

VZORKOVANIE ATMOSFÉRICKÉHO AEROSOLU Z HĽADISKA SPRÁVNOSTI A BEZPEČNOSTI

Maroš SIROTIK – Michaela KLAČANSKÁ - Alica BARTOŠOVÁ

SAMPLING OF ATMOSPHERIC AEROSOL WITH REGARD TO ACCURACY AND SAFETY

ABSTRAKT

Atmosférický aerosól je všadeprítomnou zložkou atmosféry. Vďaka svojim malým rozmerom sa ľahko dostáva do ľudského organizmu a prináša viaceré zdravotné riziká. Cieľom tohto príspevku je popísať riziká pri vzorkovaní atmosférického aerosólu, navrhnúť preventívne a ochranné opatrenia na ich zníženie, prípadne vylúčenie.

Kľúčové slová: atmosférický aerosól, vzorkovanie, bezpečnosť

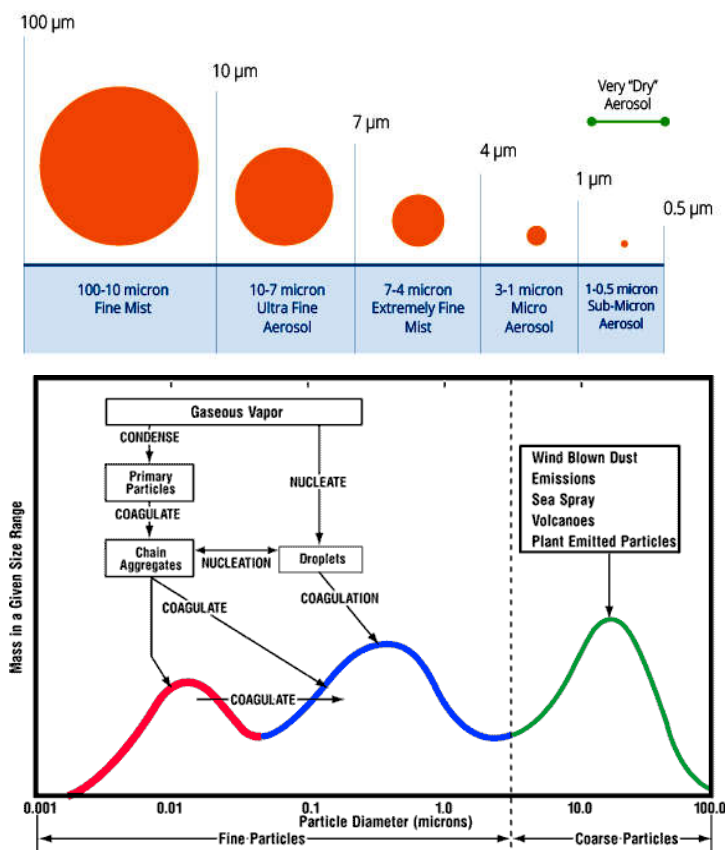
ABSTRACT

Atmospheric aerosol is a ubiquitous component of the atmosphere. Due to its small size can easily get into the human body and provides a number of health risks. The aim of this paper is to describe the risks of air sampling, suggest preventive and protective arrangements to reduce it, or possibilities of their exclusion.

Key words: atmospheric aerosol, sampling, safety

ÚVOD

Pod pojmom atmosférický aerosól sa rozumie súbor tuhých, kvapalných alebo zmesných častíc s veľkosťou 1 nm–100 µm suspendovaných v atmosfére. Veľkosť častíc aerosólu sa charakterizuje ekvivalentným priemerom - priemerom gule, ktorá by mala rovnaké vlastnosti ako merná častica. Najčastejšie sa charakterizujú aerodynamickým priemerom, čo je priemer gule s hustotou 1 g cm⁻³, ktorá má rovnakú sedimentačnú rýchlosť ako nami meraná častica. Ďalšou možnosťou je charakterizácia častice podľa Stokesovho priemeru, t.j. priemeru gule, ktorá má rovnakú hustotu a sedimentačnú rýchlosť ako meraná častica [1].



Obr. 1 Veľkosť častíc a obvyklé veľkostné rozloženie aerosólu [2]

Atmosférický aerosól môže byť *prírodného* (piesočný prach, častice morskej vody, popol a sadze z požiarov, sopečná aktivita) alebo *antropogénneho* pôvodu (vypaľovaním lesných porastov, z dopravy a priemyslu). [3] Rozlišujeme dva druhy atmosférického aerosólu: *primárny aerosól* – častice aerosólu sú emitované priamo zo zdroja a *sekundárny aerosól* – vzniká chemickou reakciou plyných prekursorov v atmosfére. Plyné prekursory sú v atmosfére oxidované ozónom alebo rôznymi radikálmi (NO_3^* , OH^*) za vzniku menej prchavých zlúčenín, ktoré sa následne sorbujú na aerosóloch. Významným zdrojom OH^* je fotolýza ozónu, HONO alebo HCHO [4] Hlavnou zložkou sekundárneho aerosólu sú anorganické zlúčeniny, najmä dusičnany a sírany (NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), ktoré vznikajú reakciou kyselín s amoniakom. Všeobecne, atmosférický aerosól obsahuje anorganické aj organické zlúčeniny. Okrem vyššie uvedených anorganických zlúčenín sú bežnou súčasťou aerosólov aj (toxické) kovy. Organická zložka tvorí 10 – 70 % hmotnosti aerosólu a na základe tlaku pár a teploty sa pohyblivo vydeľuje do pevnej alebo plynnej fázy. Jedná sa hlavne o aromatické uhľovodíky, anhydridy monosacharidov, vyššie alkány alebo alkény z antropogénnych zdrojov, terpény alebo seskviterpény z prírodných zdrojov. Bežne sa označujú ako organický uhlík (OC). [5,6] V urbanizovaných celkoch tvorí až 30 % celkovej hmotnosti aerosólu. [3] Ďalšou jeho významnou zložkou je elementárny uhlík (EC). Celkové množstvo uhlíka (TC) je dané súčtom elementárneho a organického uhlíka. [7] Ako je znázornené na obrázku 1, v bežnom aerosóle sú hlavne zastúpené jemné častice s veľkosťou okolo 20 nm (tzv. nukleálny mód), ktoré vznikajú v dôsledku vysokoteplotných procesov a fotochemických reakcií a častice s veľkosťou okolo 300 nm (tzv. akumulčný mód), ktoré vznikajú koaguláciou a agregáciou jemnejších častíc. Častice s veľkosťou do veľkosti 50 nm sa označujú ako nanočastice a do 100 nm sú označované ako UF (ultrafine). Väčšie, tzv. hrubé častice (nad 2,5 μm) vznikajú hlavne mechanickými silami – jedná sa o priemyselný prach alebo prach z dopravy. Suma častíc všetkých veľkostných frakcií sa označuje TSP (total suspended particles).

Aerosól ovplyvňuje klímu, meteorologické procesy, viditeľnosť, je príčinou zmeny pH pôdy, vody a vegetácie (kyslý a alkalický prášny spad). V ovzduší sú najbežnejšie častice s priemerom okolo 0,3 μm . Ak je ich hustota v ovzduší väčšia ako 1 % hustoty vzduchu, hovoríme o oblaku aerosólov. Ako dym označujeme aerosól pevných častíc s veľkosťou obvykle menších než 0,05 μm (jedná sa o zhluky častíc vznikajúcich pri vysokoteplotných procesoch). Pevné čiastočky prítomné v atmosfére rozptyľujú slnečné žiarenia, dochádza k narušeniu radiačnej rovnováhy a zníženiu povrchových teplôt. S rastúcim množstvom pevných častíc v atmosfére rastie aj množstvo kondenzačných jadier, z ktorých vznikajú zrážky. Množstvo častíc v ovzduší závisí nielen na oblasti, kde sa vykonáva monitoring, ale aj na dennej dobe. K nárastu koncentrácie častíc dochádza pravidelne v raných a popoludňajších hodinách, v dôsledku dopravy. [6] Typické sú aj sezónne výkyvy leto / zima v dôsledku vyšších energetických nárokov v zime.

Významné je zdravotné riziko aerosólu – najmä častíc malého rozmeru, ktoré sú schopné transportu na veľké vzdialenosti. [4] Z hľadiska pôsobenia aerosólov na zdravie človeka sa musí brať do úvahy veľkosť a tvar častíc, expozičný čas, koncentrácia, špecifické nepriaznivé účinky daného aerosólu, zdravotný stav a individuálne charakteristiky každého človeka (napr. odchýlky v ošetrovacej schopnosti dýchacieho systému, imunitný stav, sprievodné pľúcne choroby, fajčenie, pohlavie, vek, rasa). Treba však podotknúť, že pri alergizujúcom a infekčnom agense neplatí kvantitatívny vzťah medzi koncentraciou a expozičným časom.

Pre potreby monitorovania zdravotného rizika aerosólov, ktoré narastá so znižujúcou sa veľkosťou častíc, sa definovali veľkostné frakcie atmosférického aerosólu PM_{10} (aerosól s časticami s aerodynamickým priemerom menším než 10 μm), $\text{PM}_{2,5}$ (aerosól s časticami s aerodynamickým priemerom menším než 2,5 μm) a PM_1 (aerosól s časticami s aerodynamickým priemerom menším než 1 μm). Aerosól PM_x predstavuje zvolený súbor častíc, ktorý je odberovým zariadením odseparovaný s 50 % účinnosťou. Častice s väčším priemerom sú separované s účinnosťou 100 % a častice s menším priemerom oddelené nie sú. [4] Častice PM_{10} sú vo väčšej miere po vdýchnutí zachytené na sliznici nosa alebo úst. Častice $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 sa naopak môžu dostať hlbšie do dýchacích orgánov, kde spôsobujú astmu, bronchitídu, znižujú funkčnosť pľúc či kardiovaskulárneho systému. [8]

Dôležitú úlohu pri prenikaní aerosólu do ľudského organizmu zohráva veľkosť častíc a priemer dýchacích ciest. Približne 90 % deponovaného aerosólu preniká do hrtna, pričom určitá časť aerosólu sa postupne odstraňuje mukociliárnym transportom. Pri zvýšenej produkcii spúta a jeho zadržiavaní v dýchacích cestách sa vytvárajú podmienky pre vznik a rozvoj bakteriálnej a vírusovej infekcie. Pri spolupôsobení ďalších faktorov dochádza k poškodeniu riasinkového epitelu dýchacích ciest a postupne sa zhoršuje mukociliárny transport. Tieto zmeny sa najskôr prejavujú simplexnou bronchitídou so zvýšenou produkciou spúta a neskôr sa rozvinú v chronickú bronchitídu. Najnebezpečnejšie sú aerosóly s priemerom častíc 1 – 3 μm , pretože tie sa dostávajú až do terminálnych bronchiolov. Nakoľko sliznica v týchto častiach neobsahuje riasinkový epitel ani pohárkovité bunky, je eliminácia aerosólu výrazne sťažená. Do činnosti sa zapájajú alveolárne makrofágy, ktoré môžu určité množstvo aerosólov transportovať do vyšších častí dýchacieho systému. Pri fibrogénnom prachu však už aj malé množstvo kremeňa (najmä kristobalitu a tridymitu) narušuje pohybovú aktivitu alveolárnych fagocytov. Ukladanie minerálnych aerosólov v pľúcach spôsobuje pneumokoniózu. [10]

Na biologické účinky aerosólov v pľúcach má vplyv jeho fyzikálno-chemické zloženie. Z tohto hľadiska sa aerosóly rozdeľujú do 5. kategórií:

1. pevné aerosóly s prevažne fibrogénnym účinkom
2. pevné aerosóly s možným fibrogénnym účinkom
3. pevné aerosóly s prevažne nešpecifickým účinkom
4. pevné aerosóly s prevažne dráždivým účinkom
5. minerálne vláknité pevné aerosóly. [11]

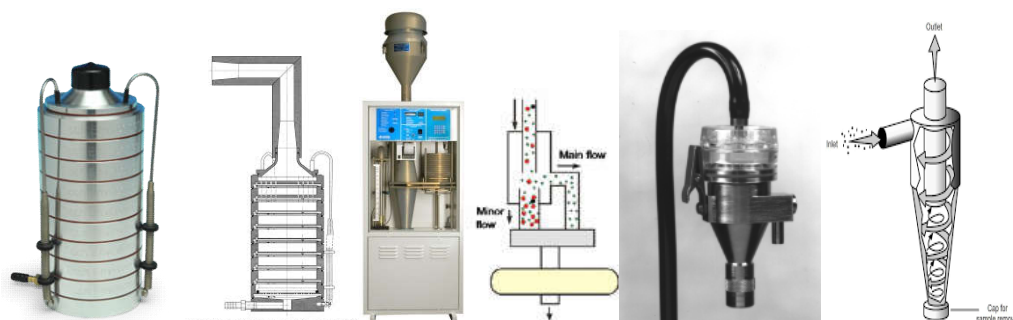
Vo všeobecnosti môžeme povedať, že rozpustnejšie aerosóly vyvolávajú prevažne akútne zápalové reakcie a pľúcny edém. Menej rozpustné aerosóly vyvolávajú prevažne subakútne, eventuálne chronické reakcie – intersticiálnu fibrózu alebo tvorbu granulómov.

ODBER VZORIEK AEROSÓLU

Cieľom vzorkovania je získanie reprezentatívnej vzorky aerosólu. To je komplikované najmä pri vzorkovaní nízkych koncentrácií PM_x , kedy vzorkovanie môže byť zaťažené pozitívnou (v dôsledku adsorpcie organických zlúčenín v plynnej fáze alebo anorganických plynných kontaminantov na filter alebo na už zachytené aerosóly) alebo negatívnou chybou (v dôsledku odparovania prchavých zložiek, napr. organických zlúčenín, NH_4NO_3 a i. z už zachytených aerosólov). Pre menšie objemy vzorkovaného vzduchu sa používajú strednoobjemové ($\sim 100 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$) a nízkoobjemové systémy ($\sim 20 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$). Väčšina systémov je automatizovaná a nevyžaduje osobitné znalosti.

PM_x je možné vzorkovať na filtroch bez výberu veľkosti častíc (tzv. TSP frakcia) alebo na filtroch pre presne definovanú frakciu aerosólu (PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1). Veľkostná frakcia aerosólu je vyberaná s pomocou selektívneho inletu, ktorý slúži na oddelenie požadovanej frakcie tým, že oddeľuje všetky častice s väčším aerodynamickým priemerom.

- Inlety pracujúce na **prípíne impaktu** sú zložené zo sady kruhových alebo obdĺžnikových trysiek. Častice s väčšou veľkosťou ako definovaný priemer v dôsledku vyššej kinetickej energie a teda aj zotrvačnosti vylietavajú z dráhy prúdu vzduchu a narážajú na dno impakčného taniera. Tu sú zachytávané v tukovej vrstve, zatiaľ čo častice so želaným priemerom (tzv. „cut-off“ frakcia) sú nesené prúdom až k filtru, kde sa zachytia. Na príípíne impakcie je založený kaskádový impaktor (napr. *Andersonov impaktor*), v ktorom každá priehradka slúži na zachytenie častíc v danom veľkostnom intervale. Tzv. virtuálny impaktor sa používa pre paralelné vzorkovanie dvoch veľkostných frakcií. Impakčná plocha tu je nahradená otvorom, ktorý vedie väčšie častice spolu s menším množstvom menších častíc. Oddelovanie je preto zaťažené určitou chybou.
- **Cyklónový inlet** pracuje na príípíne tangenciálneho pohybu vzduchu. Pri priechode vzduchu inletom je časticiam dodaná dostredivá energia, dochádza k nárazu väčších častíc než definovaný priemer na steny inletu a k ich dopadu do zberného priestoru. Menšie častice sú unášané prúdom vzduchu a zachytávané na filtri. [9]



Obr. 2 Andersonov kaskádový impaktor, vzorkovač DIGITEL HVS DHA-80 s virtuálnym impaktorom a cyklónový impaktor

Pre zachytávanie atmosférického aerosólu sa najčastejšie využívajú filtre zo sklenených alebo kremenných vlákien (vzorkovanie organických zlúčenín), prípadne teflonových alebo nitrocelulóзовých membrán (vzorkovanie anorganických zlúčenín). Dôležitými parametrami filtrov je aj ich chemická stabilita a efektivita zachytu častíc. Nevýhodou kremenných filtrov je ich schopnosť sorbovať organické látky, preto ich je nutné pred použitím vyžíhať pri vysokých teplotách.

Pri práci so vzorkovacími zariadeniami existuje množstvo nebezpečenstiev, ktoré by sa dali rozdeliť na dve skupiny a to na nebezpečenstvo vyplývajúce z manipulácie so zariadením a nebezpečenstvo súvisiace s povahou vzorkovanej látky. Najčastejšie riziká ku ktorým môže dôjsť sú:

- poškodenie vzorkovača nesprávnou manipuláciou, nebezpečenstvo porezania, pomliaždenia, drobných až vážnych poranení, úraz spôsobeným pádom zariadenia,
- v prípade nesprávne vykonaných krokov pri vzorkovaní môže dôjsť k poškodeniu vzorkovača, prípadne samotnej vzorky, jej únik čo môže viesť k drobnému zraneniu, intoxikácii, a pod.,
- v dôsledku zlého zabezpečenia zbernej jednotky môže kontaminovať zariadenie pod vonkajším krytom. Navyše, ak je nutné zberné médium (filter a pod.) po istej dobe vzorkovania vymeniť kvôli účinnosti alebo z iného dôvodu, manuálne operátorom vzorkovača, tento môže prísť s kontaminantom do kontaktu dotykom alebo inhaláciou, čo následne môže viesť k veľmi závažným ochoreniam a alergickým reakciám,
- úraz následkom popálenia pracovníkov pri dotyku na povrchu motora nasávača alebo inej časti vzorkovača, ktorá je v tepelnom kontakte so zdrojom tepla a pri zlej tepelnej izolácii alebo pri neopatrnom použití môže spôsobiť poranenie,
- zranenie spôsobené podcenením terénu,

- nevhodné meteorologické podmienky, napr.: pri zvýšenej teplote sa zvyšuje tlak pár väčšiny chemikálií, rýchlosť vetra môže ovplyvniť koncentráciu látok a. i., čo môže nepriaznivo vplývať na organizmus,
- pri neopatrnom zaobchádzaní so zariadeniami, konkrétne s ich pohyblivými časťami, môže dôjsť k pomliaždeniu, zaseknutiu prstov,
- nebezpečenstvo výbuchu, ak sú predmetom vzorkovania výbušné plyny,
- zanesenie sliznice veľkým množstvom prachu,
- pri úniku rádioaktívnych látok hrozí inhalácia s rizikom vážnych zdravotných problémov,
- úraz následkom zasiahnutia pracovníkov elektrickým prúdom pri náhodnom dotyku vodivých živých alebo neživých častí pod prúdom.

Návrhy opatrení pre zníženie rizík pri práci so vzorkovacími zariadeniami sú:

- Poškodenie vzorkovača - dôsledné oboznámenie sa s manuálom poskytnutým výrobcom vzorkovača, dôsledná manipulácia so vzorkovacím zariadením, dodržiavanie pozornosti pri manipulácii so zariadením, zamedzenie prenášania vzorkovača s vyššou váhou jednou osobou.
- Nesprávny postup pri práci - zaškolenie pracovníkov v rámci pravidiel BOZP, dodržiavanie zásad BOZP, používanie správnych nástrojov pre prácu a uistenie sa, že sú v dobrom technickom stave, a taktiež používanie osobných ochranných pracovných prostriedkov. Zamestnanec by mal byť fyzicky spôsobilý vykonávať daný typ práce v ideálnom prípade so vzdelaním v danom obore.
- Kontaminácia zariadenia - pravidelná kontrola filtračných kaziet, kontrola pred začatím vzorkovania, odstránenie filtračnej kazety okamžite po skončení vzorkovania, opatrné zaobchádzanie pri manipulácii s kazetami, označenie filtrov umiestnených v kazete špecifickým štítkom po dokončení vzorkovania, pred umiestnením do vzorkovacieho boxu.
- Vysoké teploty zariadení - pri práci so vzorkovačom vybavenom vlastným integrovaným motorom treba dbať na maximálne zamedzenie priameho kontaktu medzi zamestnancom obsluhujúcim príslušný vzorkovač a krytom motora a jeho okolia, aby sa tak predišlo popáleniam pokožky, prípadne poškodeniu ochrannej pomôcky zamestnanca a to ako popáleniu spôsobeným teplom (vysoká teplota krytu motora), tak aj popáleninám spôsobeným elektrickým prúdom.
- Podcenenie terénu - vzorkovač sa umiestňuje na rovný povrch s pevným podkladom, a pri umiestneniach vo výške sa kladie vysoký dôraz na zabezpečenie zamestnanca a dobrý prístup (konáre, tienenie stromov), venovanie pozornosti svojej vlastnej práci aj svojmu okoliu.
- Nevhodné meteorologické podmienky - vzorkovač sa umiestňuje za priaznivých poveternostných podmienok, malé prenosné vzorkovače sa neumiestňujú na miesta s častým výskytom vetra a dažďa, oboznámenie sa s meteorologickými podmienkami, používanie vhodných osobných ochranných pracovných prostriedkov proti vetru a dažďu.
- Neopatrné zaobchádzanie pri pohyblivých častiach zariadenia - dodržiavanie zásad BOZP, oboznámenie sa s manuálom poskytnutým výrobcom vzorkovača, vykonávanie pravidelných školení ohľadom práce s danými zariadeniami, dodržiavanie pozornosti pri možnom kontakte s touto časťou zariadenia, opatrná a dôsledná manipulácia so vzorkovacím zariadením a taktiež používanie osobných ochranných pracovných prostriedkov.
- Nebezpečenstvo výbuchu - nádoby obsahujúce výbušnú zmes musia byť dôkladne označené výstražnými značkami, personál manipulujúci so zariadením obsahujúcim takéto nádoby musí byť riadne preškolený, musia byť dodržané podmienky manipulácie a skladovania s týmito materiálmi podľa príslušného zákona (teplota, tlak, vibrácie), oboznamovanie a informovanie zamestnancov a zástupcov zamestnancov pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci o možnom ohrození, o prevencii a o ochrane pred výbuchom, zavedenie bezpečných pracovných postupov a poriadku.
- Prašnosť - dodržiavanie zásad BOZP, skrátenie expozície zamestnancov škodlivému faktoru - prestávky v práci, dodržiavanie bezpečnostných opatrení pri práci - zákaz jesť, piť, fajčiť pri práci, zabezpečiť u zamestnancov zdravotný dohľad a pravidelné lekárske prehliadky vo vzťahu k práci; oboznámenie sa s vypracovaným prevádzkovým poriadkom pri práci v expozícii chemickým faktorom, zabezpečovanie rekondičných alebo rehabilitačných pobytov, pravidelne vykonávať údržbu zariadení, zabezpečiť funkčnosť prirodzeného, núteného odvetrávania a odsávania škodlivín, nevypúšťať na pracovisko nepovolené osoby, zabráňovať víreniu pevných aerosólov, v prípade potreby použiť zdravotnícky materiál umiestnený v lekárničke prvej pomoci, prestávky tráviť v priestore bez expozície aerosólom.
- Rádioaktívne látky - dodržiavanie zásad radiačnej ochrany pri práci s rádioaktívnymi látkami, pri skladovaní týchto látok je nutné používať aktívne tienenie (typ v závislosti od typu emitovaného žiarenia), zamestnanec musí mať počas celej doby vzorkovania na sebe umiestnený osobný dozimeter schopný merať aj veľmi nízke efektívne dávky (0,1 µSv), dodržiavať limit pre expozíciu karcinogénom alebo mutagénom, ktorá nesmie prekročiť technické smerné hodnoty a expozičné limity.
- Nepozorné používanie elektrických zariadení - zamestnanci musia byť preukázateľne oboznámení s obsluhou elektrických zariadení, pravidelné kontroly a revízie prenosných elektrických zariadení, ideálne umiestnenie s nízkou relatívnou vlhkosťou vzduchu, neumiestňovanie vzorkovačov na vlhké povrchy, používať nevodivé ochranné pracovné prostriedky, napr. plátenné gumové rukavice.

ZÁVER

Atmosférické aerosóly majú významný vplyv na mnohé procesy v životnom prostredí a zároveň prinášajú mnohé zdravotné riziká. V príspevku sú okrem princípu vzorkovania atmosférického aerosólu načrtnuté aj prípadné ohrozenia vzorkujúceho personálu a navrhnuté prípadné opatrenia.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] DOHÁNYOSOVÁ, P., KUBINCOVÁ, L., SMOLÍK, J., SCHWARZ, J., TĎÍMAL, V. 2007: Výkladový slovník aerosolových termínů. Laborať chemie a fyziky aerosolů. Ústav chemických procesů AV ČR.
- [2] Visibility and Light Scattering in the Atmosphere [online] http://www2.nau.edu/~doetqp-p/courses/env440/env440_2/lectures/lec35/lec35.htm
- [3] FINLAYSON-PITTS, PITTS, J. Jr. 2000: Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Theory, Experiments, and Applications. Academic Press: San Diego. p. 957, ISBN: 9780122570605
- [4] JACOBSON, M., HANSSON, H., NOONE, K., CHARLSON, R. 2000: Organic atmospheric aerosols: Review and state of the science. Rev. Geophys. 38, p. 267-294.
- [5] Kořínková, A., Mikuška, P., Večeřa, Z. 2014: Složení, zdroje a analýza ve vodě rozpustných organických sloučenin v atmosférických aerosolech. Chem. Listy, 108, p. 667 – 672.
- [6] HOLOUBEK, I. Troposférická chemie. 1. vyd. MU, Faculty of Science, 2005. p. 160. ISBN 80-210-3656-7
- [7] POSCHL, U. 2005: Atmospheric Aerosols: Composition, Transformation, Climate and Health Effects, Angew. Chem. Int. Ed. 44, p. 7520 – 7540.
- [8] KAHN, Ralph., CHIN, Miam. 2009: Atmospheric Aerosol, Properties and Climate Impacts. U.S. Climate Change Science Program, p. 128.
- [9] WILLEKE, K., BARON, A. 1992: Aerosol Measurement. Principles, Techniques, and Applications; Van Nostrand Reinhold, New York, p. 1171 ISBN: 978-0-471-35636-3.
- [10] BUCHANCOVÁ, J. a kol. 2003: Pracovné lékařstvo a toxikológia. 1.vyd. Martin, Osveta, 2003. p. 84-86. ISBN 80-8063-113-1.
- [11] NARIADENIE VLÁDY SLOVENSKEJ REPUBLIKY č. 355/2006 Z.z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci [online] http://www.uvzsr.sk/docs/leg/355_2006.pdf

ADRESY AUTOROV

Maroš SIROTIK, RNDr., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >maros.sirotiak@stuba.sk<

Alica BARTOŠOVÁ, Ing., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >alica.bartosova@stuba.sk<

Michaela KLAČANSKÁ, Mgr., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnosti, environmentu a kvality, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >michaela.klacanska@stuba.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.