

PRAŠNOSŤ V PRACOVNOM PROSTREDÍ ZLIEVARNE

JOZEF MITTERPACH - DAGMAR SAMEŠOVÁ

THE DUST IN THE WORKING ENVIRONMENT OF THE FOUNDRY

ABSTRAKT

Pracovné prostredie má priamy vplyv na ľudský organizmus a na ľudské zdravie. S prísnejšími požiadavkami právnych predpisov o bezpečnosti, ochrany zdravia a ochrany životného prostredia v oceľiarskom priemysle, rovnako, je kladený dôraz na zníženie zdravotných rizík pre zamestnancov počas ich pracovnej zlievarenskej výroby. Článok uvádza výsledky merania prachu, ktoré boli namerané na rôznych veľkých operáciách vo vybranej zlievarni. V jednotlivých výrobných procesoch sme sledovali koncentráciu prachu a porovnali s existujúcimi limitmi.

KLúčové slová: zlievaňa, pracovné prostredie, prašnosť, PM10, PM2,5

ABSTRACT

The working environment has a direct impact on the human organism and on the human health. With the stringent requirements of the laws of health, safety and environmental protection in the steel industry, as well, the focus is to reduce the health risks to employees during their working foundry production. Article reports the results of the measurement of dust, which were measured at different major surgery in a selected foundry. In unit production process, we monitored the concentration of the dust and compared with existing limits.

Keywords: foundry, working environment, dust, PM10, PM2,5

1. Úvod

Z hygienického hľadiska sa pod pojmom prach rozumie drobné častice tuhých materiálov, ktoré sú rozptýlené v ovzduší alebo sú usadené na jednotlivých objektoch. Tieto častice vznikajú pri rôznych technologických procesoch (hutnicke technologické procesy, spaľovanie rôznych látok, rudné hlbinné bane, mlyny, cementárne, čistenie obilia, práce so suchými rastlinnými materiálmi, opracovanie dreva atď.). [4]

Ich nebezpečenstvo spočíva vo vniknutí do organizmu dýchacím traktom, kde môžu pôsobiť ako fyzikálne (dráždia a poškadzujú sliznice), tak chemicky (častice na sebe môžu niesť škodlivé látky). Tuhé znečisťujúce látky a prašný aerosól majú vplyv na vznik alebo zhoršenie kardiovaskulárnych a respiračných ochorení a môžu viesť k rakovine pľúc. Účinok častíc prachu závisí na ich veľkosti, tvaru a chemickom zložení. Veľkosť častíc je rozhodujúca pre prienik a ukladanie v dýchacom ústrojenstve. Väčšie častice sú zachytené v horných partiách dýchacieho ústrojenstva, častice frakcie PM10 sa dostávajú do dolných ciest dýchacích. Prašné častice obecné skracujú priemernú dĺžku života Európanov až o 8, 6 mesiacov a na účet prachu sa pripisuje asi 350 000 predčasných úmrtí. [5]

Pri tepelnom spracovaní ocele sa dosahujú zmeny jej vlastností zmenou jej štruktúry pomocou žihania, kalenia, chemicko-tepelným spracovaním a zušľachťovaním špeciálnymi spôsobmi. Ochrane pracovného prostredia treba venovať značnú pozornosť pri tepelnom a chemickom spracovaní ocele, pretože sa lokálne vyvíjajú škodlivé plynné exhaláty ako fluoridy, kyanidy a pod. [6]

Hodnotenie expozície znečisťujúcim látkam v pracovnom ovzduší reprezentatívnym spôsobom je náročná úloha. Je to však nevyhnutné na zhromažďovanie informácií, vyhodnocovanie a minimalizáciu expozície chemickým látkam. Existuje nespočetné množstvo priemyselných procesov a činiteľov. Každé štádium výrobného procesu môže prebiehať za rôznych podmienok (napríklad diskontinuálna výroba alebo kontinuálny proces, teplota, tlak) a s rôznymi činiteľmi (napríklad veľká rozmanitosť chemických látok). V každom z týchto štádií môžu byť potrebné rôzne pracovné činnosti v rôznych podmienkach expozície. [7].

Jedným z najviac sledovaných parametrov pracovného prostredia, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvňovať zdravie človeka, je množstvo prachu, resp. koncentrácia tuhých znečisťujúcich látok v ovzduší. V príspevku sú zaznamenané výsledky meraní prašnosti, ktoré boli namerané na troch významných prevádzkach v zlievarni. Tieto vybrané prevádzky reprezentujú tie časti výrobného cyklu, pri ktorých je riziko vzniku prachových častíc značné. Výrobný cyklus pozostáva z naskladnenia vstupných surovín, výroby jadier a foriem, prípravy vsádzky, tavenia vsádzky v kuplovej peci, spracovaním liatiny na panve, udržiavanie liatiny PIKS 20/800Fe a ďalšími zlievarenskými procesmi. Na automatickej formovacej linke, strojnej a ručnej formovni sa liatina spracuje na jednotlivé odliatky. Odliatky sa následne dorobia trieskaním, brúsením, tmelením, zavaraním. Po dorobení sa odliatky skontrolujú, zafarbia, paletujú, balia a uložia na expedíciu. Práve pri týchto procesoch vznikajú prachové častice PM10 o veľkostnej frakcii do 10 µm aerodynamického priemeru a prachové častice PM2,5 o veľkostnej frakcii do 2,5 µm aerodynamického priemeru. Pri jednotlivých výrobných procesoch sme zisťovali koncentráciu prašnosti a porovnali s platnými limitmi.

Z hľadiska biologických účinkov prachu je možné prach kategorizovať na prach inertný, ktorý má nepatrné biologické účinky, a prach so škodlivými účinkami. Prach so škodlivými účinkami je možné rozdeliť niekoľkých skupín, pričom nami

skúmaný prach patrí do skupiny : **prach s fibrogénnym účinkom**: vyvoláva bujnenie väziva v pľúcach, tzv. pľúcnu fibrózu; ide o prach z azbestu, grafitu, keramických ílov, šamotu, **zlievárenských pieskov**, oxidu kremičitého atď., [8]

Pre meranie v praxi je účelne rozdeliť prach na dve veľkostné frakcie (resp. zložky) – na respirabilnú a nerespirabilnú. Zmyslom tohto triedenia je napodobniť triedenie prachu v organizme pri jeho vdychovaní. Respirabilnou frakciou sa nazýva tá časť prachu, ktorá pri vdychovaní preniká až do pľúcnych alveol a zdržuje sa v nich [4]. V epidemiologických štúdiách vykonaných po roku 2000 v USA sa ukázala kvalita ovzdušia obyvateľov miest v priamom súvis s úmrtnosťou obyvateľstva na pľúcne ochorenia [9], [10].

Podľa stredo európskej štúdie (zúčastnené krajiny: Bulharsko, Česká republika, Maďarsko, Poľsko, Rumunsko, Slovensko) zvýšená prašnosť v ovzduší všeobecne pôsobí dráždivo na dýchacie cesty. To dáva možnosť predpokladať, že časť príčin menšej dĺžky života v štátoch strednej Európy súvisí so zvýšenými hodnotami pevných častíc (znečisťujúcich látok) v ovzduší [11].

Častice (nad 10 µm) môžu pôsobiť iba podráždenie horných dýchacích ciest s kašľom a kýchaním a dráždenie očných spojiviek, menšie častice sa dostávajú až do dolných dýchacích ciest a častice s rozmerom pod 2,5 µm môžu prestupovať do pľúcnych skliepkov a buď sa usadzovať v pľúcach, alebo aj prenikať do krvného obehu. [4]. V roku 1999 prijala Európska únia nové limitné hodnoty pre štáty EÚ v záujme ochrany zdravia ľudí. Ich implementácia je rozdelená na dve etapy. V prvej etape je prijatý tzv. ročný limit pre PM10 v hodnote 40 µg·m⁻³ (interval sledovania jeden rok) a tzv. 24hodinový limit pre PM10 v hodnote 50 µg·m⁻³(interval sledovania 24 hodín). Účinnosť je od 1. 1. 2005. V druhej etape sa pristúpilo k sprísneniu hodnôt, t. j. ročný limit pre PM10 bude 20 µg/m³ a 24hodinový limit pre PM10 bude 50 µg·m⁻³; účinnosť od 1. 1. 2010 [12]. Podľa vykonaných štúdií boli preukázané pozitívne väzby medzi koncentráciou PM2,5 a PM10 v ovzduší a nadmernými úmrtiami spôsobenými kardiovaskulárnymi a dýchacími chorobami [13].

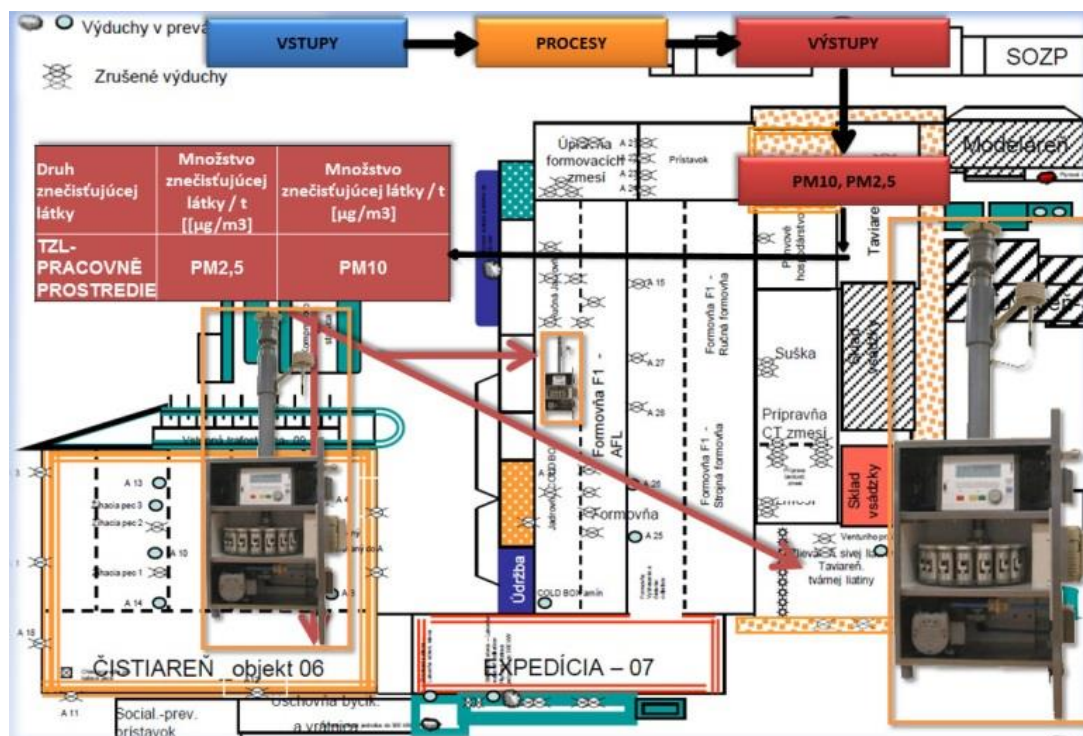
2. Materiál a metódy

Zlievareň

Vybraná zlievareň produkuje odliatky zo sivej a tvárnej liatiny. Používajú sa ďalej pre výrobu dielcov strojov, strojních a stavebných celkov. Prevádzky pracujú v upravenom dvoj smenom 5 dňovom pracovnom cykle. Zlievarne železných kovov pracujú s výrobnou kapacitou väčšou ako 20 t/deň. Za rok priemerne spoločnosť vyrobí 5700-6000 ton odliatkov a radí sa na tretie miesto vo výrobe tvarových odliatkov na Slovensku. Vo výrobe odliatkov z tvárnej liatiny v množstve cca 3350 ton/rok sa radí na prvé miesto na Slovensku.

Odber vzoriek

Odber vzoriek prebiehal v súlade s normami DIN EN 12341 (PM10) and DIN EN 14907 (PM2.5) standards. The particulate matter is collected on filter media with a filter diameter of 47 mm. Vzorkovacia technika DERENDA, typ: LVS3.1 s nasávacou hlavicou pre PM 10 a PM 2,5. Výrobca: Ingenierburo Norbert Derenda, Kieler Strass 9, D-14532 Stahnsdorf, Germany. Intenzita toku je kontrolovaná dýzou podľa STN EN 12341. Flowrate: 1.0 - 3.5 m³/h (Nm³/h); Sampling time: 1 h - 1000 h; Power supply: 230 V, 50/60 Hz; Power consumption: app. 200 VA; Filterdiameter: 47 mm; Diameter of loaded filter surface: 41 mm; Operating temperature range: -20..+50°C; Operating humidity range: 0...60% rH.

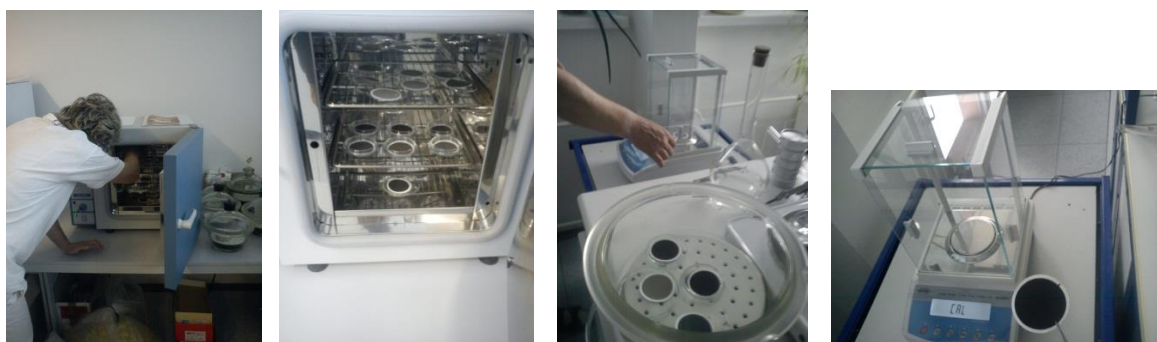


Obr. 1: Schéma rozmiestnenia stanovísk merania koncentrácie prachových častíc

Podľa STN EN 689 sa majú vzorky odoberať v bezprostrednej blízkosti pracovníkov a podľa možnosti vo výške, v ktorej pracovníci vdychujú vzduch. V prípade pochybností sa ako bod odberu zvolí miesto najväčšieho rizika. Podmienky merania sa museli zvoliť tak, aby výsledky merania poskytli reprezentatívny obraz expozície v pracovných podmienkach, pričom sa brali do úvahy možné vplyvy všetkých významných faktorov pracoviska. Na meranie častíc $\text{Ø} \leq 10 \mu\text{m}$ sa použila dýza na PM10, na stanovenie častíc $\text{Ø} \leq 2,5 \mu\text{m}$ sa použila dýza PM2,5.

Postup laboratórných analýz

Všetky filtre sa označili číslami na Petriho miskách, v ktorých boli transportované a zaprotokolovali sa. So všetkými filtrami sa narábalo rovnakým spôsobom. Aby sa filtre nepoškodili, pre manipuláciu s nimi sa použila umelohmotná pinzeta s mäkčnými silikónovými koncami. Každý filter sa musel pred použitím skontrolovať, či neobsahuje trhliny, príp. či nebol inak poškodený. Musia sa používať len filtre len s účinnosťou odlučovania $> 99,5\%$. Aby sa minimalizovali reakcie na filtri použili sa kremíkové filtre. Pred použitím sa z prázdneho filtra museli odstrániť všetky uvoľnené vlákňité materiály. Zároveň sa nepoužité filtre museli pred vážením umiestniť na 48 h na otvorenom, ale prachom chránenom perforovanom plechu (site) v klimatizovanej váhovní s teplotou $20(\pm 1)^\circ\text{C}$ a relatívnou vlhkosťou $50(\pm 5)\%$. Filtre s prachom sa majú ustáliť za takých istých podmienok ako pred vážením nepoužitých filtrov. Nepoužité filtre treba prednostne skladovať vo váhovní. Ak sú filtre pri použití premáčané ich sušenie v sušiarňi sa kvôli novej strate prchavých látok neodporúča. Preto sa v takomto prípade klimatizovanie predĺži zo 48h o ďalších 24 hodín. Na ochranu filtrov sme počas dopravy a uskladnenia sa použili Petriho misky a kazety.



Obr. 2: Sušenie a váženie filtrov pred stanovením koncentrácie prachových častíc

Hmotnosť vzorky PM10 a PM2,5 zachytená na filtri sa stanovila gravimetricky. Hmotnostné koncentrácie PM10 a PM2,5 sa spočítajú ako podiel filtrom zachytenej hmotnosti a celkového prietoku počas odberu vzoriek. Za hmotnosť exponovaného aj neexponovaného filtra sa považuje priemer dvoch samostatných meraní. Rozlišovacia schopnosť použitých váh bola $10 \mu\text{g}$.

3. Výsledky

Meranie sa uskutočnilo na 3 stanoviškách: 1. Formovňa, 2. Taviareň, 3. Čistiareň. Priemerná teplota vzduchu bola nameraná 24°C , vlhkosť vzduchu 50% , tlak $101,3 \text{ kPa}$. Na základe pokusného merania sa stanovil čas odberu vzoriek na 8 hodín. Meranie prebehlo denne od 10:00 do 18:00 hod., z dôvodu najvhodnejšieho referenčného vyťaženia prevádzky.

Počas stanoveného odberného času, sa jednotlivé tuhé častice zachytávali na filtroch v odberovej aparatúre pri meranom objeme odobratého vzduchu. Filter sa po skončení merania preniesol s odobratými tuhými časticami do laboratória, kde sa vyhodnotil. Umiestnenie zariadenia LVS počas odberu vzoriek bolo také, aby prúdenie vzduchu v okolí hlavice vzorkovača nebolo ovplyvnené žiadnou blízkou prekážkou; hlavice boli v rovnakej výške $v=1,5 \text{ m}$; hlavice boli umiestnené mimo dosahu lokálnych zdrojov znečistenia.

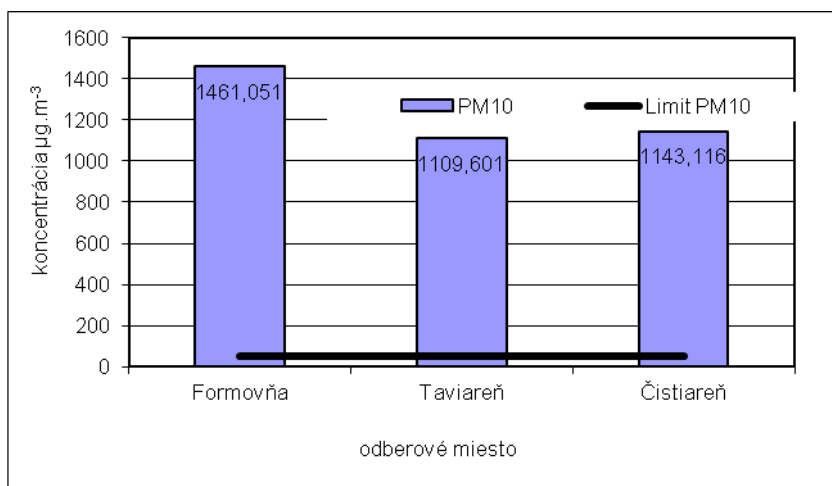
Čas odberu vzoriek sa na základe pokusného merania sa stanovil 8 hodín. Pokusné meranie dokázalo vysoké koncentrácie a tie vyžadujú kratší čas merania. Prístroj sa pomocou LCD displeja nastavil na požadovaný interval- čas prevádzky podľa normy STN EN 12341, kde sa používa sa STP, t.j. štandardná teplota 273 K a štandardný tlak $101,3 \text{ kPa}$. Po skončení merania sa namerané údaje z prístroja exportovali na SD kartu a následne sa spracovali na PC.

Tab. 1 Koncentrácie PM2,5 a PM10 v zlievarni

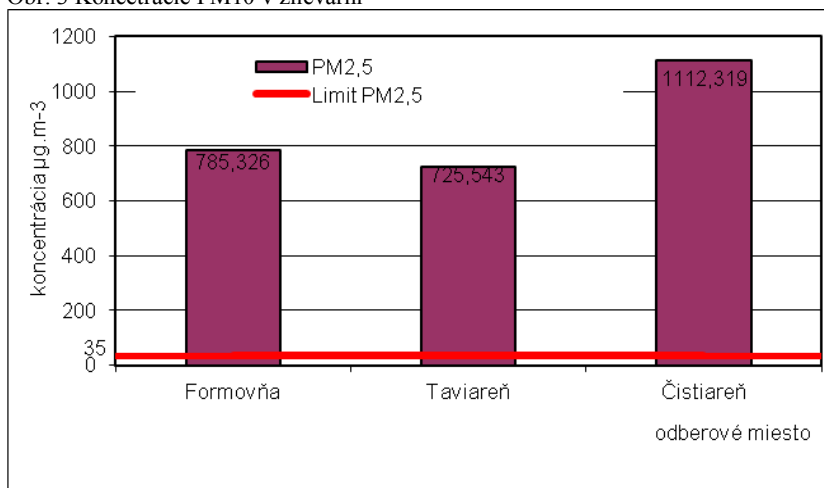
stanovisko	častice	prietok m^3/h	konc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	limit $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Formovňa	PM10	2,3	1461,051	50*
Taviareň	PM10	2,3	1109,601	50*
Čistiareň	PM10	2,3	1143,116	50*
Formovňa	PM2,5	2,3	785,326	35**
Taviareň	PM2,5	2,3	725,543	35**
Čistiareň	PM2,5	2,3	1112,319	35**

* Maximálna limitná hodnoty 24-hodinová koncentrácia zisťovanej látky v meranom intervale za štandardných podmienok $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vyhláška č. 259/2008 Z. z.), Smernica 1999/30/ES z 22. apríla 1999 o limitných hodnotách oxidu siričitého, oxidu dusičitého a oxidov dusíka, tuhé častice a olova v okolitom ovzduší

**STN EN 14907, Ochrana ovzdušia, vonkajšie ovzdušie, štandardná gravimetrická metóda merania na zisťovanie hmotnostnej frakcie PM2,5 suspendovaných častíc.



Obr. 3 Koncentrácie PM10 v zlievarni



Obr. 4 Koncentrácie PM2,5 v zlievarni

Na obr. 3 a 4 možno vidieť koncentráciu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] PM10 a PM2,5 a limit podľa príslušnej platnej legislatívy. Pri každej zisťovanej koncentrácii a na každom zvolenom stanovisku je platný limit prekračovaný.

Záver

Z uvedených výsledkov vyplýva, že keď sa uvažuje s prítomnosťou maximálnej limitnej hodnoty 24-hodinovej koncentrácie zisťovanej látky v meranom intervale za štandardných podmienok $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vyhláška č. 259/2008 Z. z.), prekračuje sa táto limitná hodnota v prevádzke na daných stanoviskách niekoľkonásobne. Choroby dýchacej sústavy sú medzi príčinami na 3, resp. 4 mieste hneď za úmrtiami spôsobenými poraneniami a inými vonkajšími príčinami. Pri ich vzniku hrajú dôležitú úlohu okrem genetických faktorov aj rizikové faktory ako je znečistenie ovzdušia, fajčenie a infekcia [9]

Jedinou expozičnou cestou ako sa PM môžu dostávať do ľudského organizmu je inhalácia. Zdravotná významnosť prachu závisí od veľkosti častíc. Zatiaľ čo väčšie častice (nad $10 \mu\text{m}$) môžu pôsobiť iba podráždenie horných dýchacích ciest s kašľom a kýchaním a dráždenie očných spojiviek, menšie častice sa dostávajú až do dolných dýchacích ciest a častice s rozmerom pod $2,5 \mu\text{m}$ môžu prestupovať do pľúcnych alveol a buď sa usadzovať v pľúcach alebo aj prenikať do krvného obehu. Z tohto aspektu delíme ukazovateľ prašnosti na celkovú prašnosť (TSP), častice pod $10 \mu\text{m}$ (PM10) a častice pod $2,5 \mu\text{m}$ (PM2,5). Zvýšená prašnosť v ovzduší všeobecne pôsobí dráždivo na dýchacie cesty a spravidla sa vyskytuje spolu s ďalšími škodlivinami, ako sú oxid siričitý alebo oxidy dusíka. Z odborných zdravotníckych štúdií vyplynulo, že v lokalitách s vysokým a dlhodobým výskytom zvýšených koncentrácií malých prachových častíc v ovzduší sa zisťuje zvýšená úmrtnosť obyvateľov na ochorenia dýchacej a srdcovo-cievnej sústavy. [10] Podľa prílohy č. 1, vyhlášky MZSR č. 448/2007 Z.z., o podrobnostiach o faktoroch práce a pracovného prostredia vo vzťahu ku kategorizácii prác z hľadiska zdravotných rizík a o náležitostiach návrhu na zaradenie prác do kategórií, by sa mali pracovníci na jednotlivých pracoviskách, kde boli uskutočnené merania, zaradiť IV. kategórie, vo faktore a) Pevné aerosóly (prach).

Ako ukázalo meranie na stanoviskách FORMOVŇA, ČISTIAREŇ a TAVIAREŇ spadajú činnosti na týchto pracovných jednotkách do typu prác, pri ktorých je expozícia zamestnancov vyššia ako 2-násobok najvyššie prípustného expozičného limitu. Ďalší výskum bude zameraný aj na zisťovanie, či sa zamestnancov prejavujú zmeny zdravotného stavu s nadväznosťou pôsobenia pevného aerosólu v takýchto koncentráciách. Podľa čiastkových zistení sa u zamestnancov



neprejavujú vo zvýšenej miere ochorenia dýchacej a srdcovo-cievnej sústavy. Jednoznačný záver a zistenia však poskytnite až ďalší výskum z tejto oblasti.

Zo zdravotných vplyvov prašnosti sa je nutné za všetky aspoň spomenúť: Účinky krátkodobého pôsobenia: zvýšenie počtu zápalných ochorení pľúc, nepriaznivé účinky na kardiovaskulárny systém, zvýšenie spotreby liečiv, zvýšenie počtu hospitalizácií, zvýšenie úmrtnosti. Za účinky dlhodobého pôsobenia: zníženie pľúcnych funkcií, nárast ochorení dolných dýchacích, zvýšenie počtu chronických obštrukčných ochorení pľúc, zníženie predpokladanej dĺžky dožitia (prevažne v dôsledku úmrtnosti na srdečno-cievne a pľúcne ochorenia).

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] SETAC- Society of Environmental Toxicology and Chemistry, on line, dostupné na www.setac.org, 2011
- [2] STN EN ISO 14040 (83 9040), Environmentálne manažérstvo. Posudzovanie životného cyklu. Princípy a štruktúra, ISO 14040: 2006
- [3] MITTERPACH, J. : Možnosť aplikácie LCA (Life Cycle Assessment- posudzovanie životného cyklu) pre zlievareň Hronec, Interaktívna konferencia mladých vedcov 2011, zborník abstraktov, ISBN 978-80-970712-1-9, s.106
- [4] KELEMEN M., MAŤAŠOVSKÁ T. : Meranie koncentrácie prachu v prostredí, http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32669, 2011
- [5] WORLD HEALTH ORGANISATION : Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution, Dánsko, dostupné na <http://www.euro.who.int/document/e88189.pdf>, 2011
- [6] HAVLÍK, T.: Spracovanie a detoxikácia odpadov, Učebný text pre poslucháčov Hutníckej fakulty zamerania Hutníctvo neželezných kovov a spracovanie odpadov, Košice, 1996
- [7] STN EN 689 (STN80321) : Ovzdušie na pracovisku, Pokyny na hodnotenie inhalačnej expozície chemickým látkam na porovnanie s limitnými hodnotami a stratégia merania, SR, 2011.
- [8] SERBOUSEK, A.: Přístrojová technika pro měření čistoty ovzduší. FS VŠB, Ostrava, 1992
- [9] POPE C.A., BURNETT R.T., THUN M.J., CALLE E.E., KREWSKI D., ITO K., ET AL. : Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and longterm exposure to fine particulate air pollution. JAMA, 2002
- [10] PETERS A., DOCKERY D.W., MULLER J.E., MITTLEMAN M.A. : Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction, 2001.
- [11] PROJEKT CESAR II : Stredoeurópska štúdia o vplyve znečisteného ovzdušia na respiračné zdravie detí, Štúdia plnená v rámci vedecko-technického programu EÚ INCO-COPERNICUS, dostupné na <http://www.aramis-research.ch/d/7212.html>, 2011
- [12] THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION: DIRECTIVE 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. Official Journal of the European Communities, 1999
- [13] GOLDBERG M.S., BURNETT R.T., BAILAR J.C., BROOK J., BONVALOT Y., TAMBLYN R., SINGH R., AND VALOIS M.F.: The association between daily mortality and ambient air particle pollution in montreal, Quebec, Environ Res Sect A, 2001

ADRESY AUTOROV

Ing. Jozef MITTERPACH, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, Masarykova 24, 96053 Zvolen , e-mail: jozef.mitterpach@gmail.com,

doc. Ing. Dagmar SAMEŠOVÁ, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, Masarykova 24, 96053 Zvolen, e-mail: samesova@tuzvo.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.