

Znečisťovanie ovzdušia aerosólmi z vybraných plošných a fugitívnych zdrojov nakladania s odpadmi

Emília Hroncová¹, Juraj Ladomerský¹

¹Fakulta prírodných vied Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: emilia.hroncova@umb.sk, juraj.ladomersky@umb.sk

Souhrn

V predloženej práci uvádzame vybrané príklady znečisťovania ovzdušia aerosólmi ultrajemných častíc a mikročastíc zo skládky komunálneho odpadu a z recyklácie odpadov z elektrických a elektronických zariadení (WEEE). Skládka odpadu je veľkoplošným zdrojom prašnosti, o ktorej je dosť málo poznatkov z hľadiska frakčného zloženia častíc. Prevádzkové haly recyklácie odpadov z elektrických a elektronických zariadení majú dlhodobu otvorenú veľkorozmerovú bránu a sú druhým typom zdrojov prašnosti v oblasti nakladania s odpadmi – fugitívnych emisií. Uskutočnili sme merania koncentrácie počtu ultrajemných častíc (10 – 100 nm) a mikročastíc (0,1 – 10 μm) v terénnych podmienkach skládky komunálnych odpadov a v okolí prevádzky recyklácie WEEE technikou TSI (Optical particle sizer 3330 and Nanoscan SMPS nanoparticle sizer 3919). Koncentrácie počtu častíc v ovzduší prakticky pri suchom bezveternom počasí na skládke odpadu sa pohybovali približne v intervale od približne 2500 do 5500 ultrajemných častíc v cm³. Hmotnostné koncentrácie mikročastíc sa pohybovali v intervale 29 až 163 μg.m⁻³ (za predpokladu ρ = 1 g.cm⁻³). Koncentrácie počtu častíc v ovzduší v okolí recyklačnej haly WEEE boli v intervale približne 5000 až 40000 ultrajemných častíc v cm³ hmotnostné koncentrácie mikročastíc v intervale 28 až 47 μg.m⁻³ (za predpokladu ρ = 1 g.cm⁻³).

Kľúčová slova: skládka, WEEE, ultrajemné častice, mikročastice

Úvod

V oblasti ochrany ovzdušia prebieha v celosvetovom meradle intenzívny proces uvedomovania si vážnosti znečisťovania ovzdušia tuhými časticami a navrhovania opatrení na zmiernenie tohto znečistenia. Usudzuje sa, že na následky znečistenia ovzdušia tuhými časticami sa dĺžka života skraca. Podľa metodiky Svetovej zdravotníckej organizácie WHO na zaprášené ovzdušie v urbánnom prostredí časticami PM₁₀ (priemerná koncentrácia 31 μg.m⁻³) zomiera ročne na Slovensku 400 ľudí [1]. V ČR je to 1 700 úmrtí [2].

Najnovšie Európska komisia konštatuje neustále prekračovanie noriem kvality ovzdušia, pričom znečistenie ovzdušia časticami PM_{2.5} spôsobilo v r. 2013 v 28 krajinách EÚ 436 000 úmrtí [3]. Tieto poznatky sú veľmi dôležité aj pre oblasť nakladania s odpadmi, kde pri takmer každej činnosti sú produkované tuhé častice o rôznych veľkostiach, ktoré sa dostávajú do ovzdušia. Mnohé činnosti pri nakladaní s odpadmi sa vykonávajú aj na voľnom priestranstve alebo pri otvorených veľkých bránach prevádzkových hál, takže tieto sa stávajú zdrojom plošných alebo fugitívnych emisií.

Je známe, že minerálne častice o aerodynamických priemeroch > 30 μm sa usadzujú do vzdialenosti 100 m od zdroja, častice o rozmeroch v rozsahu 30 – 10 μm v rozmedzí 250 m až 500 m, ale častice < 10 μm môžu byť unášané až do vzdialenosti 1 km. Častice < 2,5 μm sa už prakticky neusadzujú. Je však zaujímavé, že rýchlosť disperzie ultrajemných častíc < 100 nm je oveľa nižšia ako rýchlosť disperzie plynov. Častice organických látok o nižšej hustote majú zrejme nižšiu usadzovaciu rýchlosť.

Najčastejšie mechanické procesy nakladania s odpadmi ako sú drvenie, šredrovanie, mletie, separovanie frakcií sú zdrojom aerosólov a bioaerosólov. Bioaerosólmi nazývame tuhé častice v ovzduší, ktoré obsahujú mikroorganizmy alebo ich fragmenty. Zvlášť pri dlhodobjšom skladovaní

odpadov obsahujúcich aj malý podiel organickej hmoty, môže vzniknúť závažné riziko kontaminácie prostredia bioaerosólmi.

Typickou činnosťou nakladania s odpadmi je skládkovanie odpadov, ktoré je najväčším zdrojom plošných emisií. Usudzuje sa, že počas prác na skládke odpadov, ktorými sú hlavne dovoz a pohyb zberových vozidiel, vysypávanie odpadu a rozhrňanie odpadu kompaktnými, povrchová erózia, spaľovanie skládkového plynu. Pracovníci na skládke môžu byť vystavení vysokým koncentráciám aerosólov, ktoré obsahujú rôzne minerálne a organické vlákna, bioaerosóly, kryštalický SiO_2 , kovy a pod. Množstvo vetrom unášaných častíc zo skládky závisí od rýchlosti vetra, počasia (sucho, dážď, snehová pokrývka), stavu povrchu ciest po skládke, ktoré vedú k pracovným miestam uloženia odpadu, stavu povrchu skládky a veľkosti častíc na povrchu skládky.

Najnižšie emisie tuhých častíc z povrchu skládky odpadov sú za dažďa alebo pri mokrom povrchu. Zvlhčovanie povrchu skládky odpadov sa preto môže využívať ako sekundárne opatrenie na zmiernenie znečistenia ovzdušia tuhými časticami za suchého veterného počasia. Veľký význam má denný prekryv skládky. Je dokonca patentovaný postup znižovania prašnosti skládky rozprašovaním po povrchu koncentrovaného roztoku kyseliny boritej alebo zriedeného roztoku na báze polyetylénglykolu a kyseliny boritej [4].

Je veľmi zložitá realizovať zdravotné štúdie pre osoby pracujúce na skládkach odpadov a obyvateľstvo v blízkosti skládky odpadov, ale aj v niektorých ďalších prípadoch nakladania s odpadmi v dôsledku množstva expozičných ciest škodlivín a toxikologickej rôznorodosti [5]. Doterajšie štúdie o skládkach odpadov sa výlučne sústreďujú na častice PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, hoci ultrajemné častice môžu byť oveľa škodlivejšie [6].

Veľmi žiaducou činnosťou v odpadovom hospodárstve EÚ je napr. kompostovanie alebo mechanicko-biologická úprava odpadov, ktorú považujeme za prírode blízku činnosť [7]. Lenže pri zakladaní kompostovacích kôp/základok, pri ich prevetrávaní a po ukončení procesu a sitovaní kompostu sa kompostáreň stáva zdrojom bioaerosólov. Pracovníci kompostárne môžu byť pri týchto činnostiach vystavení vysokým úrovňam koncentrácií aerosólov a bioaerosólov. Zatiaľ nemáme priame dôkazy z meraní, ale podľa kvality kalu CARDUCCI (2000) [8], zvlášť rizikové sa môže ukázať spolukompostovanie čistiarenských kalov.

Iným typom zdrojov emisií sú napr. recyklačné pracoviská, kde sa niektoré činnosti vykonávajú na vonkajšom priestranstve alebo pri otvorených veľkých bránach. Tým sa recyklačné pracoviská stávajú zdrojmi fugitívnych emisií, ale dosiaľ nie je známe, ako závažné sú tieto emisie. Logicky predpokladáme, že aerosóly z recyklácie WEEE môžu obsahovať častice rizikových kovov.

Poznatky o vplyve UFPs na zdravie človeka (kardiovaskulárny systém, respiračné choroby) nie sú v porovnaní s poznatkami o vplyve častíc PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ také rozsiahle. Neexistuje ani databáza zdrojov týchto častíc v pracovnom prostredí. Ešte menej informácií je o prípadných dopadoch zvýšených koncentrácií UFPs vo voľnom ovzduší a nie sú ani definované limity. Preto meranie koncentrácií tuhých častíc po celých výrobných areáloch je dôležitým nástrojom na prípravu opatrení na znižovanie prašnosti a spätnú väzbu, či boli opatrenia na kontrolu prachu efektívne.

Cieľom tohto príspevku je analyzovať kvalitu ovzdušia z pohľadu jeho znečisťovania tuhými časticami a ich frakčného zloženia na vybranej skládke komunálneho odpadu a v okolí prevádzkovej haly recyklácie odpadov z elektrických a elektronických zariadení. Častice zo skládok odpadov a z recyklácie WEEE môžu obsahovať rizikové kovy a iné škodlivé látky, preto je dôležité porovnávať koncentrácie počtu ultrajemných častíc alebo hmotnostné koncentrácie mikročastíc s požadovými koncentráciami (vzdialenými od týchto zdrojov) a prípadne realizovať opatrenia na ich znižovanie. Zatiaľ nie je známe, či uvedené zariadenia na nakladanie s odpadmi môžu zvyšovať hladinu ultrajemných častíc a mikročastíc v ovzduší najbližšej obytnej zástavby, či to môže byť rizikové pre obyvateľstvo a samozrejme pre pracovníkov v týchto zariadeniach.

Materiál a metodika

Výber lokality a podmienok merania

Na meranie znečistenia ovzdušia bola vybraná typická skládka komunálnych odpadov na Strednom Slovensku. Skládka odpadov slúži na odpad, ktorý nie je nebezpečný v zmysle Vyhlášky MŽP SR č. 310/2013 Z.z. v znení neskorších predpisov [9]. Jedná sa o skládku odpadov, ktorá môže prijať viac ako 10 t odpadu denne a má celkovú kapacitu väčšiu ako 25 000 t. Najbližšia obec je vzdialená 2 km.

Na skládke odpadov je ukladaný nie nebezpečný odpad sú na nej umiestnené prevádzkované zariadenia na zber odpadov, prevádzkované zariadenia na zhodnocovanie biologického odpadu kompostovaním. Celková kapacita skládky odpadov je 264 401 m³. Plocha skládky je 12 300 m².

Meranie na skládke bolo uskutočnené v priebehu jedného dňa. Zámerne bolo vybrané obdobie merania za suchého horúceho bezveterného počasia (teplota 22-30 °C, rýchlosť vetra pod 1 m.s⁻¹), ktoré poskytuje poznatky o najnižšej miere znečisťovania ovzdušia v okolí skládky odpadov. Za takýchto podmienok ultrajemné častice a mikročastice nie sú rozptyľované do širokého okolia.

Ako meracie miesta boli zvolené rozhodujúce polohy, kde sústredený pohyb zamestnancov alebo pohyb techniky – zvozové vozidlá, vyklápanie odpadu, rozloženie odpadu po povrchu aktuálnej bunky skládky bagrom a kompaktorom a nakoniec zhutňovanie odpadu kompaktorom. Na obr. 1 je uvedený náčrt aktívnej zóny skládky a popismi odberových miest.



Obr. 1 Náčrt skládky odpadov s vyznačením odberových miest

Za podobných poveternostných podmienok bolo realizované aj meranie v okolí haly recyklácie WEEE, kedy po celú dobu sú otvorené brány. Stanovišťa boli 10 m od steny budovy, aby sa predišlo aerodynamickým efektom [10].

Na každom stanovišti boli urobené dve desaťminútové merania a z týchto meraní boli vypočítané priemerné hodnoty, ktoré uvádzame v tab. 1 a tab. 2. s odstupom medzi paralelnými meraniami min. 2 h.

Metódy stanovenia koncentrácie počtu ultrajemných častíc a mikročastíc

Častice o veľkosti 10 nm až 10 μm sme analyzovali pomocou sústavy dvoch analyzátorov firmy TSI. Boli to NanoScan SMPS Model 3910 (prenosný separátor a počítač častíc rozsahu 10-350 nm) a Optical Particle Sizer Model 3330 (prenosný separátor a počítač častíc rozsahu 0,3-10 μm). Výška odberu vzorky vzduchu bola 1,5 m nad úrovňou povrchu zeme.

NanoScan SMPS Model 3910, TSI. Princípom je stanovenie počtu častíc konkrétnej veľkosti v meranom objeme vzduchu. Častice sa elektricky nabíjajú a podľa veľkosti a náboja sa potom separujú

v elektrickom poli. Nakoniec čítač vyhodnotí počet častíc v jednotlivých frakciách. Prístroj má inštalovaný predcyklón, v ktorom sa odstránia častice väčšie ako 420 nm. 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. Merateľná koncentrácia častíc v aerosóle je do 10^6 častíc.cm⁻³. Doba skenovania jednej vzorky je od 1 s a prietok plynnej vzorky/vzduchu cez prístroj minimálne 1 l.min⁻¹.

Optical Particle Sizer Model 3330

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. Rozsah priemerov identifikovaných častíc je od 0,3 μm do 10 μm. Rozlíšiteľnosť je minimálne 13 veľkostných kanálov. Minimálny rozsah meraní: hmotnostnej koncentrácie 0,001-275 000 μg.m⁻³, koncentrácie počtu častíc 1-3 000 častíc.cm⁻³. Doba skenovania jednej vzorky je od 1 s a prietok plynu min. 1 l.min⁻¹. Možnosť užívateľsky zadávať index lomu sledovanej znečisťujúcej látky.

Koncentrácie ultrajemných častíc v rozsahu veľkosti častíc 10 až 100 nm boli odčítavané z prístroja NanoScan SMPS Model 3910, a hodnoty v rozsahu 100 až 300 nm boli priradené k mikročasticiam z údajov Optical Particle Sizer Model 3330.

Výsledky a diskusia

Relatívna významnosť znečisťovania ovzdušia tuhými časticami sa líši medzi jednotlivými zariadenia nakladania s odpadmi. To závisí od typu, veľkosti a trvania operácií a povahy odpadov. Ďalej externé faktory ovplyvňujú stupeň ich emitovania a rozptyľovania. Dôležité sú meteorologické podmienky, hlavne zrážky a sila vetra. Topografia môže byť významná a zvlášť to, či sa operácie s odpadmi uskutočňujú vo vnútri budov alebo na voľnom priestranstve [10]. V prípade recyklácie WEEE sa dovoz a vykladanie, a aj krátkodobé skládkovanie uskutočňuje na voľnom priestranstve, ale celá recyklácia v uzavretých halách. V prípade skládkovania odpadov sa naopak celá činnosť realizuje len na vonkajšom priestranstve.

Činnosť na skládke odpadov sa uskutočňuje celoročne na veľkej ploche (rádovo hektáre), ale pohyb kompaktora v priebehu dňa je spravidla obmedzený na menšiu plochu (rádovo stovky m²). Výsledky meraní priemerných hodnôt koncentrácií ultrajemných častíc a mikročastíc v ovzduší sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Priemerné hodnoty merania koncentrácie počtu častíc [# /cm³], veľkosti povrchu častíc [μm²/cm³] a hmotnostnej koncentrácie [μg/m³] na skládke komunálneho odpadu

Druh častíc		M*	N**	M*	N**	M*	N**
Koncentrácia		#/cm ³	#/cm ³	μm ² /cm ³	μm ² /cm ³	μg/m ³	μg/m ³
Meracie miesta	1.	2549	5343	275,22	55,57	46,076	0,681
	2.	2615	4995	286,34	53,40	50,197	0,655
	3.	1168	2410	132,09	29,81	25,045	0,361
	4.	2389	3760	250,26	48,82	36,420	0,610
	5.	2166	3544	311,03	46,18	106,291	0,576
	6.	2051	3469	351,79	45,74	162,284	0,569
	7.	1700	2592	177,30	34,75	29,023	0,488

Poznámka: M* – mikročastice 0,1 - 10 μm, N** – ultrajemné častice 10 - 100 nm

Najvhodnejšou charakteristikou mikročastíc je ich hmotnostná koncentrácia. Pri meraní danou prístrojovou technikou sa nezisťujú skutočné hodnoty hmotnostnej koncentrácie, ale len údaje za

predpokladu, že častice majú hustotu 1 g.cm^{-3} . Aj napriek tomu sa dá z tab. 1 usudzovať, že v niektorých prípadoch hmotnostné koncentrácie mikročastíc aj pri bezvetří budú prekračovať limitné koncentrácie pre vonkajšie ovzdušie $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ (pre PM_{10}). Podobne aj v iných prípadoch boli zistené koncentrácie PM_{10} nad touto hodnotou, až do $275 \mu\text{g.m}^{-3}$ [11].

Zvýšenie dennej a ročnej priemernej koncentrácie PM_{10} je spojené s rastom mortality a znižovaním funkcie pľúc. Odporúčaná maximálna hodnota podľa dokumentu Guidelines values WHO 2006 [12] pre prijateľné zdravotné riziká a krátkodobé účinky PM_{10} , posudzované podľa priemerných 24-hodinových koncentrácií, je $50 \mu\text{g.m}^{-3}$. Pre dlhodobé účinky je odporúčaná cieľová hodnota ešte oveľa nižšia a to $20 \mu\text{g.m}^{-3}$. Prekročovanie týchto koncentrácií predstavuje vyššie riziko úmrtnosti, napr. priemerná ročná koncentrácia $70 \mu\text{g.m}^{-3}$ môže spôsobiť až o 15% vyššie riziko úmrtnosti. Pre častice $\text{PM}_{2,5}$ je určený ročný limit 25 (počítané z priemeru koncentrácií za kalendárny rok). Limity SR sú takmer rovnako prísne. Podľa vyhlášky č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení novších predpisov je denný limit PM_{10} $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ a horná medza pre hodnotenie kvality ovzdušia $28 \mu\text{g.m}^{-3}$, dolná medza $20 \mu\text{g.m}^{-3}$, ktoré by sa nemali prekročiť viac ako 35-krát za každý kalendárny rok, ročný priemer $40 \mu\text{g.m}^{-3}$. Limit pre $\text{PM}_{2,5}$ je pre kalendárny rok $25 \mu\text{g.m}^{-3}$, ktorý sa od januára roku 2020 sprísni na $20 \mu\text{g.m}^{-3}$. Horná a dolná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia časticami $\text{PM}_{2,5}$ sú $17 \mu\text{g.m}^{-3}$ a $12 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Z údajov tab. 1 vyplýva, že prejazd vozidiel spôsobí zvrátenie prachu a výrazné zvýšenie hmotnostnej koncentrácie mikročastíc na takmer trojnásobok. Ešte výraznejšie zvýšenie hmotnostnej koncentrácie spôsobuje činnosť kompaktného, približne na päť násobok v porovnaní so stavom, keď na skládke odpadov nie je pohyb tejto techniky.

Najvyššiu výpovednú hodnotu ultrajemných častíc má koncentrácia počtu častíc v ovzduší. Doplňujúcou informáciou je veľkosť povrchu, ktorá môže súvisieť s veľkosťou rizika pre zdravie človeka. Poznatkov o ultrajemných časticách zatiaľ nie je veľa predovšetkým preto, že nám unikali z nášho zorného poľa, keďže dlhé desaťročia výskum tuhých znečisťujúcich látok v ovzduší bol založený na meraní hmotnostnej koncentrácie. Preto ani pre koncentrácie ultrajemných častíc v ovzduší zatiaľ neboli definované limity. Za čistý vzduch z pohľadu ultrajemných častíc sa považuje ten, v ktorom je ich koncentrácia nižšia ako 4000 častíc v cm^3 .

Keďže pre danú oblasť ultrajemných častíc neexistujú limity, je dôležité poznať, v akej koncentrácii sa uvedené častice vyskytujú na exponovaných stanovištiach. Taktiež je dôležité, či sú tieto častice rozptýlené v blízkom okolí prevádzky a či existuje súvis jednotlivých činností vo výrobe s prípadnými koncentračnými maximami. Z údajov tab. 1. vyplýva, že za bezveterného počasia sú aj na skládke odpadov pomerne nízke koncentrácie počtu častíc v ovzduší. Ďalej je zaujímavé, že so stúpajúcou výškou sa ich koncentrácia znižuje. Navodzuje to úvahu, akoby rozptýl týchto častíc bol v nižších vrstvách menej intenzívny, čo môže súvisieť so zníženou výmenou vzduchu v závetří skládky. Je zaujímavé, že pohyb zvozových vozidiel na skládke sa neprejavil na koncentráciách počtu ultrajemných častíc v ovzduší tak, ako to bolo v prípade mikročastíc. Po odstavení prevádzky kompaktného bol pokles koncentrácie počtu ultrajemných častíc o 25 %.

Človek vníma pocitovo ovzdušie okolia skládok odpadov ako značne zaprášené. Je to zrejme spôsobené iritáciou dýchacej sústavy človeka hrubými časticami (nad $10 \mu\text{m}$) v aerosóle: Tento hrubý aerosól nemá negatívne dôsledky na zdravie človeka. Naopak častice o menších rozmerov ako $10 \mu\text{m}$ sú pre človeka závažné, pretože vnikajú hlboko do dýchacej sústavy. Je pravdepodobné, že stav vysokého znečistenia ovzdušia ultrajemnými časticami, ktoré môžu byť pre človeka nebezpečné, človek nevníma ako nadmerne znečistené ovzdušie. O to je riziko vysokého znečistenia ovzdušia ultrajemnými časticami závažnejšie. Výsledky Ray et al. (2005) [13], demonštrujú vyšší výskyt respiračných symptómov, zápaly dýchacích ciest, pokles funkcie pľúc a celý rad rôznych zdravotných problémov pracovníkov v oblasti zneškodňovania odpadov.

Hmotnostné koncentrácie mikročastíc v ovzduší hál recyklácie WEEE z našich meraní (tab. 2) sú rádovo na úrovni publikovaných koncentrácií $\text{PM}_{2,5}$ v okolí objektov spracovania kovov (medzi 50 až $100 \mu\text{g.m}^{-3}$) [14]. Neistotou nášho výsledku však je použitie štandardného údaju o hustote častíc 1 g.cm^{-3} , pretože skutočná hodnota hustoty nie je známa. Koncentrácie počtu nanočastíc v okolí hál recyklácie WEEE sú za bezveterného počasia jasne vyššie ako na skládke odpadov. Vysoké sú predovšetkým

koncentrácie počtu nanočastíc vo vonkajšom ovzduší v blízkosti otvorených dverí recyklačnej haly, kde sa nakladá s jemným odpadom elektrických a elektronických zariadení.

Tab. 2 Priemerné hodnoty merania koncentrácie počtu častíc [$\#/cm^3$], veľkosť povrchu častíc [$\mu m^2/cm^3$] a hmotnostnej koncentrácie [$\mu g/m^3$]

Druh častíc	M*	N**	M*	N**	M*	N**	
Koncentrácia	$\#/cm^3$	$\#/cm^3$	$\mu m^2/cm^3$	$\mu m^2/cm^3$	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	
Meracie miesta	1.	1467	10292	259,96	53,48	47,452	0,575
	2.	1604	5695	218,85	52,77	28,245	0,605
	3.	1015	5003	236,29	35,75	34,158	0,384
	4.	2041	39203	281,40	139,67	39,166	1,352

Poznámka: M* – mikročastice 0,1 - 10 μm , N** – ultrajemné častice 10 - 100 nm

Meracie miesta

- 10 m od otvorenej brány haly recyklácie chladničiek – preberanie chladničiek na vonkajšom priestore a ich rozdeľovanie na recykláciu,
- 50 m od lokality preberania chladničiek na vonkajšom priestore a ich rozdeľovanie na recykláciu - môže byť ovplyvnené inou činnosťou,
- 10 m z opačnej strany haly recyklácie chladničiek – v blízkosti otvorenej brány sa nevykonáva činnosť, ktorá by výraznejšie znečisťovala ovzdušie,
- 10 m od otvorených dverí haly recyklácie elektrických a elektronických zariadení, vysoká prašnosť v oblasti dverí z nahŕňania napadanej drte na dopravný pás.

Z výsledkov tab. 2 vyplývajú podnety, akými opatreniami znížiť vysoké koncentrácie ultrajemných častíc v okolí hál recyklácie elektrických a elektronických zariadení.

Záver

Boli uskutočnené merania koncentrácie počtu ultrajemných častíc (10 – 100 nm) a mikročastíc (0,1 – 10 μm) na skládke komunálnych odpadov a v okolí haly recyklácie odpadov z elektrických a elektronických zariadení za suchého, prakticky bezveterného počasia. Získala sa tým predstava o najnižších koncentráciách týchto častíc na a v okolí uvedených disperzných zdrojov znečisťovania ovzdušia tuhými časticami.

Výsledky ukázali, že koncentrácie počtu ultrajemných častíc sú vyššie v okolí haly recyklácie elektrických a elektronických zariadení a hmotnostné koncentrácie naopak na skládke odpadov.

V ďalších etapách budú uskutočnené opakované merania za suchého počasia pri rôznych rýchlostiach vetra. Bude uskutočnený monitoring na hraniciach skládky odpadov.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied č. VEGA 1/0547/15 „Experimentálne meranie a modelovanie fugitívnych emisií“.

Literatúra

- [1] Country profiles of Environmental Burden of Disease. Slovakia. Public Health and the Environment. Geneva 2009. Dostupné na: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/slovakia.pdf?ua=1
- [2] Dostupné na: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/czechrepublic.pdf?ua=1

- [3] James Crisp. 23 EU countries are breaking European air quality laws. 7.2.2017. Dostupné na: www.EurActiv.com
- [4] McDamel, K. K. High concentration boric acid solidification process. US Patent No. 4,664,895. 1987. Donald C. Roe, David M. Polizzotti: METHODS FOR SUPPRESSING FUGITIVE DUST EMISSIONS. US Patent No. 5,194,174. 1993.
- [5] Mitis, F., Martuzzi, M. Population health and waste management: scientific data and policy options. Report of a WHO workshop Rome, Italy, 29-30 March 2007. Copenhagen Ø, Denmark, World Health Organization, Regional Office for Europe. 2007. Dostupné na: www.euro.who.int
- [6] Macklin, Y., Kibble, A., Pollitt, F. Impact on health emissions from landfill sites. London, Health protection agency. 2011
- [7] Green Paper. On the management of bio-waste in the European Union. Commission of the European Communities. Brussels, 3.12.2008. Dostupné na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0811&from=EN>
- [8] Carducci, A. Assessing airborne biological hazard from urban wastewater treatment. Wat. Res. Vol. 34, No. 4, 1173-1178, 2000.
- [9] Vyhláška MŽP SR z 18. septembra 2013 č. 310/2013 Z.z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o odpadoch.
- [10] Monitoring Particulate Matter in Ambient Air around Waste Facilities. Technical Guidance Note (Monitoring) M17. Environment Agency. July 2013.
- [11] Eleftheria Chalvatzaki, Thodoros Glytsos and Mihalis Lazaridis: A methodology for the determination of fugitive dust emissions from landfill sites. International Journal of Environmental Health Research, 2015. Vol. 25, No. 5, 551–569
- [12] Guidelines values WHO 2006.
- [13] Ray, M. R., Roychoudhury, S., Mukherjee, G., Roy, S., Lahiri, T. Respiratory and general health impairments of workers employed in a municipal solid waste disposal at an open landfill site in Delhi. International Journal of Hygiene and Environmental Health. Vol. 208, Issue 4, 2005, 255–262.
- [14] Şahin, Ü. A., Kurutaş, B. Assessment of fine particulate matter and gaseous pollutants in workplace atmosphere of metallic industry. Bull Environ Contam Toxicol. 2012, 89: 898-904.