

Malé častice v ovzduší – veľké riziká pre zdravie

Hroncová, E.: Small Particles in the Air Pose High Health Risks. *Životné prostredie*, 2017, 51, 3, p. 131 – 137.

One of the most serious current environmental and social health problems is caused by aerosol air pollution. This paper presents the most important findings for further study of air polluted by micro and ultra-fine particles. Instrumentation techniques measure aerosol particle size and concentration in household air, and these confirm that the air contains particles with diameter ranging from several nanometres to approximately 100 micrometres. The most important measurement value of ultra-fine particles is assessed by 'number concentration of particles'; where PM_{10} and $PM_{2.5}$ denote values for coarse and fine particles in mass concentration. This paper provides examples of measurements of the number concentration of particles in the air which families are exposed to in their daily lives. In particular, the number concentration of ultra-fine particles in homes can increase several times during the day compared to dwellings with clean air concentrations. Clean air concentrations represent up to 4,000 particles in cm^3 . Early morning concentrations of ultra-fine particles in living areas were high but these decreased to low values when peak hour traffic lessened in the late afternoon. Further, it is quite interesting, but logical, that vacuuming rooms increases the concentration of household ultra-fine particles.

Key words: air pollution, ultra-fineparticles, microparticles, indoor concentrations

Malé častičky tuhých alebo kvapalných látok, celosvetovo označované ako PM (*particulate matter*), sú rozptýlené v ovzduší všade okolo nás, pretože sú tvorené veľkým množstvom zdrojov. Mnoho zdrojov týchto častíc je prírodnej povahy, napr. morské aerosóly, púštny prach, neúmyselné lesné požiare a i. Nespočetné množstvo zdrojov prachu vytvára človek svojou činnosťou, napr. z dopravných ciest, z obrábaných polí, z ťažby surovín, z nakladania s prašnými materiálmi a surovinami, z výroby energie a rôznych priemyselných činností. Tieto častice vznikajú aj chemickými reakciami jednoduchých zlúčenín v ovzduší. Táto zmes znečisťujúcich látok môže obsahovať elementárny a organický uhlík (vrátane komplexných organických zlúčenín), sírany, dusičnany, amónne soli, chlorid sodný, minerálny prach, vodu a niektoré kovy. Niektoré z týchto častíc sú primárne tuhé častice – emitované priamo do vzduchu zo zdroja znečisťovania ovzdušia, ako automobilová doprava alebo priemyselné výroby. Sekundárne tuhé častice sú tvorené reakciami medzi znečisťujúcimi látkami v ovzduší (napr. NO_2 , SO_2 , NH_3) a vytvárajú hlavne aerosóly síranu amónneho a solí dusičnanov. Ďalšie sekundárne tuhé častice tvoria významný príspevok k celkovému znečisteniu tuhými časticami.

Z hľadiska miesta pôvodu skúmame, či rozptýlené (suspendované) častice v ovzduší pochádzajú z rôznych lokálnych alebo regionálnych zdrojov, alebo dokonca aj z cezhraničných zdrojov. Napríklad z času na čas sa na Slovensko do ovzdušia dostáva aj prach zo Sahary. Regionálne a cezhraničné prenosy vytvárajú tzv. pozadovú úroveň znečistenia ovzdušia, t. j. koncentráciu tuhých častíc v ovzduší v lokalitách, kde chýbajú závažnejšie lokálne zdroje znečisťovania ovzdušia.

Pri znečisťovaní ovzdušia tuhými alebo kvapalnými časticami sa používajú rôzne pojmy, ako sú suspendované častice, dym, prach, hmla, aerosól. Suspendované častice zahŕňajú tuhé alebo kvapalné častice v plyne. Častejšie používaným všeobecným pojmom pre tuhé a kvapalné častice v ovzduší alebo inom plyne je aerosól. Tuhé častice v ovzduší podľa zdroja vzniku sa označujú ako dym alebo prach, zatiaľ čo kvapalné častice v ovzduší sa označujú za hmly.

Cieľom tohto príspevku je uviesť najdôležitejšie poznatky k ďalšiemu štúdiu znečisteného ovzdušia aerosólmi, čo je v súčasnosti mimoriadne aktuálna problematika. Sú uvedené základné charakteristiky tuhých častíc, možnosti merania ich rôznych koncentrácií v ovzduší, a niektoré výsledky reálnych meraní v každodennom živote človeka.

Veľkosť suspendovaných častíc a ich charakteristika

Veľkosť častíc má veľký vplyv na tom, ako sa tieto častice chovajú vo vzduchu. V ovzduší sa vyskytujú častice, ktorých priemer sa môže líšiť až o niekoľko rádov, od niekoľkých nanometrov (nm) po približne 100 mikrometrov (μm). Jednotlivé rozmerové triedy častíc majú rôzne slovné pomenovanie. Tak napr. to, čo vnímame ako prach, sú častice o priemeroch 1 až 75 μm . Väčšie častice ako 75 μm až do 1 mm môžeme nazývať pieskom a vyskytujú sa v ovzduší len pri silných turbulenciách vetra.

Častice menšie ako 100 nm (resp. 0,1 μm) sa nazývajú ultrajemné častice (UFP – *ultrafine particles*). Z nich časť – častice menšie ako 50 nm – sa zvykne nazývať nanočastice. Častice menšie ako 2,5 μm sú jemné časti-

ce a častice pod 10 μm sú hrubé častice. Konvenčne sa zaviedlo označovanie častíc pod 10 μm ako PM_{10} . Analogicky $\text{PM}_{2,5}$ značí častice menšie ako 2,5 μm a podobne PM_1 predstavuje častice menšie ako 1 μm . Obdobne by sme ultrajemné častice mohli označiť ako $\text{PM}_{0,1}$. Všetky suspendované častice v objemovej jednotke ovzdušia, t. j. aj väčšie častice ako PM_{10} , predstavujú celkovú koncentráciu a označujú sa skratkou TPM (*total particle matter*). Exaktné rozlišovanie častíc je trochu komplikovanejšie, ale pre účely tohto príspevku takéto vymedzenie má dostatočnú výpovednú hodnotu.

Zdravotnícke štúdie, ktoré skúmajú vplyv aerosólov na ľudské zdravie označujú častice podľa toho, ako hlboko z hľadiska svojich rozmerov môžu preniknúť do ľudského tela. Dýchací systém človeka je ako účinný filter schopný vyfiltrovať väčšie častice z ovzdušia. Ale čím sú častice jemnejšie, tým hlbšie prenikajú do pľúc a pľúcnych alveol. Takto rozlišujeme:

- inhalovateľnú frakciu – predstavuje hmotnostný podiel celkových suspendovaných častíc, ktoré sa inhalujú cez nos a ústa. V prípade častíc, ktoré sa dajú inhalovať, sa neuvádza žiadne ostré ohraničenie rozmeru častíc. Je známe, že častice väčšie ako 15 μm sa zachytia v nose;
- torakálnu frakciu – predstavuje hmotnostný podiel inhalovaných častíc, ktoré prenikajú do dýchacej sústavy za hrtan. Sú to častice o priemere do 10 μm , čo zodpovedá frakcii, ktorú označujeme ako PM_{10} . Je dokázané, že častice PM_{10} sú dostatočne malé na to, aby prenikali do dýchacej sústavy človeka a pôsobili negatívne na jeho zdravie;
- respirabilnú frakciu – predstavuje hmotnostný podiel celkových suspendovaných častíc, ktoré prenikajú do oblasti pľúc. Táto frakcia má stredný priemer 4 μm . Z nich hlavne častice menšie ako 2,5 μm sa považujú za vysokorizikové a pri meraniach ich označujeme ako $\text{PM}_{2,5}$ alebo ako jemné častice;
- častice menšie ako 0,1 μm (menšie ako 100 nm) označujeme ako ultrajemné. Ich zdravotné dopady nie sú ešte tak široko dokumentované, ako je to v prípade

PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$. Z nich najmä častice menšie ako 20 nm prenikajú do najjemnejších pľúcnych alveol. Častice s rozmermi 0,1 – 10 μm sa označujú ako mikročastice.

Stále viac sa objavujú vedecké dôkazy o tom, že biologicky najaktívnejšou zložkou suspendovaných častíc, ktorým je človek vystavený, sú sadze (alebo elementárny uhlík). Tieto látky vznikajú pri spaľovacích procesoch, hlavne z cestnej dopravy a predovšetkým z dieselových motorov. Sadze sú súčasťou frakcie častíc PM_{10} , ale najmä $\text{PM}_{2,5}$. Prehľad niektorých suspendovaných častíc je v tab. 1.

Častice v gravitačnom poli sa postupne usadzujú na povrch – ide o depozíciu častíc. Pohybové vlastnosti a usadzovanie častíc je určované veľkosťou a hustotou častíc. Tieto parametre častíc rozhodujú o tom, do akej pravdepodobnej vzdialenosti môžu byť častice unášané vetrom predtým, než dopadnú na povrch. K tomu ešte môžu častice aglomerovať, t. j. ich počet sa znižuje, ale veľkosť častíc sa zväčšuje. K zmenám rozmerov častíc alebo hustoty môže dochádzať aj chemickými reakciami v ovzduší.

Častice o rozmeroch väčších ako 50 μm sa rýchlo usadzujú, zatiaľ čo častice o rozmeroch pod 10 μm sa usadzujú extrémne pomaly a ultrajemné častice sa prakticky neusadzujú. Preto merania koncentrácie častíc väčších ako 10 μm poukazujú na lokálne znečisťovanie ovzdušia konkrétnym zdrojom. Naopak ku koncentrácii častíc menších ako 10 μm prispieva nielen konkrétny zdroj, ale pridávajú sa k nemu pozadové koncentrácie z iných zdrojov. Napríklad vysoké úrovne koncentrácií PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ v južnom Anglicku sú často výsledkom východného prúdenia vzduchu, ktorý prináša znečistenie z Európy v kombinácii s lokálnymi emisiami. Iný veľmi dobre dokumentovaný príklad je ostravská oblasť v Česku, znečisťovaná tuhými časticami prenášanými severnými vetrami z katovickej oblasti v Poľsku, kde je koncentrovaná výroba energie na báze uhlia a ťažký priemysel (hlavne hutníctvo). Pri zmene smeru vetra na južný (menej častý výskyt) je prúdenie tuhých častíc naopak z Ostravy smerom na Katovice.

Tab. 1. Príklady výskytu suspendovaných častíc v ovzduší

| Typ častíc | Suspendované častice v ovzduší |
|---|---|
| Zmesové | usadený prach, suspendované častice (napr. $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10}) |
| Organické | častice na báze celulózy dioxíny a furány (na čiastočkách napr. zo spaľovania plastov) polychlórované bifenyly – PCB (napr. z transformátorových olejov) polycyklické aromatické uhľovodíky – PAH (napr. výfuky z dieselových motorov a zo spaľovania) |
| Anorganické | kovy (napr. olovo, kadmium, ortuť, meď, hliník, vanád, zinok) |
| Vláknové | azbest, umelé minerálne vlákna |
| Biologické (mikroorganizmy a bioaerosóly) | patogény bakteriálne toxíny a endotoxín komponenty bunkovej steny β -glukány spóry húb vírusy |

Meteorologické podmienky veľmi výrazne vplyvajú na kvalitu ovzdušia v regiónoch a konkrétnych lokalitách. Zrážky značne znižujú početnosť tuhých častíc v ovzduší. Taktiež topografické podmienky výrazne ovplyvňujú prúdenie vzduchu a tým aj kvalitu ovzdušia.

Vyjadrovanie koncentrácie aerosólu a limity znečistenia ovzdušia

V súčasnosti dokážeme merať koncentrácie častíc v ovzduší v rôznych jednotkách, ale nevieme ich celkom presne interpretovať. V niektorých prípadoch, napr. pri koncentrácii počtu častíc, ani nemáme definované limity znečistenia. Koncentraciou počtu častíc vyjadrujeme počet častíc určitých rozmerov, napr. ultrajemných častíc, v 1 cm³ vzduchu, čo sa v literatúre označuje ako #.cm⁻³. Koncentrácia počtu častíc je najdôležitejšou veličinou

pri meraní ultrajemných častíc.

Z hľadiska zdravotného dopadu je najdôležitejšou veličinou veľkosť povrchu častíc, čo sa meria hlavne pre ultrajemné častice. Rozmer tejto veličiny je $\mu\text{m}^2.\text{m}^{-3}$.

Najdôležitejšou veličinou pre hrubé a jemné častice, t. j. PM₁₀ a PM_{2,5}, je hmotnostná koncentrácia. Najčastejšie uvádzanou jednotkou hmotnostnej koncentrácie tuhých častíc v ovzduší je $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$, niekedy $\text{mg}.\text{m}^{-3}$. Hmotnosť ultrajemných častíc je prakticky zanedbateľná v porovnaní s hmotnosťou častíc PM₁₀ a PM_{2,5}, preto jej meranie alebo uvádzanie vo výsledkoch nemá veľkú výpovednú hodnotu.

Výskum častíc PM₁₀ a PM_{2,5} má oveľa dlhšiu históriu ako výskum ultrajemných častíc. Z toho dôvodu sú pre koncentrácie týchto častíc vo vonkajšom ovzduší a v ovzduší pracovného prostredia prijaté určité limity. Na Slovensku o limitoch pre vonkajšie ovzdušie pojednáva vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdu-

Tab. 2. Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a termíny ich dosiahnutia podľa prílohy č. 1 vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia

| Znečisťujúca látka | Priemerované obdobie | Limitná hodnota |
|---------------------------|----------------------|--|
| Častice PM ₁₀ | 1 deň | 50 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ sa nesmie neprekročiť viac ako 35-krát za kalendárny rok |
| | kalendárny rok | 40 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ |
| Častice PM _{2,5} | kalendárny rok | do 1. januára 2020: 25 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ od 1. januára 2020: 20 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ |

Tab. 3. Národný cieľ zníženia expozície pre častice PM_{2,5} podľa prílohy č. 4 vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia

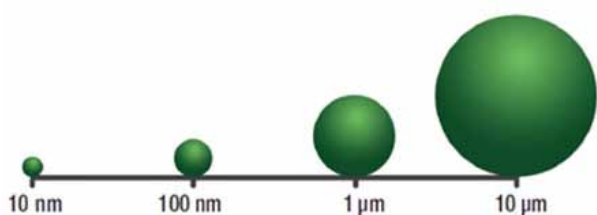
| Počiatočná koncentrácia ($\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$) | Cieľ zníženia (%) | Rok, v ktorom sa má dosiahnuť cieľ zníženia expozície |
|---|---|---|
| ≤8,5 | 0 | 2020 |
| >8,5 – <13 | 10 | |
| =13 – <18 | 15 | |
| =18 – <22 | 20 | |
| ≥22 | Všetky vhodné opatrenia na dosiahnutie 18 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ | |

Poznámka: *Indikátor priemernej expozície na referenčný rok 2010 predstavuje strednú hodnotu koncentrácie za roky 2008, 2009 a 2010. Ak však nie sú k dispozícii údaje za rok 2008, môže sa použiť stredná hodnota koncentrácie za roky 2009 a 2010 alebo stredná hodnota koncentrácie za roky 2009, 2010 a 2011.

Tab. 4. Horná medza a dolná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia časticami PM₁₀ a PM_{2,5} podľa prílohy č. 7 vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia

| Medza | 24-hodinový priemer častíc PM ₁₀ | Ročný priemer častíc PM ₁₀ | Ročný priemer častíc PM _{2,5} * |
|-------|---|---|---|
| Horná | 70 % limitnej hodnoty (35 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ sa neprekročí viac ako 35-krát za každý kalendárny rok) | 70 % limitnej hodnoty (28 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$) | 70 % limitnej hodnoty (17 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$) |
| Dolná | 50 % limitnej hodnoty (25 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ sa neprekročí viac ako 35-krát za každý kalendárny rok) | 50 % limitnej hodnoty (20 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$) | 50 % limitnej hodnoty (12 $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$) |

Poznámka: *Horná a dolná medza pre častice PM_{2,5} sa nevzťahuje na merania vykonávané na posúdenie dodržiavania cieľa zníženia expozície častice PM_{2,5} na ochranu zdravia ľudí.

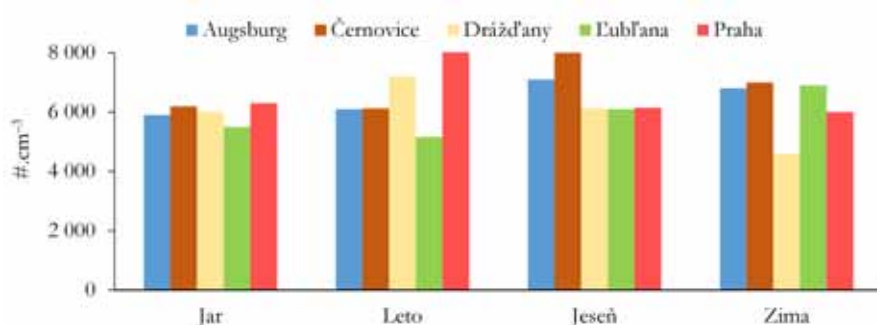


Obr. 1. Grafické znázornenie veľkosti jemných častíc. Zdroj: www.tsi.com

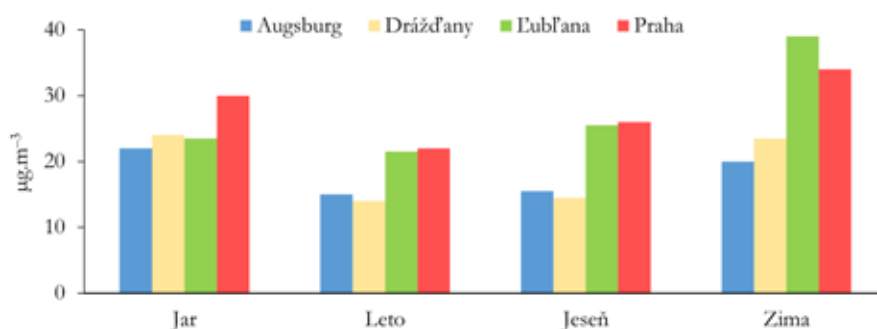
šia. V prílohe č. 1 predmetnej vyhlášky sú uvedené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a termíny ich dosiahnutia (tab. 2). V prílohe č. 4 predmetnej vyhlášky je uvedený indikátor priemernej expozície, národný cieľ zníženia expozície a záväzok zníženia koncentrácie expozície pre častice $PM_{2.5}$ a termíny dosiahnutia. Záväzok zníženia koncentrácie expozície platný od roku 2015 pre častice $PM_{2.5}$ je $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (tab. 3). Horné a dolné medze na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia časticami PM_{10} a $PM_{2.5}$ sú uvedené v prílohe č. 7 predmetnej vyhlášky (tab. 4). Vyhláška o kvalite ovzdušia pojednáva aj o upozorneniach a výstrahách pri prekročení limitných hodnôt.

Kvalita ovzdušia sa podľa predmetnej vyhlášky monitoruje:

- kontinuálnym meraním hodnôt veličín, ktorými je vyjadrená prípustná úroveň znečistenia ovzdušia, a súvisiacich meteorologických parametrov na stálych miestach;
- periodickým meraním, ktoré sa vykonáva pravidelným periodickým vzorkovaním alebo periodickým meraním na stálych miestach;
- indikatívnym oprávneným meraním kvality ovzdušia, ktoré sa vykonáva občasným vzorkovaním alebo občasným meraním na stálych miestach;
- periodickým meraním alebo indikatívnym meraním obsahu iných znečisťujúcich látok v ovzduší alebo na iných miestach ako podľa písmena a);
- časovo obmedzeným prieskumným oprávneným meraním kvality ovzdušia, ktorým sa zisťuje potreba a spôsob monitorovania veličín podľa písmen a) až d) a vhodnosť umiestnenia alebo počtu stálych meracích miest:
 - kvality ovzdušia pred uvedením a po uvedení nového stacionárneho zdroja do prevádzky;
 - vplyvu jestvujúceho stacionárneho zdroja na kvalitu ovzdušia v jeho okolí;
- kombináciou spôsobov podľa písmen a) až e).



Obr. 2. Sezónna variácia koncentrácie počtu ultrajemných častíc (UFP 10 – 100 nm) vo vybraných mestách od mája 2012 do apríla 2014 (Černovice na Ukrajine: od januára 2013 do apríla 2014). Zdroj: Handbook UFIREG Project (2014)



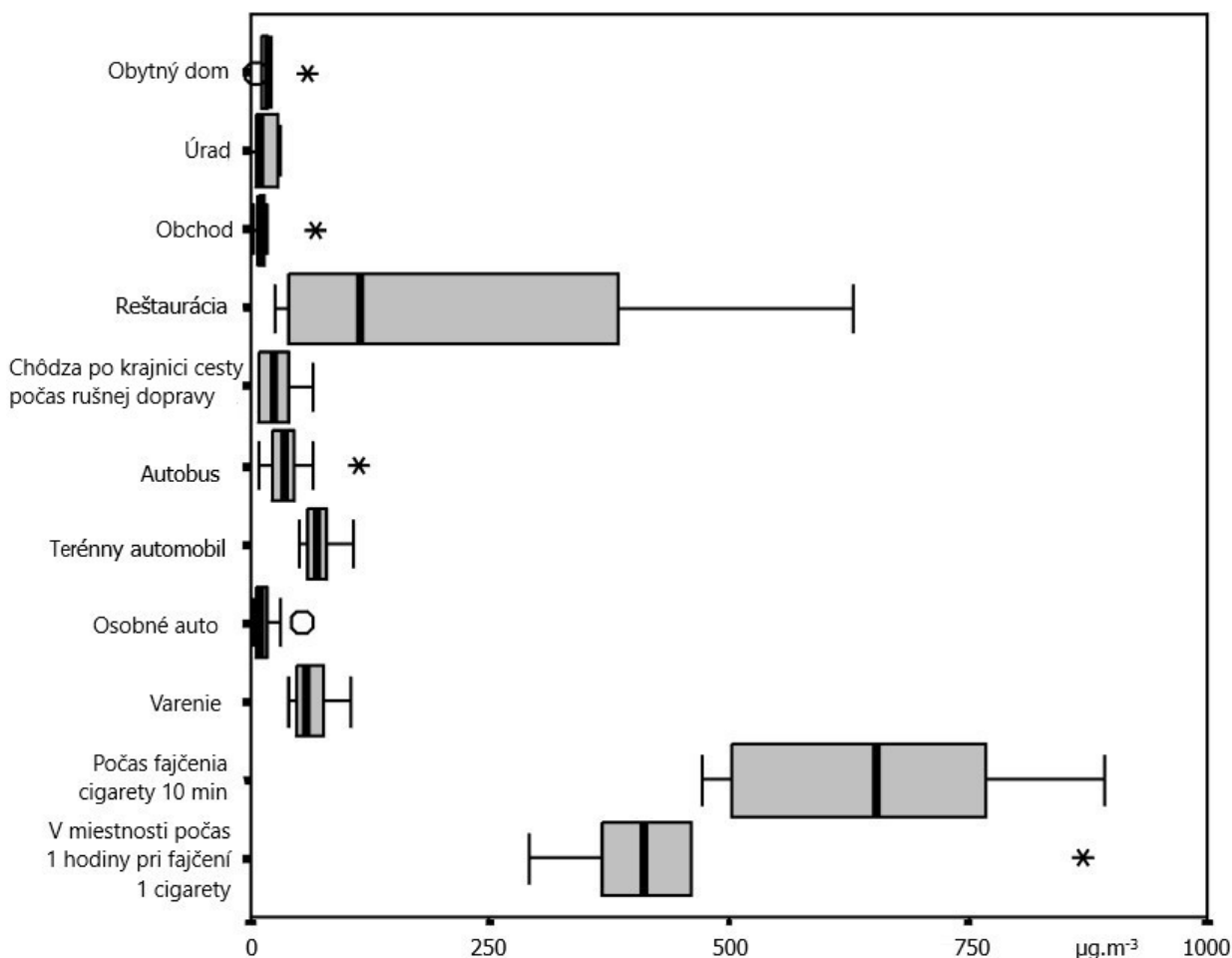
Obr. 3. Sezónna variácia hmotnostnej koncentrácie častíc PM_{10} (0,1 – 10 μm) vo vybraných mestách od mája 2012 do apríla 2014. Zdroj: Handbook UFIREG Project (2014)

Meranie koncentrácie aerosólov

Jeden analyzátor nedokáže odmerať častice v celom rozsahu veľkosti častíc od 10 nm po 10 μm . Pre bližšiu predstavu je to asi tak, ako keby sme jedným meradlom, ktoré veľmi presne odmeria 1 mm, chceli odmerať 1 km a to ešte za krátky čas.

Ak by sme za referenčnú časticu zvolili časticu s rozmerom 10 μm , tak časticu 1 μm by bolo potrebné na obr. 1 ešte zmenšiť na pätinu, aby sa ukázal reálny pomer (ale na obrázku už by skoro menšia častica nebola viditeľná). Častica 100 nm je 25-krát zväčšená oproti reálnej veľkosti a častica 10 nm je zväčšená 125-krát.

Na dnešnom trhu pôsobí mnoho výrobcov poskytujúcich nespočetné množstvo zariadení na meranie kvality ovzdušia. Tieto zariadenia využívajú nasledovné metódy merania koncentrácie pra-



Obr. 4. Hmotnostné koncentrácie frakcie PM_{2.5}, ktorým je vystavený človek počas rôznych aktivít v priebehu dňa. Zdroj: Dennekamp et al. (2002)

Vysvetlivky: Krabicové grafy znázorňujú grafické rozdelenie získaných údajov koncentrácie (µg.m⁻³) do kvartilov so zvýrazneným mediánom (čiara v strede krabice), strednou hodnotou (*) a odľahlými hodnotami (o). Čiary v grafoch zobrazujú premenlivosť mimo horných a dolných kvartilov.

chových častíc v ovzduší alebo kombinácie týchto metód:

- gravimetrickú;
- optickú;
- metódu založenú na triboelektrickom jave;
- rádiometrickú metódu.

Gravimetrická metóda

Princípom je zachytávanie tuhých znečisťujúcich látok na vhodnom type filtračného materiálu. Následne sa z rozdielu hmotností filtra pred a po odbere určí hmotnosť zachytených tuhých znečisťujúcich látok.

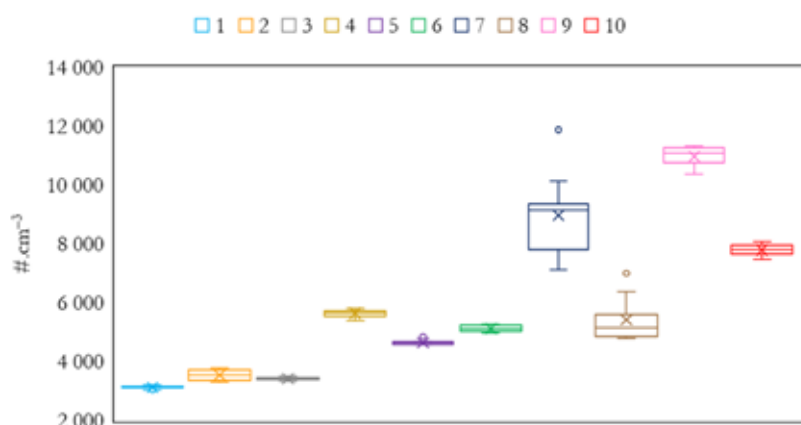
Daný princíp napr. využívajú nízkoobjemové sekvenčné analyzátory. Analyzátory monitorujú aj tep-

Tab. 5. Charakteristika meracích miest

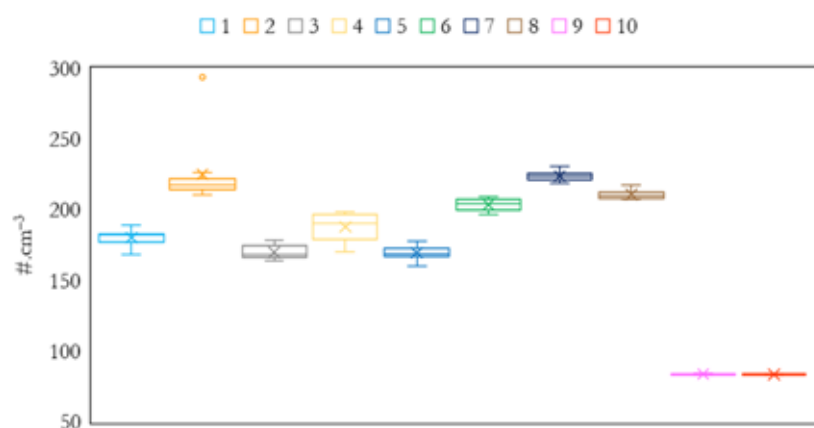
| |
|--|
| 1 – izba s balkónom na ulicu (podvečer) |
| 2 – balkón (podvečer) |
| 3 – izba 13 min. po zapnutí vysávacieho robota, miestnosť po celý čas zatvorená (podvečer) |
| 4 – izba 10 min. po vysávaní (podvečer) |
| 5 – izba 1 hod. po vysávaní (podvečer) |
| 6 – izba 3 hod. po vysávaní (večer) |
| 7 – izba (skoro ráno) |
| 8 – balkón (skoro ráno, zvýšená vlhkosť a teplota 21 °C) |
| 9 – kancelária s kobercom (vo výrobnom podniku) |
| 10 – kancelária bez koberca (vo výrobnom podniku) |

Vysvetlivky: meracie miesta 1 – 8 v mestskom byte na 4. poschodí na ulici s veľmi husto na seba napojenými bytovými domami z oboch strán ulice; meracie miesta 9 a 10 kancelárie vo výrobnom areáli

lotu a vlhkosť vzduchu. Prístroje neposkytujú informáciu o koncentrácii prachu v ovzduší v jednotlivých



Obr. 5. Koncentrácia počtu ultrajemných častíc (veľkosti 1 – 100 nm) na vybraných meracích miestach (čísla 1 – 10 podľa tab. 5) v júni 2015
Vysvetlivky: o – odľahlé hodnoty



Obr. 6. Koncentrácia počtu mikročastíc (veľkosti 0,3 – 10 μm) na vybraných meracích miestach (čísla 1 – 10 podľa tab. 5) v júni 2015
Vysvetlivky: o – odľahlé hodnoty

časoch merania, ale len bilančnú hodnotu za určité časové obdobie.

Optická metóda

Vzorka meraného plynu sa priamo nasáva do optickej komory, kde prechádza cez svetelný lúč. Vyhodnotenie merania veľkosti častíc je na princípe rozptylu svetla. Ďalej je vzorka vedená cez komoru, kde môže byť umiestnený filter na meranie hmotnosti PM pomocou gravimetrickej metódy alebo na ďalšie chemické alebo mikroskopické analýzy.

Metóda založená na triboelektrickom jave

Princípom tohto merania je stanovenie počtu častíc konkrétnej veľkosti v meranom objeme vzduchu. Jemnejšie častice sú elektricky nabíjané korónovým výbojom, v ďalšej časti prístroja vstupujú do separátora, v ktorom sa častice separujú podľa veľkosti do trinástich tried a nakoniec v prostredí pár izopropanolu sa počítajú v počítači častíc.

Rádiometrická metóda

Princíp merania je založený na absorpcii beta žiarenia vzorky zachytenej na filtračnom materiáli. Z rozdielu absorbovaného žiarenia medzi exponovaným a neexponovaným materiálom sa určí hmotnosť zachytených častíc na filtri. V závislosti od použitej vzorkovacej hlavy sa merajú hmotnostné koncentrácie PM_{10} , $PM_{2,5}$ alebo PM_1 .

Meranie koncentrácie častíc v obytných miestnostiach a kancelárskych priestoroch

Ako ukážku reálneho stavu kvality ovzdušia v obytných a kancelárskych priestoroch možno uviesť niektoré výsledky meraní zo zahraničnej literatúry a vlastných meraní. Človek výberom miesta svojho pôsobenia predurčuje aj kvalitu ovzdušia, ktoré dýcha. Na obr. 2 sú uvedené priemerné koncentrácie počtu ultrajemných častíc v niektorých európskych mestách v závislosti od ročných období. Ak si uvedomíme, že za čisté ovzdušie sa považuje to, v ktorom je koncentrácia ultrajemných častíc nižšia ako $4\,000\ \text{#.cm}^{-3}$, tak v každom uvedenom meste a v každom ročnom období je ovzdušie znečistené.

Na obr. 3 je koncentrácia PM_{10} v ovzduší uvedených miest. Limity kvality ovzdušia – priemerná ročná koncentrácia $40\ \mu\text{g.m}^{-3}$ a priemerná

denná koncentrácia $50\ \mu\text{g.m}^{-3}$ – by v uvedených mestách neboli prekročené. Napriek tomu treba uviesť, že v mnohých európskych mestách je problémom neprekračovať tieto hodnoty, nehovoriac už o mimoeurópskych mestách, napr. Pekingu. Stále väčšie obavy sú v obciach, v ktorých má prevahu vykurovanie tuhými palivami vrátane dreva. Monitorovacie stanice sa neumiestňujú do obcí, preto sa jednoznačne k tejto otázke nedá vyjadriť.

Človek pri svojich dennodenných aktivitách dýcha rôzne znečistené ovzdušie (obr. 4). Fajčenie je najvýznamnejšou negatívnou činnosťou, ktorá veľmi výrazne zhoršuje kvalitu ovzdušia v bytoch.

Uskutočnili sme vlastné merania koncentrácie počtu častíc v domácnostiach a v úradných miestnostiach. Merali sme v rôznych meracích miestach (tab. 5). Získali sme zaujímavé výsledky (obr. 5 – 7). Z nich prekvapujúco vyplýva, že skoro ráno sú koncentrácie ultrajemných častíc v obytných priestoroch

vysoké. To zrejme súvisí s vplyvom veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia (energetika na báze dreva alebo iné zdroje) a nízkym tlakom. Možno najväčší vplyv na tieto koncentrácie má ranná dopravná špička. Naopak, koncentrácie v predvečernom čase boli veľmi nízke, čo môže taktiež súvisieť s tým, že poobedňajšia dopravná špička už po 17. hodine odznela. Taktiež vysávaním sa koncentrácia ultrajemných častíc zvyšuje. Z merania vyplýva, že variabilita častíc PM_{10} nie je taká veľká ako ultrajemných častíc. Z ďalších záverov vyplýva, že v rôznych veľkostných triedach častíc sú veľmi rozdielne koncentrácie (obr. 7).

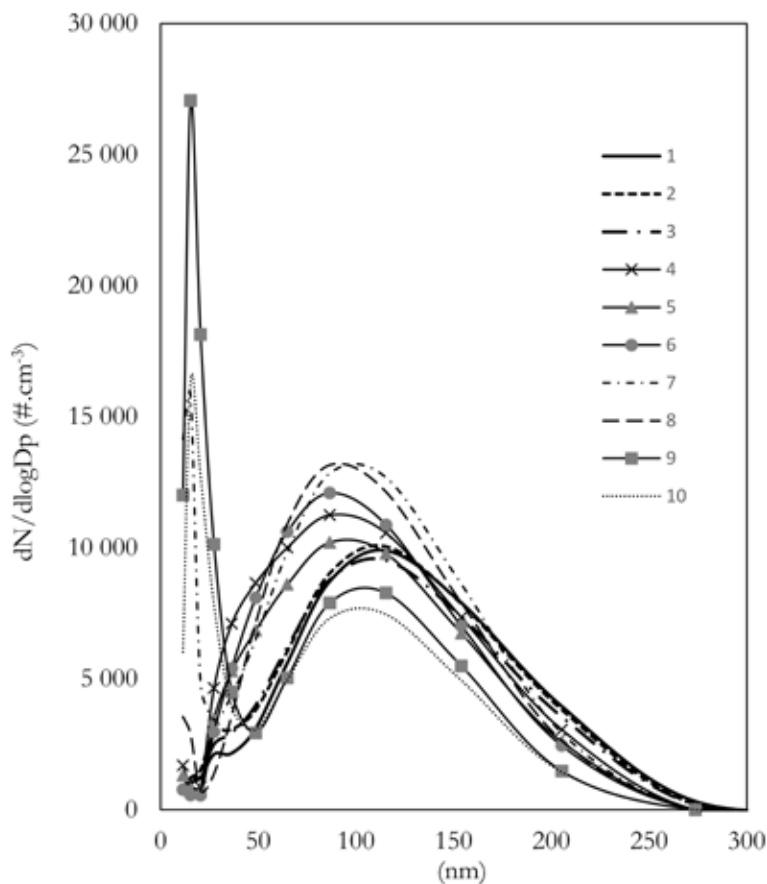
Zaujímavé sú taktiež výsledky meraní v dvoch susedných a identických pracovniach v priemyselnom areáli. Dlážka jednej pracovne bola pokrytá kobercami. V nej boli namerané najvyššie koncentrácie počtu ultrajemných častíc. Druhá pracovňa bola vybavená skromnejšie, bez kobercov, ale koncentrácie počtu ultrajemných častíc boli oveľa nižšie.

Na obr. 5 a 6 sú znázornené grafické rozdelenie získaných údajov do kvartilov so zvýraznenými strednými a odľahlými hodnotami. Ďalej sú tu zobrazené čiary, ktoré znázorňujú premenlivosť mimo horných a dolných kvartilov. Akýkoľvek bod nachádzajúci sa mimo týchto čiar alebo fúzov sa považuje za odľahlú hodnotu.

* * *

V tomto článku sú zhrnuté najdôležitejšie poznatky k ďalšiemu štúdiu znečisteného ovzdušia aerosólmi. Táto problematika je v súčasnosti mimoriadne aktuálna. Sú uvedené rozmerové triedy a základné charakteristiky tuhých častíc v ovzduší a možnosti merania ich rôznych koncentrácií. V ovzduší sa vyskytujú častice, ktorých priemer sa môže pohybovať od niekoľkých nanometrov po približne 100 μm . V poslednej časti príspevku predstavujeme niektoré výsledky reálnych meraní v každodennom živote človeka, z ktorých vyplýva, že človek je v priebehu dňa často vystavený oveľa vyšším koncentráciám v porovnaní s koncentráciami v ovzduší, ktoré je považované za čisté.

Táto práca bola podporovaná projektom Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied č. 1/0547/15 Experimentálne meranie a modelovanie fugitívnych emisií.



Obr. 7. Výsledky závislosti normalizovaného formátu koncentrácie počtu častíc v rôznych veľkostných triedach v rozsahu 10 – 300 nm ($dN/d\log D_p$) na vybraných meracích miestach (čísla 1 – 10 podľa tab. 5) v júni 2015

Literatúra

- Dennekamp, M., Mehenni, O., Cherrie, J. W., Seaton, A.: Exposure to Ultrafine Particles and $PM_{2.5}$ in Different Micro-Environments. *Annals of Occupational Hygiene*, 2002, 46, Supplement 1, p. 412 – 414.
- Handbook UFIREG Project: Ultrafine Particles – An Evidence Based Contribution to the Development of Regional and European Environmental and Health Policy (2011 – 2014). Dresden – Munich – Prague – Maribor – Kiev: UFIREG Project, 2014, 36 p.

doc. Ing. Emília Hroncová, PhD.,

emilia.hroncova@umb.sk, emilia.hroncova@gmail.com

Katedra životného prostredia Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica