

## Măsurarea poluării aerului datorate traficului rutier din București

Air pollution measurements due to urban traffic in Bucharest

Răzvan Popescu<sup>1</sup>, Andrei Damian<sup>1</sup>, Lelia Popescu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Inginerie a Instalațiilor  
B-dul Pache Protopopescu nr.66, București, Romania  
E-mail: razvan22@yahoo.com

**Rezumat.** *In această lucrare s-a urmărit măsurarea poluării exterioare din campusul Universitar al Facultății de Inginerie a Instalațiilor București. Unii dintre poluanții studiați prezintă valori de concentrații apropiate de limitele maxime admise de reglementările existente și pot cauza probleme de sănătate pentru studenți și profesori. Au fost realizate comparații ale valorilor măsurate pentru o zi însorită și pentru o zi ploioasă, în vederea identificării influenței parametrilor climatici. Măsurările sunt realizate cu un autolaborator de ultimă generație, datele fiind prelevate și stocate la un interval de 30 minute. Compușii măsurați includ COV-uri, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO și particule de praf.*

**Cuvinte cheie:** BTEX, poluare trafic, laborator mobil

**Abstract.** *In this paper the aim was to measure the outdoor air pollution in the University Campus of the Faculty of Building Services. Some of the studied pollutants have values close to the maximum limits, that can cause health problems for the students and teachers. We compared the pollution levels in a rainy and sunny day to find out the influence of weather parameters. All the measurements were made with a new and modern autolaboratory, all the data being saved at 30 min interval. The measured compounds include VOCs, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO and dust particles.*

**Key words:** BTEX, traffic pollution, mobile laboratory

### 1. Introducere

La nivel mondial, traficul auto care utilizează motoare pe benzină sau motorină, prezintă emisii variate de poluanți în funcție de tehnologia de ardere a combustibilului primar. Printre cei mai importanți poluanți amintim : gazele anorganice CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, compușii organici volatili (COV) și particulele de praf [1].

Compușii organici volatili contribuie în mod semnificativ la reacțiile fotochimice din atmosferă. Reacția acestora cu NO<sub>x</sub> în prezența radiației solare generează smogul fotochimic ce cuprinde radicalii liberi OH și ozonul (O<sub>3</sub>) [2].

Compușii denumiți BTEX (benzen, toluen, etilbenzen, p-xilen și o-xilen) se regăsesc în benzină în proporție masică de 18%.

Benzenul este bine cunoscut ca fiind cancerigen [3] și responsabil de modificari genetice, chiar dacă oamenii sunt expuși la doze scăzute. În mod normal concentrația acestuia nu este afectată semnificativ de precipitațiile lichide (apa de ploaie), nefiind solubil în apă. Toluenu este mai puțin toxic, dar cauzează probleme ale ficatului și rinichilor [4]. Uzual în atmosferă există mai mulți poluanți care pot genera efecte sinergice, însă toluenu și benzenul pot afecta concomitent sistemul nervos central și sunt intalnitii frecvent împreună în atmosferă, având sursa de poluare comună.

Emisiile poluante din trafic sunt estimate a fi responsabile de mai mult de 50% din totalul emisiilor de particule de praf ( $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$ ), în zonele urbane din țările industrializate [5]. În Londra, mai mult de 80% din poluarea cu particule provine de la traficul auto [1].

Poluarea exterioară din zonele urbane, cum este și Bucureștiul, poate fi redusă simțitor în scopul introducerii aerului exterior la interiorul clădirilor în scopuri de ventilare (aer considerat a-priori "proaspăt" sau "curat"), utilizând metode de epurare cu filtre cu cărbune activ. Compușii organici volatili pot fi reținuți pe acest material filtrant prin fenomene de adsorbție și condensare capilară, apoi aceste tipuri de filtre sunt regenerate prin încălzire la temperaturi înalte. Ele pot fi amplasate la nivelul centralelor de tratare a aerului sau în epuratoare mobile de aer, amplasate la interior. [6,7].

S-a demonstrat că expunerea la BTEX este ridicată pentru studenții din campusurile universitare apropiate de zonele cu trafic auto intens, realizându-se o analiză de risc asupra sănătății acestora [8].

În ultimii ani, un număr însemnat de cercetători au început să utilizeze sisteme mobile de monitorizare a traficului rutier, pentru studiul calității aerului exterior, datorată în principal traficului auto [9,10]. Astfel, cu aceste echipamente se pot monitoriza atât compușii organici volatili de tip BTEX, cât și cei anorganici precum CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> și SO<sub>2</sub>, în mod continuu și pe perioade îndelungate.

Emisiile autovehiculelor sunt studiate în multe centre de cercetare, fie că vorbim de poluare cu substanțe anorganice [11,12], compusi organici volatili [13], hidrocarburi aromatice policiclice [14] sau poluare cu particule [15].

## 2. Descrierea echipamentelor utilizate

Obiectivul principal al studiului este de a determina nivelul de poluare atmosferică din campusul Facultății de Inginerie a Instalațiilor, printr-o campanie de măsurare realizată pe durata mai multor zile. Autolaboratorul (figura 1) este dotat cu mai multe echipamente care pot detecta concentrațiile la imisie pentru compușii prezentați în tabelul 1. Compușii organici volatili sunt măsurați cu ajutorul unui cromatograf de gaz, mobil, amplasat de asemenea în autolaborator. Toate datele sunt stocate pe serverul intern, iar datele sunt transmise la distanță. Parametrii meteorologici (temperatură, umiditate, radiație solară, viteză și direcție vânt) sunt măsurați și, de asemenea, pot fi utilizați pentru studiul influenței asupra poluării

atmosferice. Pentru studiul poluării cu particule de tipul  $PM_{10}$  și  $PM_{2,5}$  există două tipuri de echipamente: unul fix, amplasat în autolaborator, iar al doilea portabil, care este de fapt un numărător de particule pe anumite intervale de mărimi ale acestora.



Figura 1 : Imagine cu autolaboratorul mobil pentru măsurarea imisiilor

Tabel 1

Caracteristicile echipamentelor din autolaboratorul mobil					
Poluant	Nume	Principiul de măsurare	Interval măsurare	Limita detecție	Precizie %
BTEX	GC 5000 AMA	GC/FID	0-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.03 ppb	$\pm 1.0\%$
$\text{NO}_x$	APNA 370 Horiba	Chemiluminiscenta	0 -1.0 ppm	0.5 ppb	$\pm 1.0\%$
$\text{O}_3$	APOA 370 Horiba	Absorbție Ultraviolet	0 -1.0 ppm	0.5 ppb	$\pm 1.0\%$
CO	APMA 370 Horiba	Absorbție IR	0 -100 ppm	0.05 ppm	$\pm 1.0\%$
$\text{SO}_2$	APSA 370 Horiba	Fluorescența UV	0 0.5 ppm	0.5 ppb	$\pm 1.0\%$
$PM_{10}$	F701-20 Verewa	Absorbție radiație Beta	0-10 $\text{mg}/\text{m}^3$	0.001 $\text{mg}/\text{m}^3$	$\pm 2.0\%$
$PM_{2,5}$	Dust Monitor 11-E	Radiație laser	0.25 - 32 $\mu\text{m}$	0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 2.0\%$

### 3. Rezultate obținute

În continuare prezentăm rezultatele campaniei experimentale derulate pe parcursul a două zile reprezentative pentru perioada investigată, și anume: ziua de 23.04.2016, considerată « ziua însorită », respectiv ziua de 06.06.2016, considerată « ziua ploioasă ». Pasul de timp de măsură a fost considerat o jumătate de ora (30 minute). Reprezentările grafice din figurile 2 – 7 corespund următoarelor situații :

- Figura 2 : variația zilnică a concentrațiilor de ozon ( $\text{O}_3$ ) și oxizi de azot ( $\text{NO}_x$ ) din ziua însorită ;
- Figura 3 : compoziția și variația zilnică a concentrației de COV din ziua însorită ;
- Figura 4 : variația radiației solare și a concentrației de ozon ( $\text{O}_3$ ) din ziua însorită ;

- Figura 5 : variația zilnică a concentrațiilor de ozon (O<sub>3</sub>) și oxizi de azot (NO<sub>x</sub>) din ziua ploioasă ;
- Figura 6 : compoziția și variația zilnică a concentrației de COV din ziua ploioasă ;
- Figura 7 : variația radiației solare și a concentrației de ozon (O<sub>3</sub>) din ziua ploioasă

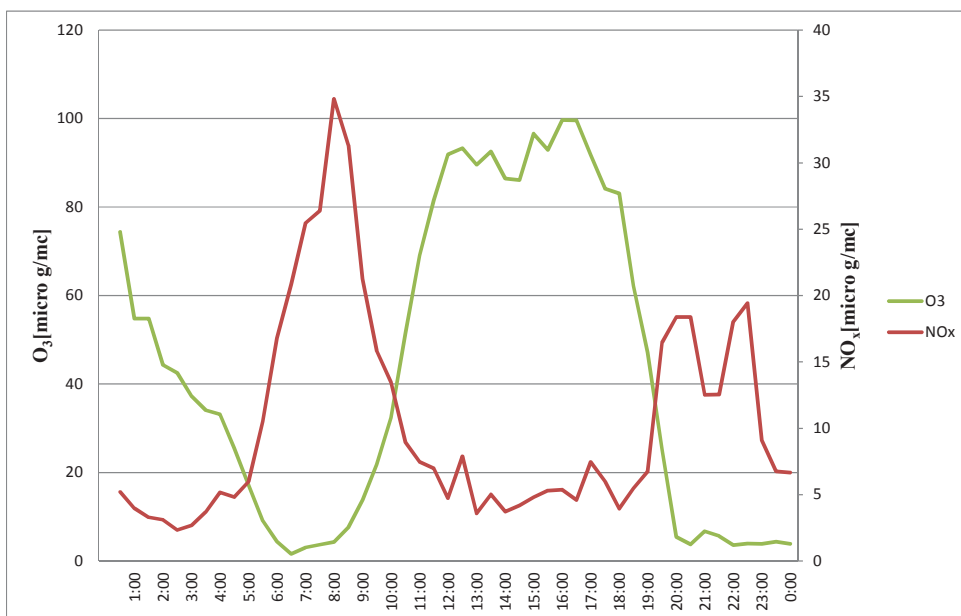


Figura 2 : Variația zilnică a concentrațiilor de ozon (O<sub>3</sub>) și oxizi de azot (NO<sub>x</sub>) pentru o zi însorită

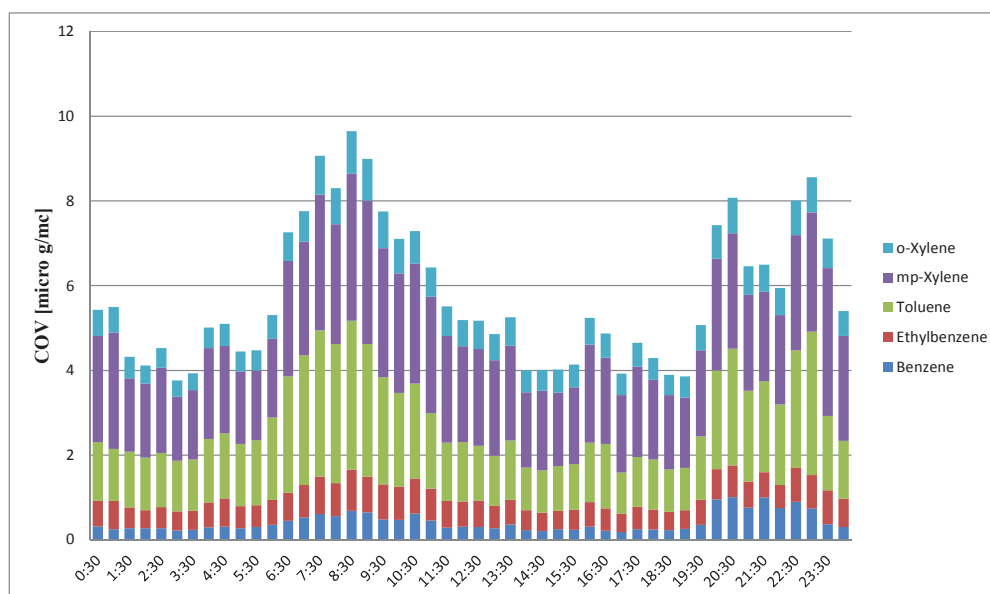


Figura 3 : Compoziția și variația zilnică a concentrației de COV într-o zi însorită

Măsurarea poluării aerului datorate traficului rutier din București



Figura 4 : Variația radiației solare și a concentrației de ozon (O<sub>3</sub>) într-o zi însorită

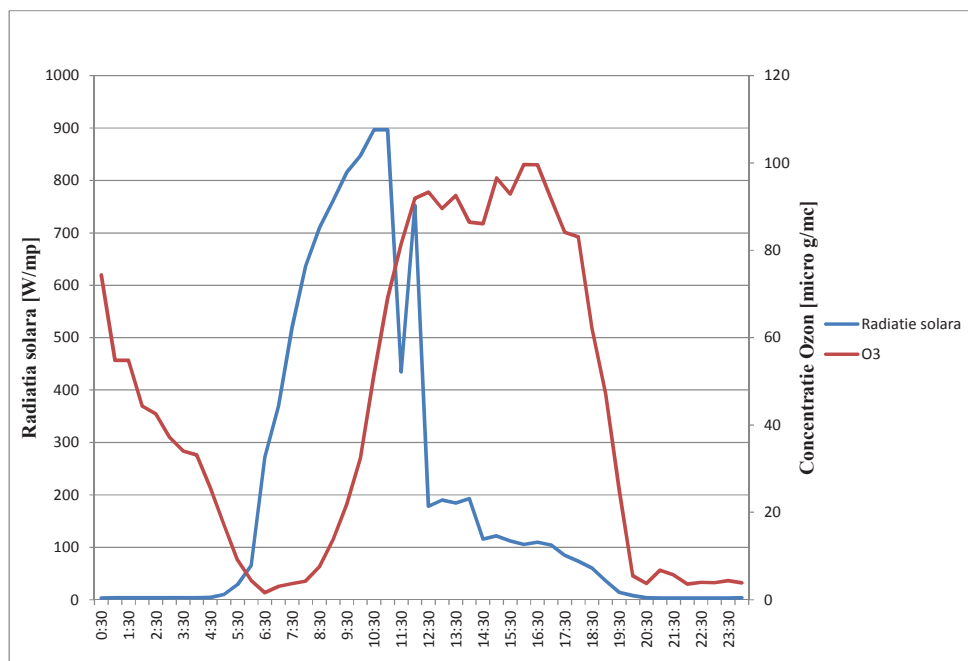


Figura 5 : Variația zilnică a concentrațiilor de ozon (O<sub>3</sub>) și oxizi de azot (NO<sub>x</sub>) pentru o zi ploioasă

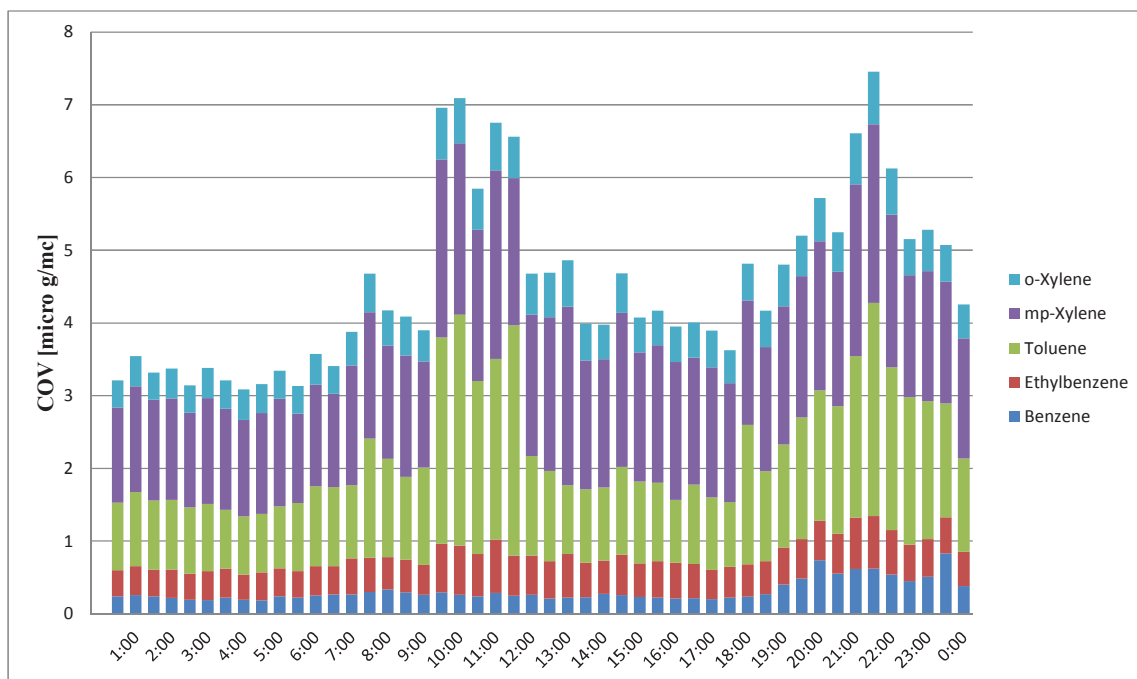


Figura 6 : Compoziția și variația zilnică a concentrației de COV într-o zi ploioasă

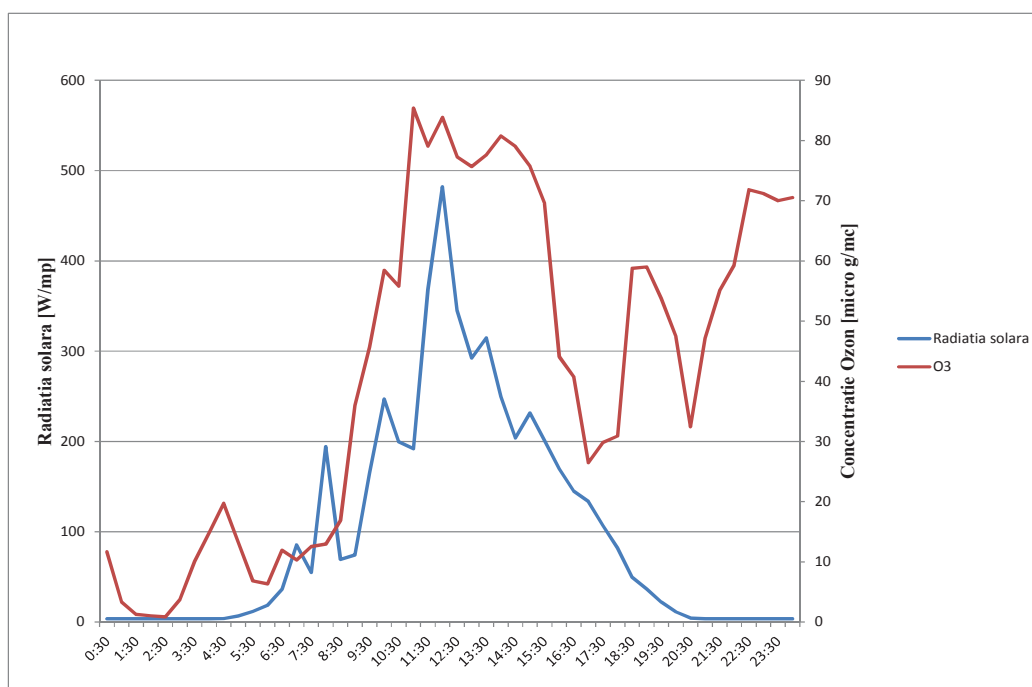


Figura 7 : Variația radiației solare și a concentrației de ozon (O<sub>3</sub>) într-o zi ploioasă

Interpretarea fenomenologică a rezultatelor obținute și reprezentate în aceste figuri este următoarea :

- Pentru ziua însorită (figurile 2-4) :
  - 1) Intensitatea radiației solare directe și difuze are o influență directă asupra creșterii concentrației de O<sub>3</sub> din atmosferă ; în condițiile în care stația de măsură a poluanților a fost amplasată pe fațada Est a clădirii analizate, concentrațiile maxime de O<sub>3</sub> au fost înregistrate în prima parte a zilei de măsură (orele 9 – 14), atunci când radiația solară pe orientarea Est a fost maximă.
  - 2) Variațiile de concentrație diurne ale O<sub>3</sub> și NO<sub>x</sub> sunt invers proporționale, datorită prezenței reacțiilor fotochimice din atmosferă între O<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub>, induse de radiația solară, care conduc la un “consum” de NO<sub>x</sub> odată cu producerea de O<sub>3</sub>.
  - 3) Varfurile de concentrație diurnă ale COV și NO<sub>x</sub> se înregistrează în intervalele orare : 06-09 și 20-23, corespunzătoare traficului rutier celui mai intens, după cum arată și statisticile Inspectoratului General al Poliției Rutiere pentru municipiul București. Dependența este evidentă, ținând cont că cei doi poluanți mai sus amintiți sunt conținuți într-un procent semnificativ în gazele de eșapament emise de autovehicule.
- Pentru ziua ploioasă (figurile 5-7) :
  - 1) Din aceleași rațiuni pentru care concentrația de O<sub>3</sub> a crescut în situația zilei însorite, se observă o creștere a acesteia și în cazul zilei ploioase (fig.7), însă defazajul între maximul radiației solare înregistrate și maximul concentrației de O<sub>3</sub> este greu sesizabil, explicația putând fi legată de efectul de « spălare a atmosferei » de către precipitațiile abundente din ziua investigată. Aceste precipitații au efect combinat, în sensul în care ajută la depunerea particulelor de praf aeropurtate la nivelul solului, dar și la epurarea atmosferei de unele specii gazoase, ale căror molecule se atașează picăturilor de apă ce cad în câmp gravitațional
  - 2) În cazul variației zilnice a concentrațiilor de O<sub>3</sub> și NO<sub>x</sub>, se observă aceeași dependență invers proporțională din cazul anterior, cu observația că « varfurile de concentrație » au scăzut pentru ambii poluanți, din rațiunile explicate la punctul 1) ; această scădere este de la 105 micrograme/m<sup>3</sup> la 85 micrograme/m<sup>3</sup> (scădere relativă de 19%) în cazul NO<sub>x</sub>, respectiv de la 100 micrograme/m<sup>3</sup> la 85 micrograme/m<sup>3</sup> (scădere relativă de 15%) în cazul O<sub>3</sub>.
  - 3) În mod asemănător cazului anterior (zi însorită), și în situația zilei ploioase, intervalele orare de apariție a maximelor de concentrații pentru NO<sub>x</sub> se înregistrează în perioadele : 06-09 și 20-23, corespunzătoare intensificării

traficului rutier, în timp ce pentru COV se observă o decalare a maximelor matinale ale concentrațiilor, în zona : ora 10 – ora 12 (datorită schimbării direcției și vitezei vântului), păstrându-se același interval (20-23) în perioada de seară.

#### 4. Concluzii

Studiul prezentat în articol a avut ca scop evidențierea comportamentului diurn al unor poluanți gazoși prezenți în mod frecvent în aerul exterior al unei aglomerări urbane, în condiții climatice diferite. Pentru realizarea acestui obiectiv, s-au făcut măsurări experimentale pe perioade de 3 săptămâni din sezonul de primăvară-vară 2016, alegându-se în final pentru comparație două zile reprezentative: o zi însorită (23.04.2016) respectiv o zi ploioasă (06.06.2016). În urma acestei campanii experimentale, au rezultat următoarele concluzii principale :

- Creșterea radiației solare diurne are influență directă asupra creșterii concentrației de O<sub>3</sub> din aerul exterior ;
- Concentrațiile diurne ale O<sub>3</sub> și NO<sub>x</sub> sunt invers proporționale ca variație, acest lucru datorându-se faptului că moleculele de oxigen (O<sub>2</sub>) și oxizi de azot (NO<sub>x</sub>) se combină în atmosfera exterioară sub acțiunea radiației solare, formându-se moleculele de ozon (O<sub>3</sub>) ;
- Maximele diurne uzuale de concentrație ale COV și NO<sub>x</sub> se înregistrează în intervalele orare : 06-09 (10-12) și 20-23, corespunzătoare traficului rutier celui mai intens ;
- Precipitațiile conduc la scăderea maximelor de concentrație diurne ale tuturor poluanților investigați, cu un efect benefic de ”spălare a atmosferei” pe termen scurt.

Mai multe investigații experimentale de acest tip trebuie conduse și în alte zone intens poluate ale orașelor mari, în scopul realizării unor prognoze mai eficiente ale gradului de poluare exterioară legate de traficul rutier.

#### Referințe

- [1] Han, X., Naeher, L.P., 2006. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International*. 32, 106-120.
- [2] Popescu, M., Popescu, M., 2000. *Ecologie aplicata*. Ed. MatrixRom., Bucuresti. 148-156.
- [3] Snyder, R., 2012. Leukemia and benzene. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 9, 2875–2893.
- [4] Bais, F.Y., Woodruff, T.J., Spear, R.C., 1991. Mechanism of benzene carcinogenesis: Application of a physiological model of benzene pharmacokinetics and metabolism. *Toxicol Lett*. 56, 283-298.
- [5] Wróbel, A., Rokita, E., Maenhaut, W., 2000. Transport of traffic-related aerosols in urban areas. *Sci Total Environ*. 257, 199– 211.
- [6] Popescu, R.S., Blondeau, P., Jouandon, E., Costes, J.C., Fanlo, J.L., 2013. Elemental modeling of adsorption filter efficiency for indoor air quality applications. *Building and Environment*. 66, 11-22.



- [7] Safari, V., Haghghat, F., Lee, C., Blondeau, P., Popescu, R.S., Lakdawala, N., 2013. A systematic approach for evaluation of gas-phase filter model. *HVAC&R Research*. 19(6), 705-714.
- [8] Demirel, G., Ozden O., Dogeroglu T., Gaga E.O., 2014. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO<sub>2</sub> and Ozone in Eskisehir, Turkey: Relationship with Indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Science of the total environment*. 473-474, 537-548.
- [9] Yao, Z., Wang, Q., He, K., Huo, H., Ma, Y., Zhang, Q., 2007. Characteristics of realworld vehicular emissions in Chinese cities. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 57, 1379-1386.
- [10] Cao, X., Yao, Z., Shen, X., Ye, Y., Jiang, X., 2016. On-road emission characteristics of VOCs from light-duty gasoline vehicles in Beijing, China. *Atmos.c Environ.* 124, 146-155.
- [11] Wu, J., Wilhelm, M., Chung, J., Ritz, B., 2011. Comparing exposure assessment methods for traffic-related air pollution in an adverse pregnancy outcome study. *Environ. Res.* 111, 685-692.
- [12] Ghozikali, M.G., Heibati, B., Naddafi, K., Kloog, I., Oliveri Conti, G., Polosa, R., Ferrante, M., 2016. Evaluation of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) attributed to atmospheric O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, and SO<sub>2</sub> using air Q model (2011-2012 year). *Environ.Res.* 144, 99-105.
- [13] Batterman, S., Jia, C., Hatzivasilis, G., 2007. Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: a major exposure source. *Environ. Res.* 104, 224-240.
- [14] Oros, D.R., Ross, J.R.M., Spies, R.B., Mumley, T., 2007. Polycyclic aromatic Hydro- carbon (PAH) contamination in San Francisco bay: a 10-year retrospective of monitoring in an urbanized estuary. *Environ.Res.* 105, 101-118.
- [15] Bosco, M.L., Varrica, D., Dongarra, G., 2005. Case study: inorganic pollutants associated with particulate matter from an area near a petrochemical plant. *Environ. Res.* 99, 18-30.

## **Acknowledgements**

We hereby acknowledge the project EST in URBA, PNII-PPCA Type 2 contract no. 28/2012 financially supported by the Romanian National Research Council, for their support to the articles:

- „Aspecte termice negative datorate circulației neuniforme a agentului termic în rezervoarele de acumulare” - *Florin Iordache*

- „Analiza energetică - sistem sursă hibrid. Cogenerare cu motoare cu ardere internă și pompe de caldura” - *Florin Iordache, Radu Alexandru Baci*

- „Analiza energetică privind un posibil sistem sursă hibrid” - *Florin Iordache*