

Városi aeroszolok PM10 és PM2.5 frakciójának kémiai jellemzése

SZIGETI Tamás, ÓVÁRI Mihály, MIHUCZ Viktor Gábor és ZÁRAY Gyula*

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet, Környezetkémiai és Bioanalitikai Laboratórium,
Pázmány Péter sétány 1/A, 1117 Budapest*

1. Bevezetés

Az ELTE Kémiai Intézetének Környezetkémiai és Bioanalitikai Laboratóriuma több év óta foglalkozik városi aeroszolok különböző méretfrakcióinak fizikai és kémiai jellemzésével.^{1,2} Az aeroszol részecskék a gáznemű szennyezők mellett alapvető szerepet játszanak a városi levegőminőség szempontjából. Keletkezési mechanizmusuktól függően a szilárd és/vagy cseppfolyós részecskék mérete igen tág határok között változhat, néhány nanométertől egészen 100 mikrométerig. A részecskék fizikai tulajdonságai és kémiai összetétele jelentősen befolyásolja azok környezetre és az emberi szervezetre gyakorolt hatását. Egészségügyi szempontból elsősorban a 10 μm -nél kisebb aerodinamikai átmérővel rendelkező részecskék (PM10) a meghatározók. Jelentőségük miatt az Európai Bizottság 2005. január 1-jével határértéket léptetett életbe a PM10-s frakció 24 órás és éves átlag tömegkoncentrációjára (1999/30/EC). Az elmúlt évtizedben végzett kutatások során a 2,5 μm -nél kisebb aerodinamikai átmérővel rendelkező részecskék (PM2.5) kerültek előtérbe, mivel számos epidemiológiai tanulmány szoros összefüggést talált a részecskék tömegkoncentrációja és bizonyos egészségügyi megbetegedések között.³ 2010. január 1-je óta célérték vonatkozik a PM2.5 frakció tömegkoncentrációjára az Európai Unió tagállamaiban (2005/50/EC). A későbbiekben igazolást nyert, hogy a részecskék tömegkoncentrációja mellett kémiai összetételük és az okozott egészségügyi hatások között is szoros összefüggés állapítható meg.⁴ Jelenleg célértékek vonatkoznak az arzén, kadmium, nikkell és poliaromás szénhidrogének PM10-es méretfrakcióban mérhető koncentrációjára. Ólom esetében már korábban éves határérték lépett életbe. Mindezek felül, számos határérték vonatkozik gyárak, telephelyek munkahelyi levegőminőségére a légszennyezettségnek kitett dolgozók egészségének megóvása érdekében. Meghatározó jelentőségű például a hegesztés során képződő aeroszolok fizikai és kémiai jellemzése, illetve azok inhalációjának kiküszöbölése.⁵ Szintúgy fontos az egyéb beltéri tevékenységekhez (pl. irodai munka) kapcsolódó levegőminőség vizsgálata, mert az épületek nem megfelelően működtetett és karbantartott légkondicionáló rendszerén keresztül bejuttatott aeroszol részecskék, valamint az épületekben keletkező légszennyező komponensek kihatnak az ott dolgozók egészségére. Ezen utóbbi esetben jelentős szerepet játszanak a műanyag padlókból, a préselt farostlemez bútorokból és tisztítószerkekből származó illékony szerves alkotók, illetve ezek reakciótermékei a fénymásolás során képződő ózonnal, továbbá a külső légtérből a légkezelő rendszeren keresztül bejutó, valamint a ventilációs rendszer kopása során keletkező részecskék.

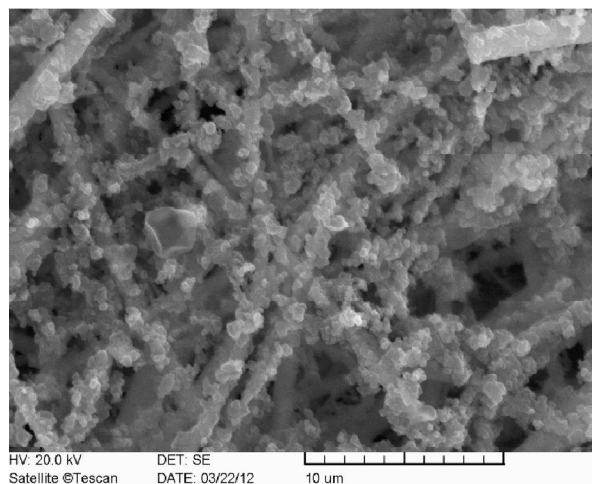
A városi aeroszolok kémiai jellemzéséhez célul tűztük ki a részecskék kémiai összetételéről információt adó analitikai

* Tel.: 372-2601; fax: 372-2601; e-mail: zaray@ludens.elte.hu

kémiai módszerek kidolgozását és validálását, majd ezek felhasználásával összehasonlító vizsgálatok elvégzését nagyvárosok levegőminőségének megítéléséhez nemzetközi kooperációk keretében.

2. Mintavételi kampányok

A PM10 frakció tömegkoncentrációjára vonatkozó határérték bevezetését megelőzően, 2004 augusztusától 3 éven keresztül a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőséggel együttműködve Budapest egy forgalmas pontján, a Széna téren, a PM10 frakciók havi mintavételezését végeztük nagy térfogatú mintavevő segítségével. 2010 júniusától a PM2.5 frakció folyamatos mintavételezése történik. Mindkét méretfrakció mintavételezésénél négy egymást követő munkanapon, folyamatos üzemenben, 2880 m³ levegőt áramoltatunk át a 150 mm átmérőjű kvarcszálalás szűrőkön. A szűrőn felfogott PM2.5 frakcióhoz tartozó aeroszol részecskék morfológiai képét az 1. ábra szemlélteti. A méretfrakciók tömegkoncentrációját



1. Ábra. Városi aeroszol kvarcszálalás szűrőre gyűjtött PM2.5 frakcióját alkotó aeroszol részecskék elektronmikroszkópos felvétele.

tömegméréssel határozzuk meg, majd a szűrőket szilíciumnitrid bevonatú szike segítségével több részre vágjuk a különböző célú analitikai kémiai vizsgálatokhoz. Ezen esetben természetesen feltételezzük, hogy az aeroszol részecskék egyenletesen oszlanak el a szűrő felületén.

A városi aeroszolok vizsgálatára irányuló tevékenységünket az elmúlt években kiterjesztettük Wuhanra és Isztambulra, köszönhetően a wuhani China University of Geosciences és az isztambuli Technical University munkatársaival kialakított bilaterális együttműködéseknek. Az összehasonlító

vizsgálatok a kínai várossal a PM10, míg a török város esetében a PM2.5 frakciókra irányultak.

Wuhan Kína harmadik legnagyobb városa mintegy 10 millió lakossal. A mintavétel helyszínéként a város centrumában lévő Luxiang teret választottuk, ahol a közlekedési járművek a közvetlen szennyező források. Ezt a fontos közlekedési csomópontot naponta kb. 140000 gépjármű keresztezi (a Széna téren áthaladó forgalom átlagosan 80000 gépjármű naponta). Háttérként természetesen számolni kell az ipari nagyváros üzemei és erőművei által emittált aeroszol részecskékkel is. A PM10 frakció mintavételezése 2005. szeptember és 2006. augusztus között havi rendszerességgel történt a budapesti mintavétellel párhuzamosan, közepes térfogatú mintavevő rendszer felhasználásával. A budapestitől jelentősen eltérő közlekedési eszközparkkal és szennyező forrásokkal rendelkező városban vett aeroszoliminták vizsgálatát is laboratóriumunk végezte el és az eredményeket publikálta.^{6,7}

A 2010. június és 2011. május közötti időszakban az isztambuli egyetemmel együttműködve PM2.5 aeroszol frakciók párhuzamos mintavételezése történt nagy térfogatú mintavevőkkel a két város egy-egy forgalmas pontján, havi rendszerességgel. Budapesten változatlanul a Széna téren, míg Isztambulban a Műszaki Egyetem kerítésén belül, egy hatsávos úttól csupán 15 m távolságra voltak a mintavevők felállítva. Az analitikai kémiai vizsgálatokra szintén laboratóriumunkban került sor és az eredményeket bemutató publikáció megjelenés alatt áll.⁸

3. Aeroszol vizsgálatokhoz alkalmazott analitikai kémiai mérés technikák

Az aeroszolok kémiai jellemzéséhez első lépésként az alábbi analitikai kémiai módszereket dolgoztuk ki és validáltuk:

- Induktív csatolású plazma ionforrást alkalmazó, kettős fókuszálású tömegspektrométerrel (Thermo Element 2) az aeroszol frakciókban a Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Pt, Rb, Sb, Sn, Te, Tl, U, V és Zn koncentrációjának a meghatározása a szűrők mikrohullámmal támogatott királyvizes és ultrahangos ioncserélt vizes extrakcióját követően;
- Teljes széntartalom (TC – total carbon) meghatározása C/N analízissal (Analytik Jena Multi N/C 2100 S) a szűrőkön lévő szilárd mintákból, valamint a vízoldható vegyületek teljes széntartalmának mérése ultrahangos ioncserélt vizes extrakcióval nyert oldatokban;
- Szulfát-, nitrát- és kloridion koncentrációjának meghatározása ionkromatográfiás módszerrel aeroszol frakciók vizes extraktumában;
- Ammóniumion koncentrációjának mérése spektrofotometriás úton ioncserélt vizes extrakcióval nyert oldatokban.

4. Eredmények

4.1. A budapesti és a wuhani PM10 aeroszol frakciók összehasonlító vizsgálata

Jelentős eltérés mutatkozott a két város, Budapest és Wuhan PM10 tömegkoncentrációját illetően. A kínai

városban mért éves átlagérték (81,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) közel háromszorosa volt a magyar fővárosban regisztrált átlagértéknek (27,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ez utóbbi nem haladta meg a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -s éves határértéket. A mintavételi időszak alatt mindkét városban a télen mért tömegkoncentrációk nagyobbak voltak a nyári időszakhoz viszonyítva. Ezen szezonális változás az alacsonyabb hőmérsékletnek, illetve a hőmérsékleti konverzióknak köszönhető, melyek elősegítik a gázfázisú szerves és szervetlen vegyületek kondenzációját.

A teljes széntartalom városi aeroszolok esetében három részre bontható, mégpedig szerves és szervetlen vegyületek széntartalmára, és elemi szénre. Ez utóbbi a városi környezetben az üzemanyagok tökéletlen égetése során keletkezik, és az aeroszol részecskék össztömegének akár 20%-át is elérheti. Korábbi vizsgálataink során már igazoltuk, hogy a szervetlen vegyületekhez (karbonátokhoz) rendelhető széntartalom a városi aeroszolok teljes széntartalmának csupán 1-3%-át éri el. A rendelkezésre álló C/N analízissal az elemi szén szelektív meghatározása nem végezhető el, ezért az összehasonlító vizsgálatok csak a teljes széntartalom mérésére irányultak. Megállapítottuk, hogy mindkét városban a PM10 frakció tömegén belül a szén 40-42%-ot képvisel. A széntartalmú vegyületek vízoldható hányadának meghatározására csak Budapesten került sor, ahol a vízoldható hányad átlagosan 18%-ot ért el.

Az aeroszol részecskék fő összetevői mellett a kisebb koncentrációban előforduló, főleg antropogén forrásokból származó nyomelemek koncentrációjának ismerete toxikológiai hatásuk miatt meghatározó jelentőségű. Általában elmondható, hogy koncentrációjuk a ng/m^3 tartományba esik és összességükben az aeroszol frakcióknak csupán néhány százalékát alkotják. Az 1. táblázat a Budapesten és Wuhanban gyűjtött frakciókra vonatkozó átlagértékeket tünteti fel 24 nyomelem esetében, amelyeket koncentráció nagyságrendenként csoportosítottunk. Az adatokat összehasonlítva megállapítható, hogy a Jangce partján fekvő városban a nagyszámú ipari létesítmény emissziója miatt a mért V, Ni, Cr, Ga, Pb és Zn koncentrációk a Budapesten mért értékeket 30-50-szer haladták meg.

A Budapesten vett aeroszolimintákra vonatkozó analitikai kémiai eredményeket kemometriai módszerekkel dolgoztuk fel. A királyvizes kioldással meghatározott össznyomelemkoncentrációkat – előzetes normálás és centrálás után – a Ward-féle hierarchikus klaszteranalízissel vizsgáltuk, melynek alapján különösen szembeötlő a réz és az antimon közötti szoros kapcsolat. Mindkét elem a gépjárművek fékpofáiban található meg ötvözőként és ennek kopásával kerül a légkörbe. A két elem korrelációs együtthatója 0,88.

A forrásazonosítás, illetve a további összefüggések vizsgálatának érdekében az adatokon varimax rotációt követően faktoranalízist végeztünk. Az osztályozás alapján az első csoportba kerültek a poliaromás szénhidrogének, a NO, a CO és a SO₂, amelyek forrása elsősorban a közlekedés. A második csoportot szintén a közlekedéshez köthető nyomelemek alkotják (Cd, Cu, Mo, Pb, Sb), míg a harmadik csoportba a Zn kivételével olyan nyomelemek kerültek, amelyek elsődlegesen nem közlekedési forrásból származnak (Bi, Fe, Mn, Sn, U, Zn). Ezeket még öt, kisebb varianciát leíró csoport követte. A csoportosítások

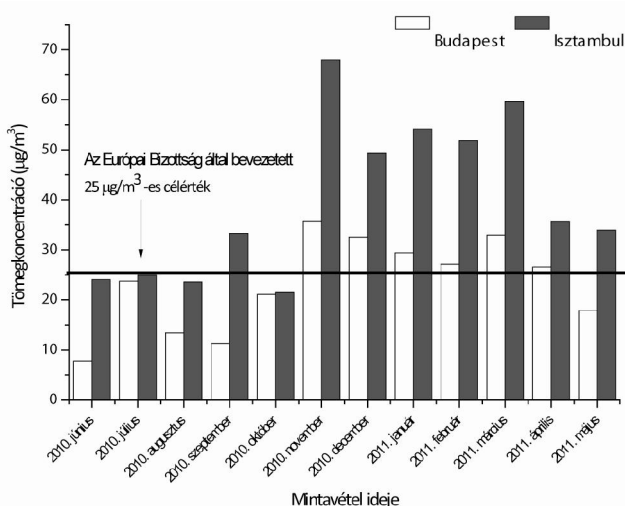
1. Táblázat: Nyomelemek koncentrációtartománya Budapesten és Wuhanban vett PM10 aeroszol frakciókban.

Koncentrációtartomány (ng/m ³)	Budapest	Wuhan
> 100	Fe	Fe, Pb, Mn, Zn
10-100	Sn, Pb, Mn, Cu, Zn	Rb, Sr, Sn, Sb, Bi Cr, Ni, Cu Cd
1-10	Rb, Sr, Sb, V, Cr, Ni, Mo, Cd	Li, Te, Tl, V, Ga, Mo, Ag
0,1- 1	Li, Bi, Co, Ga, Ag	U, Co
< 0,1	Be, Te, Tl, U, Pt	Be, Pt

alapján megállapítottuk, hogy néhány komponens esetében feltehetőleg több forrásról lehet szó (pl. Cr, Mn, Cu, SO₂).

4.2. Budapesti és isztambuli PM2.5 aeroszol frakciók összehasonlító vizsgálata

A két városban az aeroszolok PM2.5 frakciójának tömegkoncentrációja jelentős mértékben eltér, ahogy ezt a 2. ábra szemlélteti. A 25 µg/m³ EU-célértéket a Budapesten mért adatok csak a téli hónapokban haladták meg kis mértékben, de az éves átlag csak 23 µg/m³ volt. Szezonális változás itt is megfigyelhető, akárcsak a 4.1. pontban említett PM10 frakció esetében.

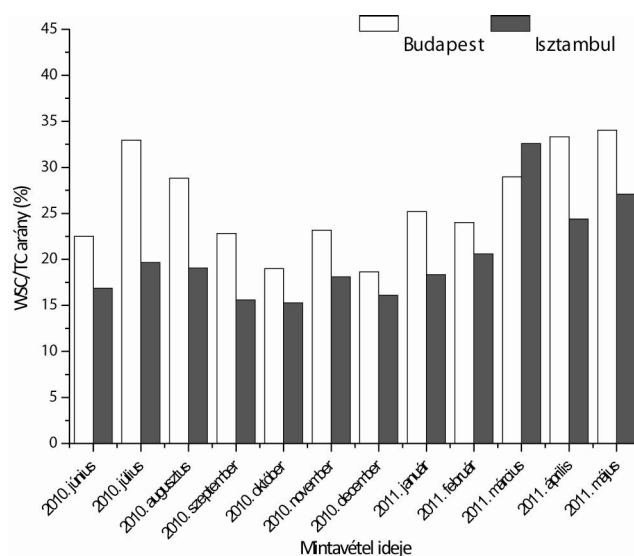


2. Ábra. PM2.5 tömegkoncentráció változása az egy éves mintavételi időszak alatt Budapesten és Isztambulban⁸

A teljes széntartalom az aeroszol frakció tömegének 40-45%-át érte el Budapesten, míg Isztambulban ez az érték csak 30% volt. Erre a jelenségre Isztambul földrajzi elhelyezkedésében kereshetjük a választ, ahol a városi levegő gyakoribb cseréje és a szerves tengeri aeroszol hozzájárulása befolyásolja az aeroszolok kémiai összetételét. A vízoldható szerves vegyületek (WSC – water-soluble carbon) részaránya a teljes széntartalomban Budapesten 25, míg Isztambulban átlagosan 20%. Mindkét városban évszaki változás figyelhető meg a WSC/TC koncentráció arányban (3. ábra). A vízoldható szerves vegyületek hozzájárulása a teljes széntartalomhoz nyáron jelentősebb, mivel a fotokémiai reakciók során több poláris funkciós csoporttal (-OH, -COOH) rendelkező szerves vegyület keletkezik, melyek jó vízoldékonysággal rendelkeznek.⁹

Az SO₂ és a nitrogén-oxidok légköri oxidációs folyamatokban vesznek részt, mely során kénsav és

salétomsav keletkezik, melyek azonnal semlegesítődnek a légkörben található ammóniával. Az így keletkező másodlagos szerves vegyületek (ammónium-szulfát, ammónium-nitrát) hozzájárulása jelentős az aeroszol frakciók tömegéhez. Tovább növelik a szerves ionok aeroszolbeli koncentrációját a tengervíz párolgása során keletkező NaCl és Na₂SO₄ részecskék. Mivel a kvarcszűrők nátriumra nézve nagy vakértékkel rendelkeznek e vegyületek alkotói közül meghatároztuk az ammónium-, szulfát-, nitrát- és a kloridionok koncentrációját. Az egy éves mintavételi kampány során mért eredmények alapján ez a négy alkotó teszi ki a budapesti és isztambuli PM2.5 frakció tömegének átlagosan 26, illetve 22%-át.



3. Ábra. WSC/TC koncentráció arány változása a mintavételi időszak alatt Budapesten és Isztambulban.

Nyomelemek vonatkozásában megállapítást nyert, hogy az Isztambulban vett aeroszol mintákban a detektálható 21 nyomelem koncentrációja 1,2-20-szor nagyobb a budapesti mintákéhoz viszonyítva (2. táblázat). A vizsgált nyomelemek közül a Pb és Cd esetében évszakonkénti változás figyelhető meg.

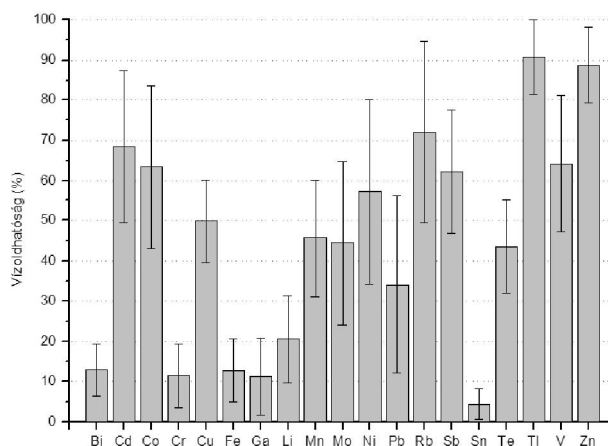
A teljes nyomelem koncentrációk mellett a vizes extrakcióval kapott értékek is meghatározóak mivel a nyomelemek biológiai hozzáférhetőségéről adnak tájékoztató információt. A nyomelemeket tartalmazó vegyületek oldhatósága a Cr, Mn, Ni és V kivételével csak egy-két százalékos eltérést mutatott a Budapest-Isztambul összehasonlításban. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a kimutatott 21 nyomelemből 17 elemnek a kémiai formája hasonló a két városban. Azonban a fenti négy elem vegyületei mintegy 20-

2. Táblázat. Nyomelemek koncentrációtartománya a budapesti és az isztambuli aeroszolok PM2.5 frakcióiban

Koncentrációtartomány (ng/m ³)	Budapest	Isztambul
>100	Fe	Fe, Zn
10-100	Zn, Pb	Mn, Pb, Cu, V
1-10	Cu, Mn, Sb, Sn, Cr	Ni, Rb, Sn, Cr, Sb
0.1-1	Ni, V, Mo, Rb, Cd, Li	Mo, Cd, Li, Co, Ga, Bi
<0.1	Ga, Bi, Co, Te, Tl, Pt, U	Tl, U, Te, Pt

22%-kal kisebb vízoldhatósággal rendelkeznek a budapesti mintákban, amely apoláris fémorganikus vegyületek vagy oxidok jelenlétére utal. Jellemző példaként a 4. ábrán a budapesti mintákkal kapott eredményeket tüntettük fel. Látható, hogy legnagyobb vízoldhatósággal a Zn- és a Tl-vegyületek bírnak, míg a nagy koncentrációban jelen levő vasnak csupán 10% van vízoldható vegyület formájában.

Az analitikai kémiai eredmények értelmezése céljából kemometriai vizsgálatokat végeztünk. A nyomelemek vonatkozásában Ward-féle hierarchikus klaszteranalízissel megállapítottuk, hogy az ólom és a kadmium kiemelt korrelációt mutat Budapesten (0,91) és Isztambulban (0,86), valamint a vanádium és nikkellel az isztambuli mintáknál (0,98). Ezen utóbbi korreláció olajtüzelésű erőmű működésére vezethető vissza. A további alkotók közötti korrelációk feltárását célzó számítások még folyamatban vannak.

4. Ábra. Nyomelemek vízoldhatósága a budapesti PM2.5-es frakcióban.⁸

5. Kitekintés – beltéri PM2.5-frakciók kémiai jellemzése

Az aeroszol kutatási területünk az elmúlt év során kibővült egy, a légkondicionált irodaházak beltéri levegőminőség-vizsgálatát célzó, OFFICAIR elnevezésű három éves európai projekttel. Résztvevők: Belgium, Dánia, Egyesült Királyság, Görögország, Hollandia, Magyarország, Olaszország, Portugália, Spanyolország egy-egy egyeteme vagy kutatóintézete. A projekt keretében a 9 országban lévő 45 irodaépületben gyűjtött PM2.5 frakciók analitikai kémiai vizsgálatát végezzük el. A projekt első lépése épületek

műszaki állapotának felmérésére irányult a következő szempontok szerint: radon, ólom, azbeszt jelenléte, kültéri légszennyezettség, bútorzat és padlóburkolat típusa, nyomtatók és fénymásolók elhelyezkedése, légkezelő berendezés működése és karbantartása, illetve takarítási ütemterv. A második lépés internetes, anonim és önkéntes alapú kérdőív kitöltése volt, mely korszerű irodaházak belső légterére és az ott dolgozók komfortérzetére irányult. Magyarországon 24 épületben végeztük az említett felmérést 2011. november – 2012. február időszakban. A kiválasztott épületek közül 3 vidéken és 21 Budapesten található. A komfortérzetre irányuló kérdőív 4215 dolgozóhoz jutott el. A kitöltési arány 34,3%, mely az uniós átlaghoz képest (27,8%) nagyobb volt. A kiértékelt kérdőív felmérés és az épületek műszaki állapota alapján 5 irodaépületet választottunk ki kül- és beltéri levegőkémiai mérések (illékony szerves vegyületek, aldehidek, ózon és nitrogén-dioxid) elvégzéséhez, illetve a kültéri és beltéri PM2.5 frakció kémiai jellemzéséhez, kiegészítve áramlási sebesség, hőmérséklet és páratartalom meghatározásokkal. Két mintavételi kampányt indítottunk: 2012 júniusában illetve novemberében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Magyar-Kínai (OMFB-00589/2007) és a Magyar-Török (OMFB-00582/2009) TÉT szerződések által nyújtott támogatásért.

Hivatkozások

- Salma, I.; Maenhaut, W.; Zemplén-Papp, É.; Záray, Gy. *J. Aerosol Sci.* **2002**, *33*, 339-356.
- Záray, Gy.; Óvári, M.; Salma, I.; Steffan, I.; Zeiner, M.; Caroli, S. *Microchem. J.* **2004**, *76*, 31-34.
- Pope, C.A.; Burnett, R.T.; Thun, M.J.; Calle, E.E.; Krewski, D.; Ito, K.; Thurston, G.D. *J. Am. Med. Assoc.* **2002**, *287*, 1132-1141.
- de Kok, T.M.C.M.; Drieste, H.A.L.; Hogervorst, J.G.F.; Briedé, J.J. *Mutation Res – Rev.* **2006**, *613*, 103-122.
- Berlinger, B.; Náráry, M.; Záray, Gy. *Sci. Tech. Weld. Joining* **2008**, *13*, 721-725.
- Muránszky, G.; Lv, W.; Óvári, M.; Yao, J.; Qi, S.; Bakircioglu, Y.; Záray, Gy. *Toxic. Environ. Chem.* **2010**, *92*, 421-428.
- Muránszky, G.; Óvári, M.; Virág, I.; Csiba, P.; Dobai, R.; Záray, Gy. *Microchem. J.* **2011**, *98*, 1-10.
- Szigeti, T.; Mihucz, V.G.; Óvári, M.; Baysal, A.; Atilgan, S.; Akman, S.; Záray, Gy. *Microchem. J.* **2012**, *in press*
- Kleefeld, S.; Hoffer, A.; Krivacsy, Z.; Jennings, S.G. *Atm. Environ.* **2002**, *36*, 4479-4490.

Chemical characterization of PM10 and PM2.5 fractions of urban aerosols

This work overviews the physico-chemical characteristics of PM10 and PM2.5 fractions of urban aerosol collected onto quartz fiber filters in Budapest, Wuhan and Istanbul. Harmonized sampling campaigns were carried out in order to make reliable comparisons on particulate matter. The goal of the investigations was to estimate the local air pollution.

Analytical methods were developed for (i) determination of trace elements by inductively coupled plasma mass spectrometry after microwave-assisted *aqua regia* and sonication-assisted water extraction, (ii) evaluation of major anions (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) as well as NH_4^+ concentrations in the aerosol samples subjected to sonication-assisted water extraction by ion chromatography and UV/Vis spectrophotometry, respectively, (iii) assessment of total and water-soluble carbons by a C/N analyzer in the samples.

In the case of the PM10 and PM2.5 fractions collected in Budapest, the concentration of the investigated parameters were found to fully comply with the target and limit values set by European Commission. Wuhan and Istanbul – being megacities- have considerably larger area, higher population, higher traffic density and more industrial activities than Budapest. Therefore, 2.7 times higher PM10 and 1.7 times higher PM2.5 mass concentrations were determined during the sampling campaigns in Wuhan and Istanbul than in Budapest, respectively. Carbonaceous compounds were the major constituents of the investigated samples, accounting for 30-45 % of the total mass. In the case of PM2.5 fractions, seasonal variation of the water-soluble carbon to total carbon ratios was

observed. The solubility increased towards the summer which may be attributed to enhanced photochemical oxidation forming oxygen containing functional groups which, in return, increases water solubility. Seasonal profiles were also observed for the contribution of the two major anions (SO_4^{2-} , NO_3^-) to PM2.5 mass in Budapest and Istanbul as well. The SO_4^{2-} /PM2.5 ratio increased during the summer period due to the enhancement of photochemical oxidation of SO_2 . Higher concentrations of the investigated compounds originating from traffic and industrial activities were also observed in Wuhan and Istanbul. Vanadium, Ni, Cr, Ga, Pb and Zn concentrations were 30-50 times higher in the PM10 fractions collected in Wuhan than those found in Budapest. By comparing the mean concentrations of the trace elements obtained for PM2.5 samples collected in Budapest and Istanbul, V, Ni, Co, Zn and Mn concentrations were 2.2-20 times higher than in Budapest. Generally, all investigated elements could be extracted into water with a similar extent in PM2.5 samples collected in Budapest and Istanbul except for Cr, Mn, Ni and V. This means that the chemical form of these elements were different in both cities. During the one-year-long sampling period, no proof of any seasonal change of trace element concentrations was found at the investigated sites except for Cd and Pb both in the *aqua regia* and water extractable fractions.

Future investigations will be extended to the identification of different groups of carbonaceous compounds as well as the physico-chemical characterization of indoor air pollutants in modern office buildings.