístroj DustTRAK 8530.

### 6.1 Polystyrenová hlava

Jak jsem již psal v úvodu této kapitoly, bylo nutné simulovat tvar lidské hlavy, tzn. vyrobit polystyrenovou hlavu, která bude mít v zadní části otvor pro impaktor (vzorkovací hlava). Tento otvor povede skrz hlavu až do přední části, kde bude umístěn impaktor. Ten bude krytý filtrační polomaskou.

#### 6.1.1 Materiály a nástroje na výrobu polystyrenové hlavy

K výrobě polystyrenové hlavy jsem použil tyto materiály a nástroje:

- polystyrenové desky tloušťky 100mm
- konstrukční lepidlo Soudal 60A
- modelářský tmel Micro Fill
- aplikační pistole
- modelářský nůž
- smirkové plátno
- barva Balakryl

#### 6.1.2 Postup výroby polystyrenové hlavy

**Výroba podstavce** spočívala ve slepení dvou polystyrenových desek tloušťky 100mm. K lepení jsem použil konstrukční lepidlo Soudal 60A, které je vhodné pro lepení dřeva či polystyrenu. Lepidlo je průhledné barvy a v průběhu vytvrzování napěňuje, tzn. zvětšuje svůj objem 2x až 3x, tím se dosáhne tenčí spáry a zároveň lepidlo méně prosakuje. Aplikační pistolí jsem nanesl pruhy lepidla po vrchní straně desky a druhou desku na tuto stranu přiložil. Desky bylo nutné stlačit po dobu zhruba tří hodin. Stlačení lepených dílů během vytvrzování zvyšuje výslednou pevnost lepeného spoje. Po vytvrzení jsem rohy desek seříznul modelářským nožem. Nůž musí být velmi ostrý, aby nedocházelo ke drolení polystyrenu. Poté následovalo

přebroušení pomocí smirkového plátna. Takto opracované desky jsem přetmelil modelářským tmelem Micro Fill, jedná se o tmel, který je jednosložkový, velmi lehký, čiré barvy. Při nanášení tmelu se musí dbát na to, aby byl tmel vlhký, jinak se drobí. Po zaschnutí tmelu následovalo opět přebroušení a finální úpravou bylo natření na modrou barvu značky Balakryl.

**Výroba hlavy** byla technologií postupu stejná jako podstavce. Rozdíl byl pouze v použití čtyř polystyrenových desek tloušťky 100mm. Při vyřezávání tvaru hlavy nastal problém v provedení, zda vytvarovat nos či ne. Nakonec jsem se rozhodl nos netvarovat a to z důvodu lepšího přilnutí filtrační polomasky k hlavě a dále kvůli umístění impaktoru. Přilnavost byla důležitým faktorem pro přesné měření hodnot hmotnostní koncentrace polétavého prachu. Po slepení polystyrenových desek následovalo hrubé vyříznutí otvoru procházejícího skrz hlavu, který se dále opracovával pomocí smirkového plátna na potřebný tvar.

## 6.2 Příklad DustTRAK 8530

Příklad DustTRAK 8530 umožňuje provádět průběžné měření „on-line“ prachových částic  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$ . Podstatou metody je prosávání vzduchu zařízením s filtrem, na němž se zvolená velikostní frakce polétavého prachu kvantitativně zachytí.

Vstupním zařízením je impaktor (vzorkovací hlava), který zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu. Vzorek prachu je získán prosáváním zkoumaného ovzduší přístrojem. Před každým odběrem je nutné vždy provést kalibraci nuly. Průtoková rychlost musí být dodržena shodně po celou dobu odběru na hodnotě  $3,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Hodnoty koncentrace prachu lze zaznamenávat v intervalu 1 sekunda až 1 hodina ve formátu  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Lze měřit v rozměrech  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  (vyžadují samostatná měření, protože se mění vstupní impaktor). Tyto rozměry jsou vymezeny tryskami pro danou velikost. Hodnoty jsou ukládány do paměti a příslušným softwarem jsou stahovány pro další zpracování. Doporučuje se, aby pro dosažení nejlepší přesnosti měření byla okolní teplota v rozsahu  $15 - 30^\circ\text{C}$  a relativní vlhkost  $20 - 45\%$ .

Příklad je vybaven vnitřním zdrojem – lithiovou baterií, která musí být před měřením nabita (nabíjí se minimálně hodinu). Pokud je v místě měření síťový zdroj,

lze přístroj zapojit do sítě prostřednictvím AC adaptéru a přívodními kabely. Zásuvka je na pravé části přístroje.

### 6.2.1 Ovládání přístroje a odečet hodnot z obrazovky

Po zapnutí přístroje tlačítkem nad obrazovkou se objeví úvodní logo TSI a potom obrazovka základního Menu, na níž jsou dotyková pole pro provedení přípravy měření.

- a) Dotykem stylusu (speciální tužkou) nebo koncem prstu se aktivuje *Setup* a objeví se ovládací políčka svisle vlevo, na modré obrazovce se zobrazí údaje o měřícím přístroji
- b) Dotykem se aktivuje Zero Cal (kalibrace nuly se musí provést před každým použitím!) to vyžaduje, aby byl před zahájením kalibrace 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 odpočítávání 60 sekund. Po ukončení kalibrace se objeví „Zero Cal Complete“
- d) Odstraní se nulovací filtr
- e) 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
- f) 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 měřící přístroj (pryžový kroužek). Spodní a horní část je spojena závitem. Záchytná destička se vkládá do spodní části stříbrnou stranou nahoru.
- g) 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.

- h) Dotykem na políčko Stats se v pravé části zobrazí hodnoty minimální, maximální a průměrné
- i) Dotykem na tlačítko Graph se zobrazí graf, na jehož ose x je čas v sekundách a na ose y jsou hodnoty prachových částic
- j) Dotykem na tlačítko Data lze hodnoty uložit pod názvem souboru (Filename), který byl předtím zvolen
- k) Vypnutí přístroje se provede tlačítkem, kterým byl zapnut, stiskne se políčko Yes a přístroj se po chvíli vypne

### 6.3 Filtrační polomasky

Při měření jsem použil dva typy filtračních polomasek:

#### **Filtrační polomaska třídy P1**

Jedná se o hygienickou roušku, cena 4,50 Kč. Tuto roušku jsem použil pouze v případě provozu č. 1 a č. 2.



Obrázek 3 - hygienická rouška, [www.blyth.cz](http://www.blyth.cz)

#### **Filtrační polomaska třídy P2**

Je tvořena filtrem FFP2 (stupeň ochrany P2) proti tuhým částicím a kapalným částicím do 12násobku NPK-P. Má tvarovatelnou nosní výztuhu a vnitřní pěnovou výztuhu pro dokonalou těsnost. Bezpečné dosednutí na obličej zajišťují plně přizpůsobivé upínací pásky. Filtrační polomaska je opatřena vydechovacím ventilkem. Cena 29 Kč. Tuto filtrační polomasku jsem použil v případě provozu č. 1.





**Obrázek 4 - filtrační polomaska značky Spiro s vydechovacím ventilkem, [www.canis.cz](http://www.canis.cz)**

## **7 Vlastní měření koncentrace poléhavého prachu**

### **7.1 Provoz č. 1 – Osiva Boršov s.r.o., pobočka České Budějovice**

Firma Osiva Boršov s.r.o. se již dlouho dobu specializuje na osiva a sadby domácích i zahraničních odrůd. V jejich nabídce najdete obiloviny, luskoviny, sóju luštinou, lupinu, inokulanty (očkovací látky pro plnohospodářské plodiny), olejninu, jeteloviny, trávy, kukuřici, ostatní plodiny jako len setý, kapustu krmnou, mák setý, řepu krmnou a další.

K přednostem této firmy patří míchání travních směsí, které byly předmětem i mého měření. Travní směsi lze rozdělit na:

- parkovou směs
- hřištní směs
- luční směs trvalou
- polopozdní pastevní směs
- jetelotravní směs
- směs na rychlé ozelenění

Každá směs je míchána z několika druhů trav. Při mém měření se míchala hřišťová směs. Tato směs je především složena z jílku vytrvalého, lipnice luční a dále pak z menšího zastoupení ostatních trav jako kostřavy červené trsnaté, psinečku tenkého, pohánky hřebenité a dalších. Přesné procentuelní složení bohužel popsat nemohu, jelikož je to výrobním tajemstvím firmy.

V dnešní době je čištění zrn na vysoké úrovni a pohybuje se okolo 96-98%. Zbývá 4-2 % tvoří části plev, pluch, plušek, osin či drobných částí klasů, které nebyly odstraněny čištěním. Při samotném míchání dochází k otěru jednotlivých zrn a vznikají tak částice, které jsou při pytlování emitovány do vzduchu a tvoří prach.

#### **7.1.1 Budova pro míchání trav**

Budova byla rozdělena na dvě patra, v horním patře byly uskladněny pytle s jednotlivými komponenty travních směsí a dále otvor pro sypání do míchačky trav. Spodní patro obsahovalo opět pytle, nyní již s namíchanou směsí trav a samostatné pytlovací zařízení. Pytle se pod násypku dávaly ručně, takže zaměstnanec byl vystaven stálému kontaktu s prachovými částicemi.



Obrázek 5 – přízemí budovy



Obrázek 6 – 1. patro budovy

### 7.1.2 Umístění měřicího přístroje

Umístění přístroje jsem volil podle největšího výskytu prachových částic, tzn. při pytlování namíchané směsi trav do pytlů. Při měření jsem také zaznamenal hodnoty, které jsou běžné v objektu, když se směsi trav nemíchají.

### 7.1.3 Jednotlivá měření

Měření se uskutečnilo 2.5.2012. Všechna měření probíhala 60 sekund.

- 1. měření** probíhalo asi půl hodiny po prvním pytlování, které dělal zaměstnanec firmy Osiva Boršov s.r.o. bez naší přítomnosti. Prachové částice měly být z větší části již usazeny. Toto měření představuje hodnoty, které jsou v objektu běžné a normálně se vyskytující. Lze je v pracovní době považovat za minimální.

V následující tabulce 3 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polévatého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

Tabulka 3 – podmínky měření a naměřené hodnoty

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
21,2	32,5	2,93	1,69	0,868

V následující tabulce 4 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polévatého prachu velikosti PM<sub>2,5</sub>.

Tabulka 4 – podmínky měření a naměřené hodnoty

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
21,2	32,5	1,37	1,12	0,583

- 2. měření** probíhalo při pytlování bez použití filtrační polomasky. Při pytlování je pytel nasazen na trychtýř, kterým padá do pytle již namíchaná směs. Pytel je k trychtýři stáhnut pomocí řemenu. Při plnění pytle drobné částice prachu prolétávají skrze oka v pytli. K dalšímu značnému prášení dochází při uvolňování pytle, kdy po odepnutí řemenu pytel padá z výšky 30 cm na

rudlík. Prach je tímto dopadem zvržen do vzduchu, přímo do obličeje pracovníka, který s pytlkem manipuluje.

V následující tabulce 5 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

**Tabulka 5 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
21,2	32,5	19,9	9,56	4,81

V následující tabulce 6 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>2,5</sub>.

**Tabulka 6 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
21,2	32,5	7,67	3,92	1,86



**Obrázek 7 – měření hodnot při pytlování, bez použití filtrační polomasky**

3. **měření** probíhalo při pytlování s použitím filtrační polomasky. Toto měření lze rozdělit na měření koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> za použití filtračních polomasek třídy P1 a P2.

V následující tabulce 7 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub> při použití filtrační polomasky třídy P1.

**Tabulka 7 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

<b>Teplota vzduchu (°C)</b>	<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	<b>Maximální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Průměrná hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Minimální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>
21,2	32,5	3,99	2,86	1,56

V následující tabulce 8 jsou uvedeny maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>2,5</sub> při použití filtrační polomasky třídy P1. Hodnoty teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu jsou stejné.

**Tabulka 8 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

<b>Maximální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Průměrná hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Minimální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>
2,60	1,35	0,828

V následující tabulce 9 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub> při použití filtrační polomasky třídy P2.

**Tabulka 9 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

<b>Teplota vzduchu (°C)</b>	<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	<b>Maximální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Průměrná hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Minimální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>
21,2	32,5	5,89	3,57	1,28

V následující tabulce 10 jsou uvedeny maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polévatého prachu velikosti  $PM_{2,5}$  při použití filtrační polomasky třídy P2. Hodnoty teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu jsou stejné.

**Tabulka 10 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

<b>Maximální hodnota <math>PM_{10}</math> (<math>mg \cdot m^{-3}</math>)</b>	<b>Průměrná hodnota <math>PM_{10}</math> (<math>mg \cdot m^{-3}</math>)</b>	<b>Minimální hodnota <math>PM_{10}</math> (<math>mg \cdot m^{-3}</math>)</b>
2,53	1,73	0,754



**Obrázek 8 – polystyrenová hlava pro měření s použitím filtrační polomasky**

## 7.2 Provoz č. 2 – Delacon s.r.o. – Stošíkovice

Firma Delacon se zabývá využitím potenciálu látek obsažených v rostlinách pro účely krmení jednotlivých druhů hospodářských zvířat. Hlavním cílem společnosti je rozvíjet a zkvalitňovat kompletní služby v rámci výživy hospodářských zvířat. Dále se firma zabývá řešením snižování emisí amoniaku v chovatelských zařízeních (produkty jsou zařazeny na tzv. BAT listinu "Seznam biotechnologických přípravků pro snížení emisí amoniaku"), hygienou výrobního procesu vajec, drůbežního a vepřového masa, hygienou stájového prostředí, ošetřením kejdy a podestýlky. V nabídce má také přípravky ke konzervaci objemných krmiv, v rámci hygieny krmiv nabízí přípravky proti plísním a na adsorpci mykotoxinů. Ke všem těmto přípravkům poskytuje poradenství a služby včetně montáže aplikačních zařízení.

Při mé návštěvě firmy Delacon probíhal výzkum produktu FRESTA<sup>®</sup> F Plus, který slouží ke zlepšení užitkovosti všech kategorií prasat a telat. Tento produkt zlepšuje příjem krmiva, stravitelnost a využití živin a redukuje tvorbu amoniaku. Dále způsobuje intenzivnější růst, zlepšuje konverzi krmiva, zlepšuje zdravotní stav zaživacího ústrojí, snižuje úbytek hmotnosti během laktace u prasnic, zlepšuje kondici prasnic po odstavu, zkracuje inseminační interval, zlepšuje zabřezávání a četnost vrhu, snižuje tvorbu amoniaku v zaživacím ústrojí i kejdě.

Jedná se o fyto-genní krmné aditivum, které je složeno výlučně z účinných látek rostlin, neboť tyto látky stimulují činnost chuťových a čichových receptorů. Složení těchto aditiv je přizpůsobeno specifickým požadavkům a vlastnostem jednotlivých kategorií hospodářských zvířat. Mezi základní složky patří například silice, saponiny, hořké látky, flavonoidy a některé další. Mechanismus účinku je založen na synergickém efektu a komplexním působení jednotlivých složek. Technologie mikroenkapsulace zajišťuje dokonalou stabilitu výrobků v procesu výroby a použití krmiv.

Předmětem měření se tedy stal produkt FRESTA<sup>®</sup> F Plus, který se přidává do šrotu. Detailní složení a jednotlivé procentuelní zastoupení složek nemohu popsat, jedná se o výrobní tajemství.



### 7.2.1 Budova pro výzkumný výkrm prasat

Budova byla řešena jako jednopatrová. Uvnitř se nacházely kanceláře pracovníků firmy Delacon. Část budovy určená k výzkumu byla na začátku opatřena desinfekční rohoží pro očištění podrážek bot. Je to z důvodu ochrany prasat před onemocněním z vnějšího prostředí. Poté následovala chodba, z které vedly dveře do jednotlivých místností, kde byla prasata ustájena. Místnosti byly dvou kategorií a to pro 4 či 6 prasat. Všechny místnosti byly připojeny na vzduchotechniku, tudíž byly ve všech místnostech téměř 100% shodné podmínky. V chodbě byly u každé místnosti obrazovky, kde byly udány parametry jako teplota, vlhkost, průtok vzduchu. Parametry se daly ručně regulovat podle potřeby.



**Obrázek 9 – panel s obrazovkou pro kontrolu parametrů pro každou místnost**

Prasata byla ustájena vždy po třech v kotci. Kotec byl vybaven roštovou podlahou pro odvod tekutých i tuhých výkalů. Součástí kotce bylo i krmítko se žlabem. Krmení bylo dopravováno do krmítka pneumaticky pomocí dopravního potrubí, které bylo umístěno ve stropní části. Prasata byla v dobré kondici, reagovala na veškeré podněty, stáří prasat bylo mezi 6-9 měsíci.

## 7.2.2 Umístění měřicího přístroje

Přístroj byl umístěn v těsné blízkosti krmítka se žlabem, do kterého se sypal šrot s produktem FRESTA<sup>®</sup> F Plus.



Obrázek 10 – umístění měřicího přístroje Dust TRAK 8530

## 7.2.3 Jednotlivá měření

Měření se uskutečnilo 4.10.2012.

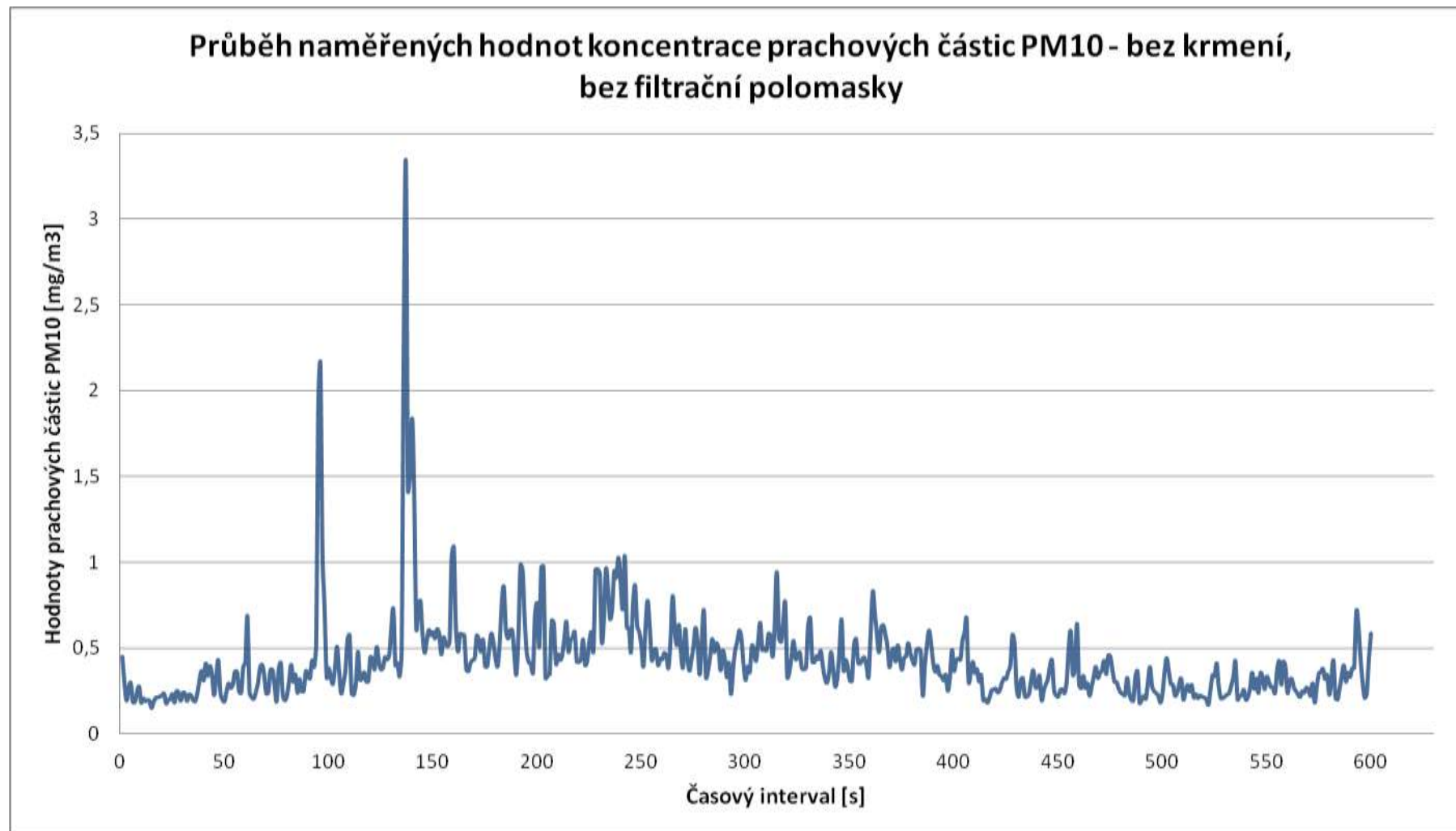
- 1. měření** probíhalo bez krmení. Při příchodu do místnosti, kde byla prasata umístěna, jsem je vyrušil z jejich odpočinku. Prasata začala být neklidná, jelikož na mou osobu nebyla zvyklá a nevěděla, co mají očekávat. Po chvíli se prasata uklidnila a já mohl začít s měřením. V místnosti jsem si také všimnul velkého počtu much, které posedávaly na prasatech, krmném žlabu a po umístění měřicího přístroje i na něm. Měření probíhalo 10 minut. Prasata se při měření téměř nehýbala, ležela na roštové podlaze a odpočívala.

V následující tabulce 11 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polévatého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

**Tabulka 11 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

<b>Teplota vzduchu (°C)</b>	<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	<b>Maximální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Průměrná hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Minimální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>
21,6	47,2	3,33	0,431	0,154

V grafu (Obrázek 11) na následující stránce vidíme poměrně stálý průběh koncentrace prachu až na nějaké výchyly, kdy došlo pravděpodobně k nasátí větších částic impaktorem.



Obrázek 11 – průběh naměřených hodnot koncentrace prachových částic PM10

2. **měření** probíhalo již v době krmení (pro jeden kotec) a bez filtrační polomasky. Prasata dostávala krmení vždy pro jeden kotec, tzn. 2 prasata byla krmena, zbylá dvě čekala na své krmení. Prasata byla zvyklá na tento způsob krmení a nezpůsobovalo to v místnosti stres či nervozitu prasat, která nedostala krmení. Měření probíhalo opět 10 minut.

Na následujícím obrázku je patrná prašnost způsobena plněním krmného žlabu a lehkostí jednotlivých složek šrotu.



**Obrázek 12 – zaprášený měřicí přístroj Dust TRAK 8530 po 2. měření**

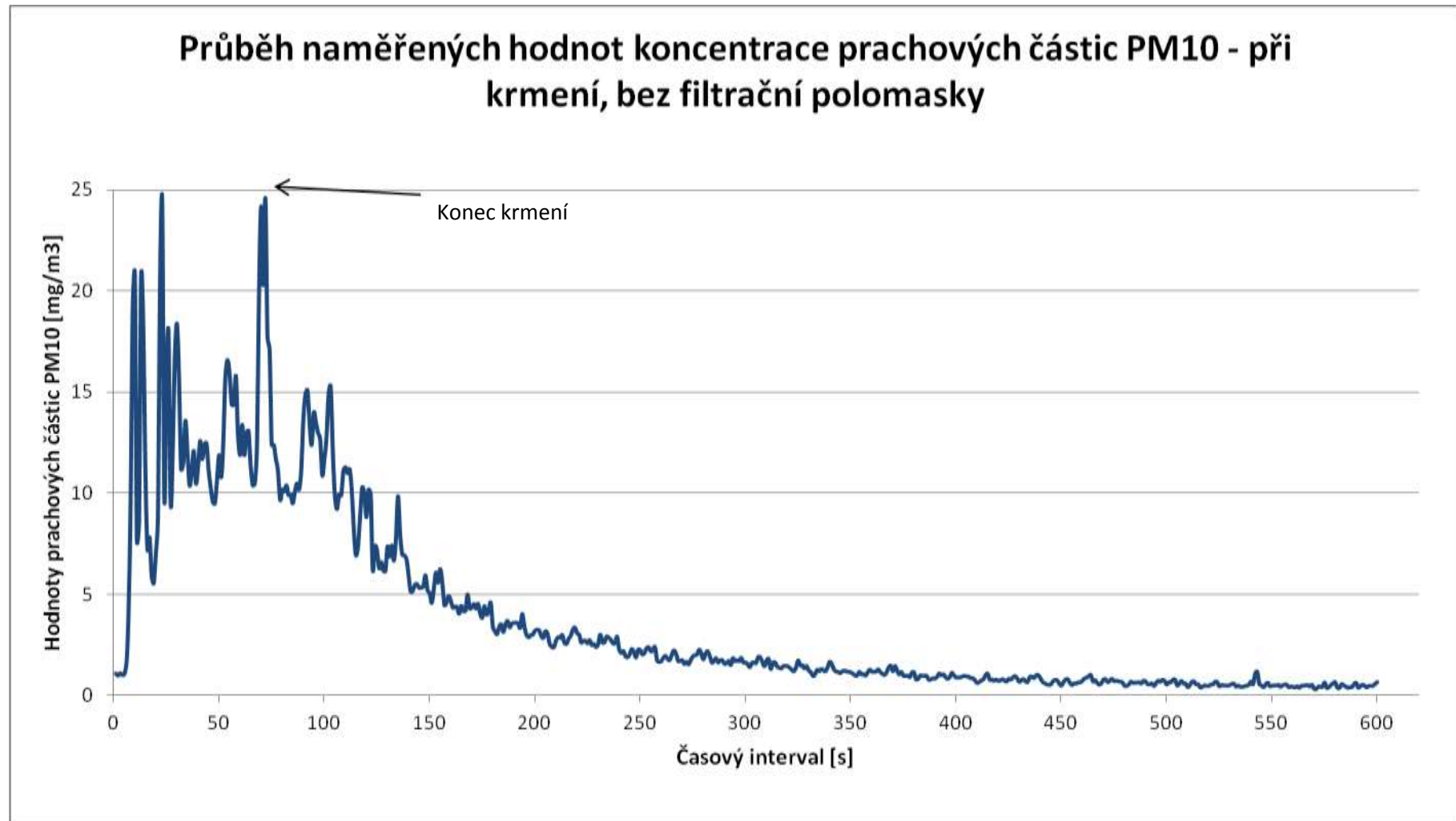
V následující tabulce 12 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

**Tabulka 12 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
22,9	47	24,6	3,84	0,327

V grafu (Obrázek 13) na následující stránce vidíme rapidní nárůst koncentrace prachových částic PM<sub>10</sub>. Během pár vteřin na počátku, bylo vše

v podobné koncentraci jako při 1. měření. Pak následuje prudký vzestup prachových částic. Tento trend je udržován po celou dobu krmení (cca 80-90 vteřin). Poté se koncentrace pomalu snižuje, je to dáno usazováním částic rozptýlených ve vzduchu díky gravitaci. Během samotného měření se mi ztěžka dýchalo, byl to pocit, jako když si dáte ruku přes nos a ústa a snažíte se nadechnout.



Obrázek 13 - průběh naměřených hodnot koncentrace prachových částic PM10



3. měření probíhalo stejně jako 2. měření, tzn. při krmení bez filtrační polomasky se dvěma rozdíly. První rozdíl byl v měření obou krmení za sebou (pro celou místnost – 2 kotce) a druhý v době měření, kterou jsem musel upravit na 15 minut, kvůli zaznamenání obou krmení do jednoho grafu. Při tomto měření se mi dýchalo jako v předchozím případě obtížně. Znatelné bylo i samotné zaprášení samotného přístroje. Po skončení 15 minut bylo čtení hodnot z obrazovky jen stěží čitelné. Na následující fotce je stav koncentrace prachových částic PM<sub>10</sub> před začátkem krmení pro první žlab.



**Obrázek 14 – měření hodnot před spuštěním krmení**

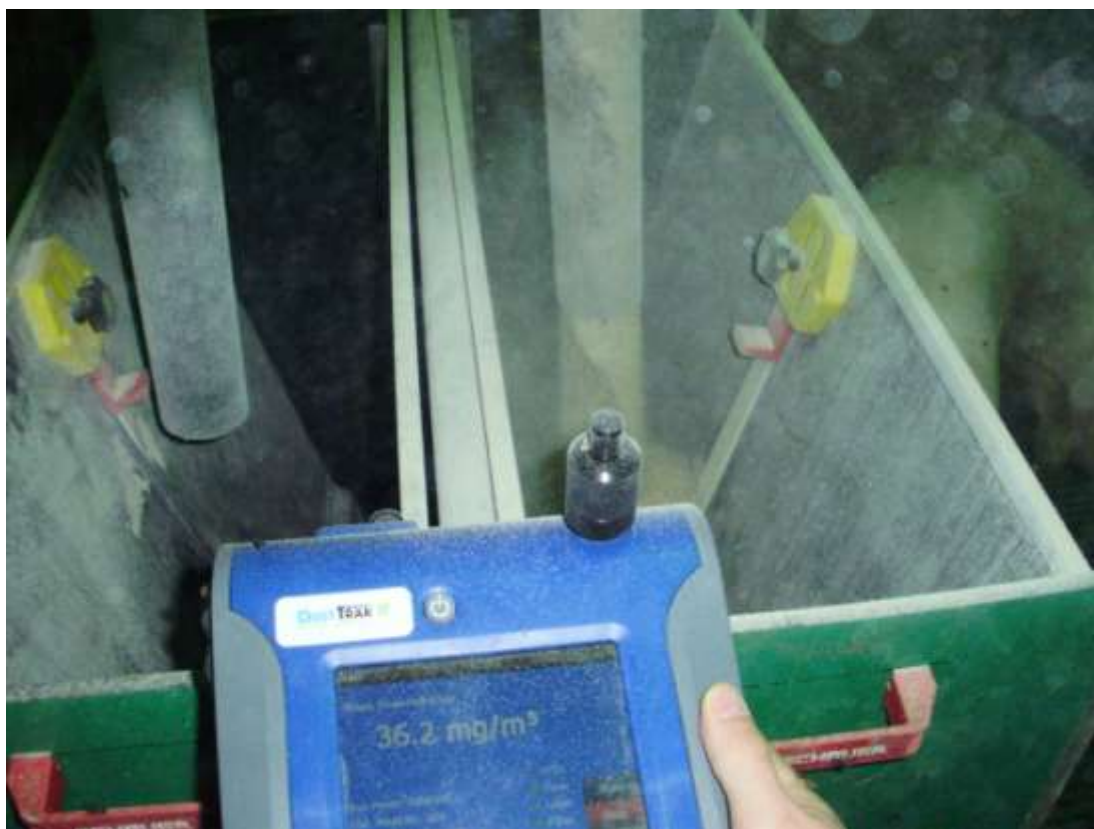
V následující tabulce 13 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

**Tabulka 13 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
23,6	46,5	92,9	6,58	0,178



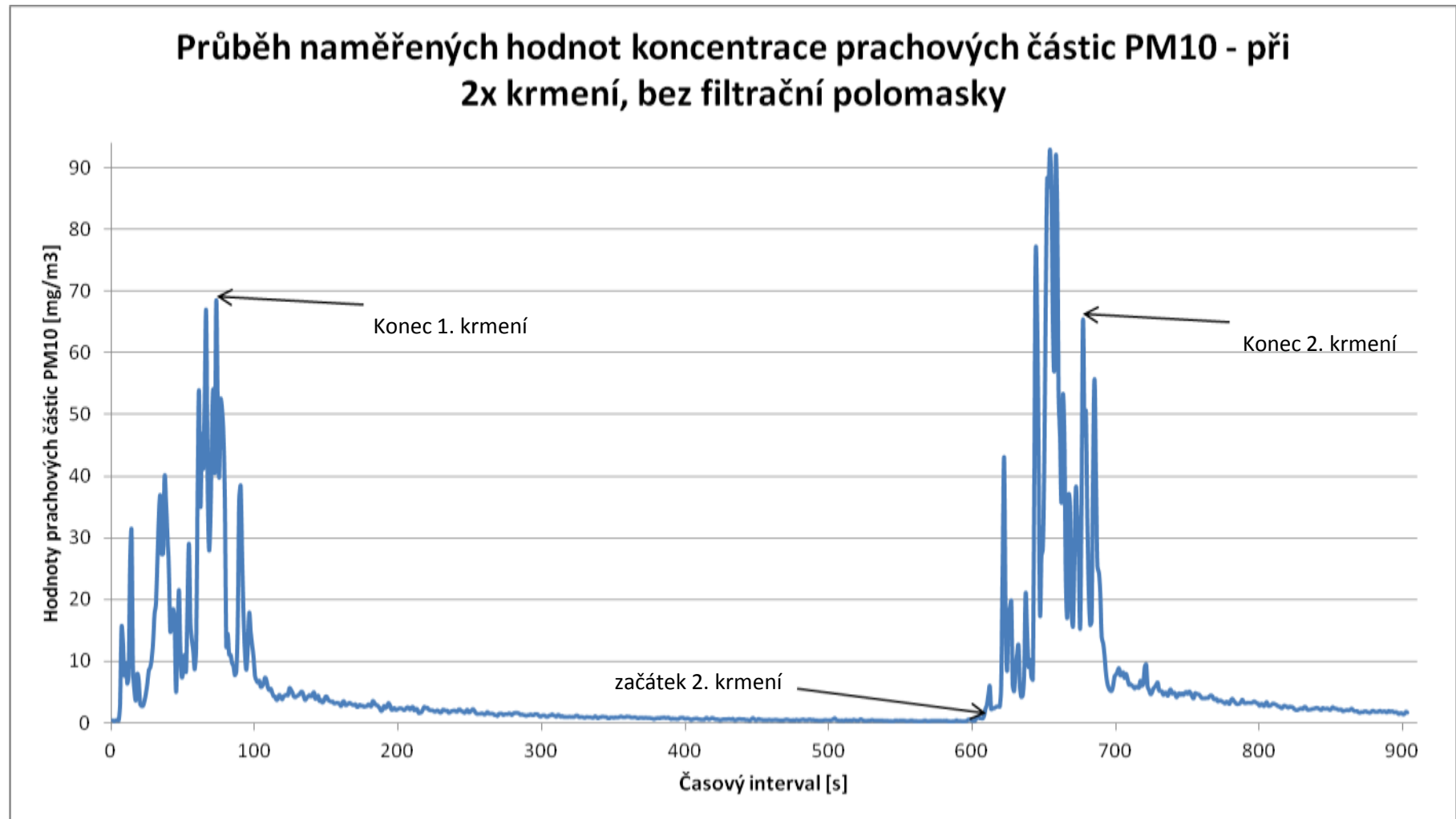
Již z tabulky je patrné, že maximální hodnota oproti 2. měření je téměř čtyřnásobná a průměrná hodnota je dvojnásobná při zachování stejných podmínek měření.



**Obrázek 15 – měření hodnot během krmení**

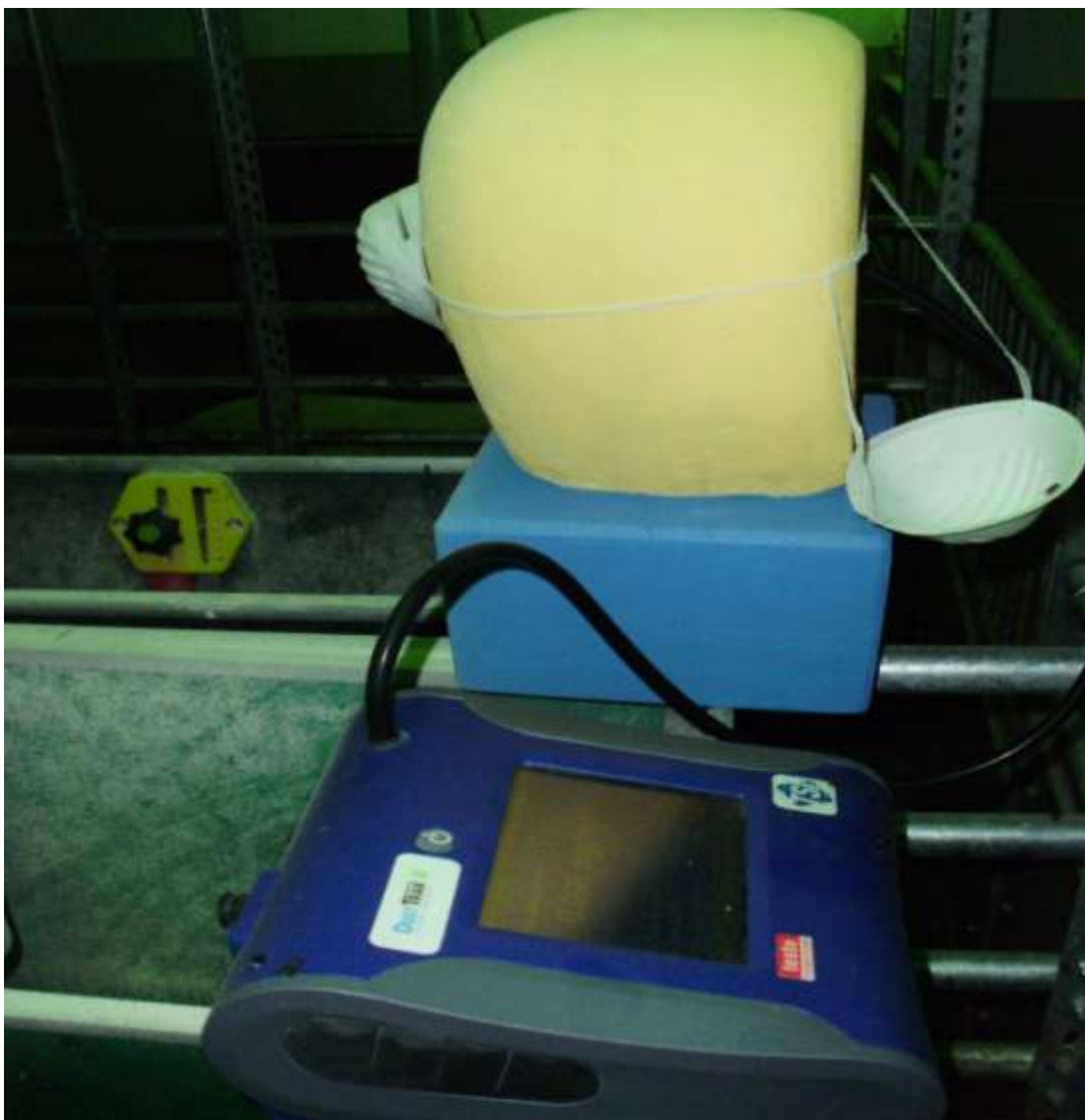
V následujícím grafu (Obrázek 16) vidíme nárůst koncentrace prachových částic  $PM_{10}$  tak jako při 2. měření. Doba 1. krmení byla opět stejná cca 80-90 vteřin. Poté koncentrace pomalu opadávala. Při 600 sekundách započalo druhé krmení. Nárůst koncentrace prachových částic má podobný průběh jako u prvního krmení, poté koncentrace mírně opadla (dáno menším přísunem krmiva) a poté následuje opět veliký vzrůst koncentrace. Bylo to zapříčiněno zvětšeným přísunem krmiva, které mělo předtím menší výpadek. Jeho kinetickou energií došlo k většímu rozvíření krmiva, které bylo již ve žlabu. Druhé krmení trvalo opět zhruba 90 vteřin. Po ukončení krmení došlo k poklesu koncentrace prachových částic.

Koncentrace prachových částic klesá přibližně 8 minut, než se dostane opět na původní hodnotu viz. 1. měření.



Obrázek 16 - průběh naměřených hodnot koncentrace prachových částic PM10

4. měření probíhalo stejně jako 3. měření s jedním rozdílem, použitím filtrační polomasky s filtrem FFP1, třídy účinnosti P1. Při tomto měření se mi dýchalo jako v předchozím případě obtížně. Přístroj však zaznamenal výrazný rozdíl v naměřených hodnotách koncentrace prachových částic PM<sub>10</sub>.

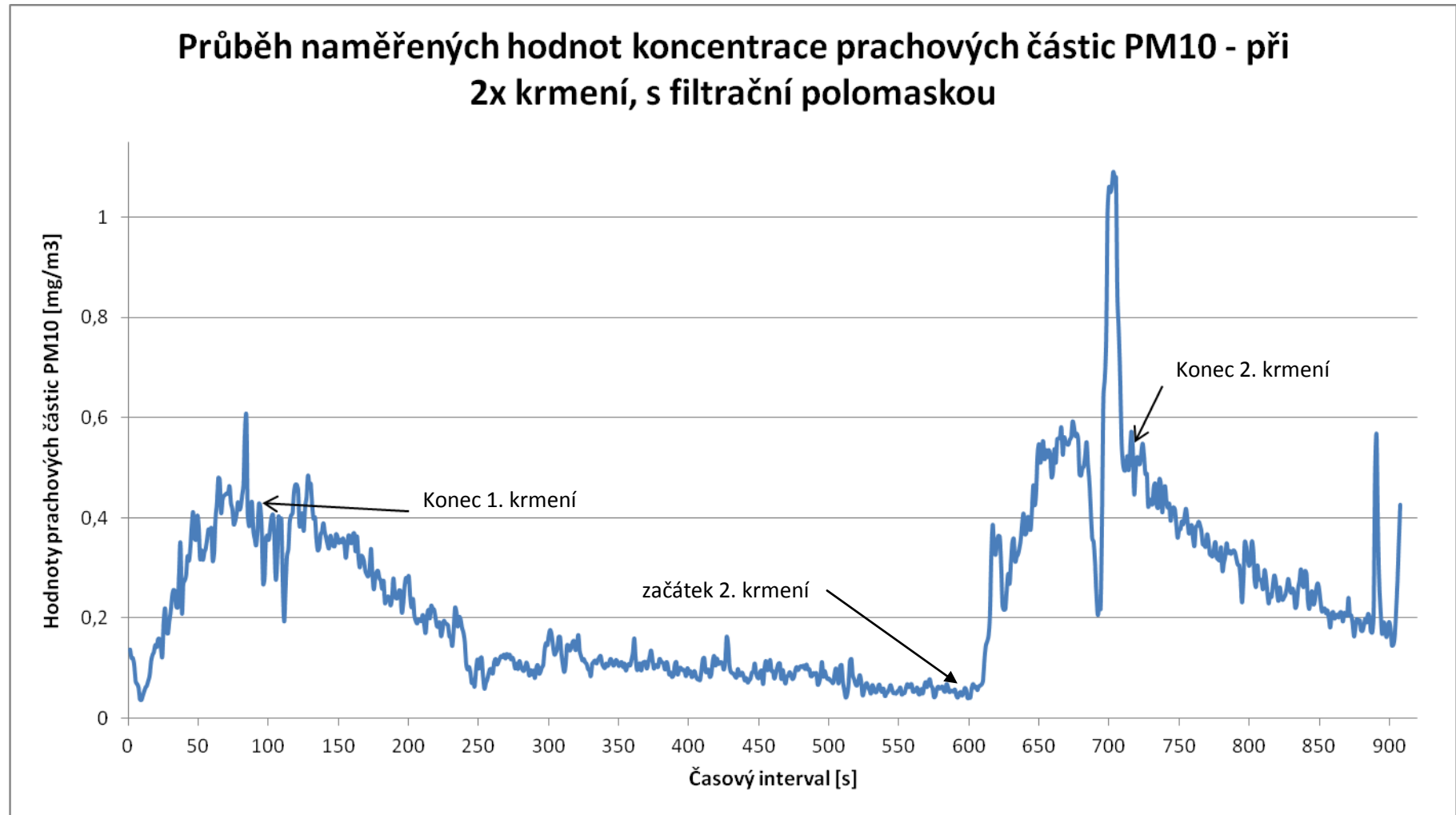


Obrázek 17 – polystyrenová hlava před měřením s filtrační polomaskou

V následující tabulce 14 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

Tabulka 14 - podmínky měření a naměřené hodnoty

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
23,7	47,1	1,09	0,236	0,036



Obrázek 18 - průběh naměřených hodnot koncentrace prachových částic PM10

Z grafu (Obrázek 18) na předchozí stránce je patrná účinnost filtrační polomasky. Maximální hodnota  $PM_{10}$  je 90x menší než hodnota při měření bez filtrační polomasky. Průměrná hodnota je 35x menší a minimální hodnota je dokonce 4x menší než u 1. měření, které se provádělo bez krmení.

Co mě ale opravdu překvapilo, byl nános prachu na filtrační polomasce po skončení krmení.



**Obrázek 19 – nánosy prachu po ukončení měření**

### **7.3 Provoz č. 3 – demolice bývalých kasáren - Čtyři Dvory, České Budějovice**

Demolici bývalých kasáren ve Čtyřech Dvorech v Českých Budějovicích prováděla společnost A.K.U.P.I. CB spol. s.r.o.. Tato společnost se již od roku 2000 primárně zaměřuje na efektivní řešení v oblasti odpadového hospodářství. Pole působnosti se odvíjelo od poradenské činnosti přes projekční práce ucelených systémů třídění a zneškodňování odpadů v oblasti industriální až po péči o životní prostředí.

Od roku 2002 se AKUPI zabývá komplexními přípravnými pracemi pro stavby. Do sféry činností tak patří odstrojování budov, demontáže vzduchotechniky, střech, bourání průmyslových podlah, komplexní demolice budov a zemní úpravy terénu.

V roce 2004 vyrostla v rámci skupiny AKUPI specializovaná divize na demoliční, těžební a zemní práce (A.K.U.P.I. CB spol. s.r.o.). V téže době vzniká i společnost CLAY CB s.r.o., zaměřená na důlní činnost a dodávky jílovitých materiálů pro různé druhy využití, např. průmyslové těsnění, ekologické zátěže, úpravy těsnění hrází apod. V roce 2009 se do skupiny firem, které zastřešuje značka AKUPI, přidala i společnost PASS CB s.r.o., která poskytuje pronájem průmyslových a stavebních strojů.

#### **7.3.1 Demolovaná budova kasáren**

Budova, kterou jsem si vybral pro měření koncentrace polétavého prachu, se nacházela v těsné blízkosti zastávky městské hromadné dopravy v ulici Evžena Rošického.

Budova byla využívána jako sklad dle věstníku veřejných zakázek, kde byla zakázka na demolici kasáren zadána. Rozměry budovy byly zhruba 75 metrů na délku a 24 metrů na šířku, tvořily ji 3 patra a půda. Při demolici budov se postupuje systematicky, kdy se budova roztřídí podle materiálu a následně se recykluje. Na obrázku 20 je pohled na budovu z ulice.



**Obrázek 20 – pohled na demolovanou budovu před demolicí, <https://maps.google.cz/>**

Demolice budov lze rozdělit na tyto úkony:

- odstrojování budov
- odpojování inženýrských sítí
- demontáže vzduchotechniky
- demontáže střech
- bourání průmyslových podlah
- komplexní demolice budov
- zemní úpravy terénu



K demolici budovy skladu bylo použito pásové rýpadlo Liebherr 924 s třídícím drapákem.



Obrázek 21 - pásové rýpadlo Liebherr 924 s třídícím drapákem

### 7.3.2 Umístění měřicího přístroje

Přístroj jsem umístil přímo v prostoru zastávky Čtyři Dvory. Umístění jsem volil z důvodu vlastního měření, kdy jsem chtěl zjistit, jak jsou ohrožováni lidé čekající na zastávce či vystupující z městské hromadné dopravy. Měření přímo v areálu, který byl oplocen, nebylo z důvodu mé bezpečnosti možné.



Obrázek 22 – umístění měřicího přístroje Dust TRAK 5830



### 7.3.3 Jednotlivá měření

Měření se uskutečnilo 8.11.2012.

1. **měření** bylo ještě před demolicí. Sloužilo k zjištění normálních hodnot neovlivněných polétavým prachem z demolice budovy.

V následující tabulce 15 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

**Tabulka 15 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
11	42	0,639	0,253	0,027

2. **měření** probíhalo již při demolicí. Budova skladu byla postupně demolována, kdy byly jednotlivé části zdiva strhávány pomocí pásového rýpadla s třídícím drapákem. Demolice probíhala od střechy směrem dolů a to vždy po částech. Strhla se například podlaha, počkalo se, až prach usedne a pokračovalo se. Pracovníci firmy AKUPI mi vyšli vstříc při měření, když prach nekropili. Kropení prachu se provádí z důvodu zmenšení koncentrace polétavého prachu, kdy kapičky vody obalí částice prachu a díky tíze vody pak rychleji dopadají na zem. Doba měření byla 1 minuta, šlo mi o zachycení maximální koncentrace polétavého prachu.

V následující tabulce 16 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

**Tabulka 16 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Maximální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Průměrná hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )	Minimální hodnota PM <sub>10</sub> (mg.m <sup>-3</sup> )
11	42	229	75,69	1,21

V grafu (Obrázek 26), který je umístěn za sérií obrázků, je průběh koncentrace polétavého prachu. Lze z něj vyčíst jednotlivé fáze demolice, které jsou popsány níže.

Na následujících fotografiích je vyfocena demolice podlahy mezi druhým a třetím patrem. Podlaha byla strhnuta pomocí pásového rýpadla. Při strhávání došlo k částečnému rozdrolení zdiva, zbytek podlahy dopadl na suť v prvním patře, kde se rozdrobila a jemné částice prachu se rozvířily.

Na obrázku 23, část označená číslem 1, je vidět prostup prachu skrze okno. Na obrázku 23, část označená číslem 2, je dopad prachu na zem, kde se rozvířil a zvedl do vzduchu (Obrázek 24, část označená číslem 3).

Obrázek 23, část označená číslem 4, je již pohled na rozvířený a vznesený prach. Tento prach pak částečně sedimentuje a zbytek je unášen proudem vzduchu dál, kde dochází k ředění koncentrace.



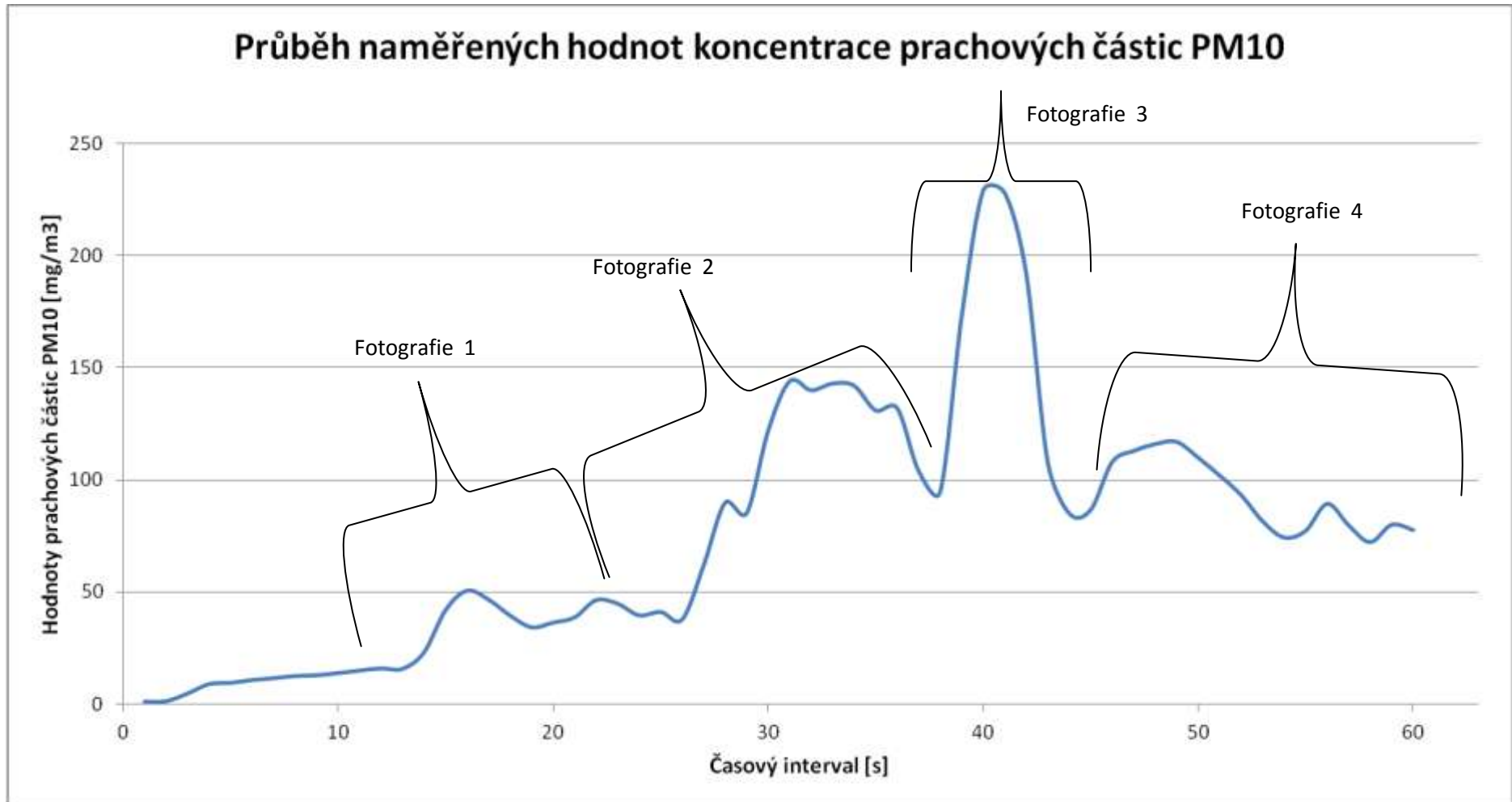
**Obrázek 23 – 1. část postupu prachu**



Obrázek 24 - 2. část postupu prachu



Obrázek 25 – měřicí přístroj Dust TRAK po ukončení měření



Obrázek 26 - průběh naměřených hodnot koncentrace prachových částic PM10 při měření č.2

3. **měření** probíhalo stejně jako 2. měření. Dobu měření jsem volil na pět minut. V grafu bude názorně vidět vývoj koncentrace od počátku, kdy se hodnoty pohybovaly od  $0,17\text{mg}/\text{m}^3$  do  $0,911\text{mg}/\text{m}^3$  až k maximální koncentraci, která byla větší než při 2. měření. Během měření se bourala zeď, která je na obrázku označena červeným rámečkem.



**Obrázek 27 – pohled na demolovanou zeď**

V následující tabulce 17 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polévatého prachu velikosti  $\text{PM}_{10}$ .

**Tabulka 17 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

<b>Teplota vzduchu (°C)</b>	<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	<b>Maximální hodnota <math>\text{PM}_{10}</math> (<math>\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b>Průměrná hodnota <math>\text{PM}_{10}</math> (<math>\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b>Minimální hodnota <math>\text{PM}_{10}</math> (<math>\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>
11	42	381	24,3	0,138

V grafu (Obrázek 32) je viditelný počátek stržení stěny, což se projevuje okolo 70. sekundy. Stěna byla zbourána během několika sekund, poté



následovaly úpravy suti tzn. rozměňování. Při tomto procesu vzniklo nejvíce prachu, který vylétl ze suti spodními okny, je to zachyceno na obrázku 29.



**Obrázek 28 – stržení stěny a vznik prachu**



**Obrázek 29 – vylétnutí prachu skrze okna a následné rozvíření o zem**

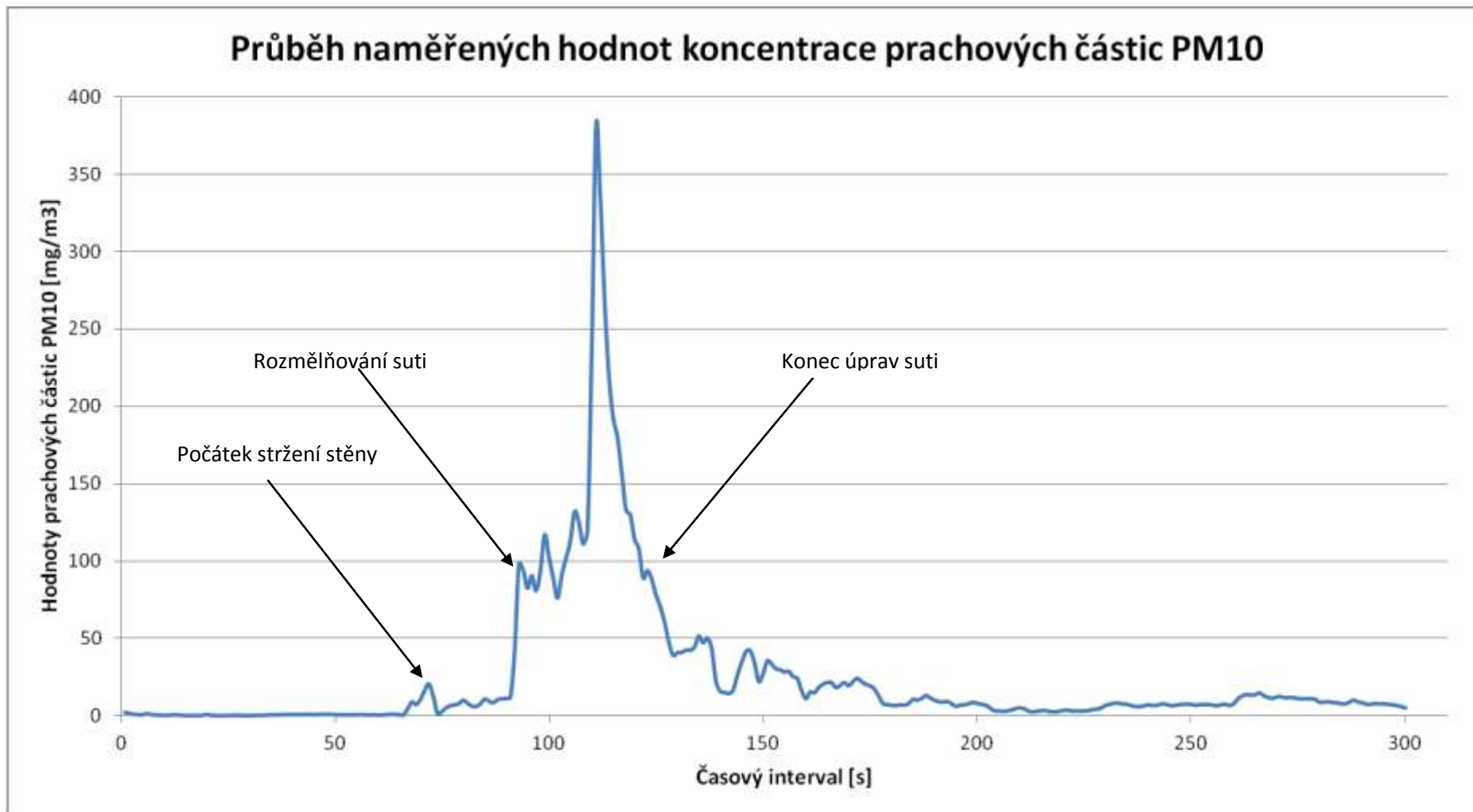


**Obrázek 30 – plné rozvíření prachu v prostoru zastávky (v případě demolice této stěny nebylo dýchatelno)**



**Obrázek 31 – šíření prachu do prostoru pozemní komunikace (Prachový oblak byl tak hustý, že bylo stěží vidět auto na 20m)**





Obrázek 32 - průběh naměřených hodnot koncentrace prachových částic PM10

4. **měření** byly zarovnávací práce na obvodu budovy, kdy následně došlo k provalení boční stěny. Měření probíhalo opět pět minut. Zde již pracovníci firmy AKUPI kropili suť, aby došlo ke snížení emitovaného prachu.

V následující tabulce 18 jsou uvedeny podmínky měření, maximální, průměrné a minimální hodnoty koncentrace polétavého prachu velikosti PM<sub>10</sub>.

**Tabulka 18 - podmínky měření a naměřené hodnoty**

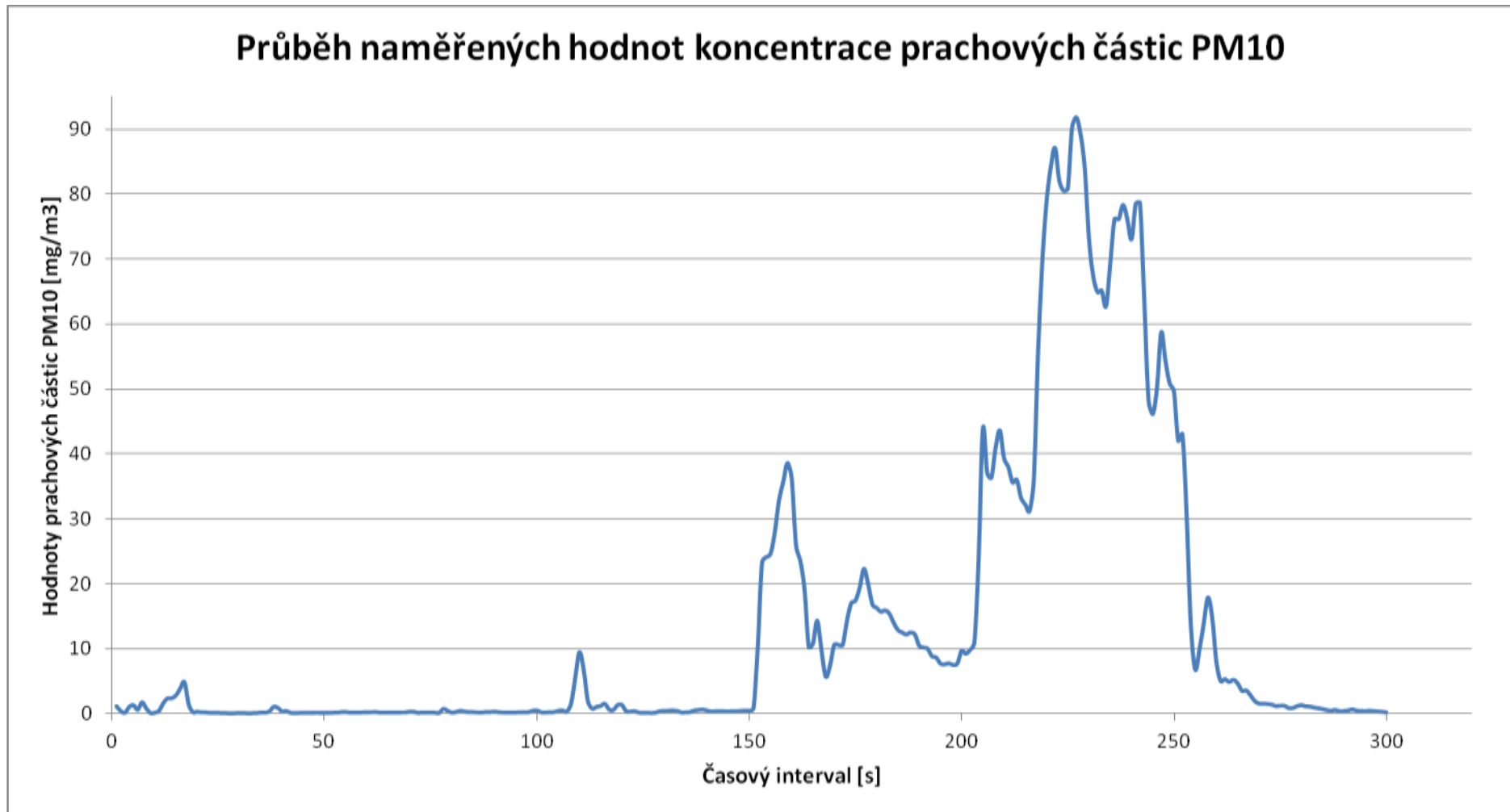
<b>Teplota vzduchu (°C)</b>	<b>Vlhkost vzduchu (%)</b>	<b>Maximální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Průměrná hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Minimální hodnota PM<sub>10</sub> (mg.m<sup>-3</sup>)</b>
11	42	91,8	13,3	0,068

Již z tabulky je patrné, že kropení suti má velký význam na snížení koncentrace polétavého prachu. Průměrná hodnota se téměř dvakrát snížila oproti 3. měření a maximální hodnota je více než 3krát menší.

Rovnáací práce začínají okolo 150. sekundy. Kropení příznivě ovlivňuje koncentraci prachu, kdy se hodnoty pohybují v rozmezí 39-45 mg/m<sup>3</sup>. Výchylka v grafu (Obrázek 34) je způsobena provalením stěny, které je zaznamenáno na následující fotografii.



**Obrázek 33 – situace pro provalení boční stěny**



Obrázek 34 - průběh naměřených hodnot koncentrace prachových částic PM10

## 7.4 Výsledná chyba měření

Výsledná chyba měření se obecně skládá z jednotlivých dílčích chyb, které lze rozdělit do tří skupin:

- **Náhodné chyby** statistického charakteru, které u měření hodnot koncentrace prachu v  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$  vyplývají především z charakteru vlivu prostředí. Náhodné chyby mohou mít původ i ve specifických lokálních podmínkách, které mají vliv na vznik prachových částic, kdy se může měnit celkový obsah prachových částic v ovzduší.
- **Systematické chyby** zkreslující výsledky měření zcela určitým definovaným způsobem a směrem. Projevují se tak, že se změří buď trvale nižší nebo trvale vyšší hodnoty, než je hodnota skutečná. Příčinou systematické chyby může být vliv meteorologických podmínek nebo chybný výběr základních míst měření.
- **Hrubé chyby** způsobené např. poruchou měřicího přístroje, chybným nastavením přístroje nebo selháním v důsledku lidského faktoru. Zvýšenou pozorností a pečlivou kontrolou měřicího postupu lze hrubým chybám předejít.

Pokud jednotlivé dílčí chyby mají statistický charakter, je výsledná chyba měření podle zákonitostí matematické statistiky dána jejich geometrickým součtem:

$$\sigma = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2)^{1/2}.$$

## 8 Závěr

K vyvození závěrů z naměřených hodnot si musíme uvědomit, že nejsou stanovené žádné přesné hodnoty PEL a NPK-P pro polétavý prach, který tvoří heterogenní částice. Stanovené hodnoty PEL a NPK-P se týkají především samostatných chemických látek, které jsou uvedeny v příloze č. 2, část A v nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů (68/2010 Sb., 93/2012 Sb.). K přesnějšímu zhodnocení závadnosti koncentrace polétavého prachu by se musel udělat chemický rozbor, který by nám prozradil, jaké částice vlastně vdechujeme.

Budu-li vycházet z nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, jsou stanoveny imisní limity pro částice  $PM_{10}$  pro 24 hodin ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) a 1 kalendářní rok ( $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Při porovnání hodnot je překvapivý rozdíl v hodnotách, kdy mnou naměřené hodnoty vycházely v  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a dle nařízení vlády v  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pro  $PM_{2,5}$  nejsou stanoveny žádné konkrétní imisní limity. Z nařízení vlády vyplývá, že úroveň znečištění ovzduší částicemi  $PM_{2,5}$  se posuzuje z hlediska ročního aritmetického průměru, ročního mediánu, ročního 98. percentilu a ročního maxima z dvacetičtyřhodinových průměrných hodnot.

U hodnot musíme brát zřetel na to, že se jedná o hodnoty aktuálně měřené, kdežto imisní limit se vztahuje na 24 hodin. To znamená, že v 24 hodinách jsou započítány i noční hodiny, kdy je koncentrace polétavého prachu na denním minimu. Pokud budeme hodnotit naměřené výsledky takto, tak k překročení nedošlo.

K naměřeným hodnotám bez použití filtrační polomasky lze podotknout dvě věci. První je, že koncentrace polétavého prachu, ať už částic  $PM_{10}$  nebo  $PM_{2,5}$ , je enormní. Dlouhodobě vystavený člověk takovýmto podmínkám by měl vysokou pravděpodobnost, že bude mít vážné zdravotní problémy, které budou mít trvalé následky nebo mohou dokonce skončit až smrtí. Je to však na teoretické rovině, jelikož zaměstnanci či lidé na zastávce, nejsou vystaveni této vysoké koncentraci polétavého prachu dlouhodobě.

Druhá věc je samostatné použití filtrační polomasky či kropení prachových částic jako v případě provozu č.3.

V případě provozu č.1, Osiva Boršov s.r.o., došlo k zajímavé situaci, hodnoty naměřené  $PM_{10}$  s filtrační polomaskou třídy účinnosti P2 byly horší než s filtrační polomaskou třídy účinnosti P1. Podle technických parametrů jednotlivých polomasek by měl být výsledek přesně opačný. Lze si to vysvětlit následujícími způsoby. Prvním problémem mohl být samotný vydechovací ventil u filtrační polomasky P2. Na dosedací plochu platového ventilku se dostaly prachové částice, které způsobily, že ventilek nedosedal celou plochou a netěsnil. Hlavním důvodem nejspíše ale bude samostatný filtr polomasky, který propouštěl částečně prachové částice. U částic  $PM_{2,5}$  došlo k téměř shodným výsledkům při měření bez či s filtrační polomaskou.

V případě provozu č.2, Delacon s.r.o. – Stošíkovice, došlo ke znatelnému snížení „vdechované“ koncentrace polétavého prachu. Ačkoliv pracovníci firmy Delacon nejsou u krmení prasat přítomni, při manipulaci s jednotlivými komponenty do míchacího zařízení bych filtrační polomasku doporučoval. Na tomto příkladě je viditelné, že filtrační polomaska třídy P1, která v případě provozu č.1, byla téměř neúčinná, zde dosahovala překvapivě úspěšných výsledků. Maximální hodnota  $PM_{10}$  byla 90x menší než hodnota při měření bez filtrační polomasky. Průměrná hodnota byla 35x menší a minimální hodnota byla dokonce 4x menší než u prvního měření, které se provádělo bez krmení.

V případě provozu č.3, demolice bývalých kasáren - Čtyři Dvory, byly hodnoty značně vysoké. Nutno podotknout, že měření probíhalo za spoluúčasti pracovníků firmy, kdy suť úmyslně nekropili. Při běžné praxi (ne experimentální) dbají na kropení suti, která výrazně snižuje emitování prachových částí do okolí. Průměrná hodnota se téměř dvakrát snížila oproti třetímu měření a maximální hodnota je více než 3krát menší.

Závěrem lze konstatovat, že výběr polomasky záleží především na prostředí, ve kterém bude použita. Velkou roli při měření koncentrace polétavého prachu mají také povětrnostní podmínky, které způsobují naředění polétavého prachu a tím snižují jeho koncentraci. Všeobecně bych doporučoval volit třídu účinnosti filtrační polomasky alespoň o třídu vyšší, než je skutečně potřeba. Odlučování prachových částic bude tak účinnější a menší podíl se dostane přes filtrační polomasku do dýchacího ústrojí. Filtrační polomasky nejsou nikdy 100% účinné.

## 9 Seznam použité literatury

- [1] Baron ,P., A., Willeke K., (2001): *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*, 2.vydání, J. Wiley & Sons, New York, 1172 stran
- [2] Celjak, I., (2012): *Analýza prachových částic v ovzduší v obcích*, České Budějovice, 5 stran
- [3] Curtius, J., (2006): *Nucleation of atmospheric aerosol particles*. Comptes Rendus Physique Nucleation. **7**(9-10): strany 1027-1045.
- [4] Dongarra, G., Manno, E., Varrica, D., Lombardo, M., Vultaggio, M., (2010): *Study on ambient concentrations of PM10, PM10-2.5, PM2.5 and gaseous pollutants: Trace elements and chemical speciation of atmospheric particulates*. Atmospheric Environment, strany 5244-5257.
- [5] Hnilicová, H., (2008): *Emise PM10 a jejich zdroje*, Český hydrometeorologický ústav, 7 stran
- [6] Matoušek, O., Baumruk, J., (1998): *Práce v prašném prostředí*, 1. vydání, Státní zdravotní ústav, Praha
- [7] McPherson, M., J., (1993): *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*, Springer Netherlands, kapitola 5., stránky 741-764
- [8] Ministerstvo práce a sociálních věcí, (2010): *Jak správně vybírat osobní ochranné prostředky – respirátor*, Výzkumný ústav bezpečnosti práce
- [9] Šubrt, B. a kol.,(2007): *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci podle právního stavu k 30. 04. 2007*, 2. vydání, Anag, Olomouc
- [10] Weibel, E., R., (1963): *Morphometry of the human lung*, Berlin
- [11] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1>, staženo dne 3.1.2013
- [12] [http://www.mzp.cz/cz/legislativa\\_metodicke\\_pokyny\\_ovzdusi](http://www.mzp.cz/cz/legislativa_metodicke_pokyny_ovzdusi), staženo dne 31.1.2013
- [13] <http://www.celostnimediceina.cz/karcinogeny.htm>, staženo dne 4.1.2013
- [14] <http://www.irz.cz/node/85>, staženo dne 8.1.2013
- [15] [http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/lungs\\_dust.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/lungs_dust.html), staženo dne 5.1.2013
- [16] [http://www.pilex.sk/op/op\\_respirator.pdf](http://www.pilex.sk/op/op_respirator.pdf), staženo dne 6.12.2012
- [17][http://solutions.3mcesko.cz/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?locale=cs\\_CZ&lmd=1291977618000&assetId=1273672644419&assetType=MMM\\_Image&blobAttribute=ImageFile](http://solutions.3mcesko.cz/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?locale=cs_CZ&lmd=1291977618000&assetId=1273672644419&assetType=MMM_Image&blobAttribute=ImageFile), staženo dne 15.1.2013

[18] <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-201-2012-sb-o-ochrane-ovzdusi>, staženo dne 30.1.2013

[19] [http://fzp.ujep.cz/ktv/uc\\_texty/tezp/tezp2.pdf](http://fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/tezp/tezp2.pdf), staženo dne 30.1.2013

[20] <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-vlady-c-361-2007-sb-kterym-se-stanovi-podminky-ochrany-zdravi-pri-praci>, staženo dne 23.1.2013