



A XVIII-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”  
CLUJ NAPOCA, 2018

## **CONTRIBUȚII LA CERCETAREA RAPORTULUI DINTRE POLUAREA AERULUI CU OXIZI DE AZOT ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI ȘI A VIEȚII**

Lavinia ANDREI, Aurel-Ioan CHERECHEȘ, Doru-Laurean BĂLDEAN

### **CONTRIBUTIONS TO THE RESEARCH OF THE RELATION BETWEEN AIR POLLUTION WITH NITRIC OXIDES AND THE IMPACT UPON ENVIRONMENT AND LIFE**

The scientific paper presents the most significant aspects for monitoring the nitric oxides pollutant emissions and some of their environmental effects. In the present paper are pointed out some topics related nitric oxides, namely the  $\text{NO}_x$  and its influence on human health. Nitric oxides are creating serious health problems for living beings, showing a risk factor of class A1 toxicity. Health problems affecting the respiratory tract, including both neck segment and lungs, are strongly based on pollution from high temperatures burning. Smoking is also the major risk factor for respiratory health problems and it is an important source of acid rains. Strategic sequences to define the multiple sources of air pollution by optimizing air structure conditions and diminishing the environmental exposure hazards are imposed to control the development of health problems. These articles present the actual data concerning nitric oxides and their influence. This pollutant gas compound is problematic due to the fact of its toxicity and contribution to particle matter formation. The risk effect combined with different contributing factors is increased when it is not alone. The present research improves the information regarding nitric oxide gas data monitor by instrumenting latest equipment in pollutant impact research. It must be a general preoccupation based on interdisciplinary studies.

Keywords: exhaust, gases, nitric oxide, pollution, traffic  
Cuvinte cheie: eșapament, gases, oxizi de azot, poluare, trafic

## 1. Introducere și considerațiile generale

Oxizii de azot (NO<sub>x</sub>) sunt un grup de gaze foarte reactive care conțin oxigen și azot în cantități variabile și sunt reprezentați în principal de către monoxidul de azot și dioxidul de azot. În aer, pentru că are un radical liber, monoxidul de azot se transformă în dioxid de azot. La rândul său acesta este un precursor pentru alți poluanți ca ozonul și particulele fine. Densitatea monoxidului de azot este de 1,25 kg/m<sup>3</sup>, punctul de topire este la -164 °C, punctul de fierbere la -152 °C iar solubilitatea în apă este 60 mg/L. Dioxidul de azot are densitatea de 1449 kg/m<sup>3</sup>, este lichid la 20 °C, punctul de topire este la -11,2 °C, punctul de fierbere 21,1 °C. Monoxidul de azot (NO) este un gaz incolor și inodor. Dioxidul de azot (NO<sub>2</sub>) este un gaz de culoare brun-roșcat cu un miros puternic, înecăcios. Aceștia formează smogul, ploile acide, deteriorează calitatea apei, au efect de seră și reduc vizibilitatea în zonele urbane. NO este produs prin acțiunea bacteriană în sol și prin descărcările electrice în atmosferă, din fulgere. 60 % din emisiile naturale de NO<sub>2</sub> provin din solurile cu vegetație naturală, 35 % din ocean și 5 % din reacțiile chimice din atmosferă. Oxizii de azot se formează în procesul de combustie atunci când combustibilii sunt arși la presiune și temperaturi înalte iar cel mai adesea ei sunt rezultatul traficului rutier, activităților industriale și producerii energiei electrice; provin din procese industriale ca sudare, galvanizare și explozia dinamitei. Fumul de țigară conține de asemenea oxizi de azot. Poluarea aerului cu NO<sub>x</sub> contribuie la formarea ploilor acide și favorizează acumularea nitraților la nivelul solului care pot provoca alterarea echilibrului ecologic ambiental.

De asemenea, poluarea poate provoca deteriorarea țesăturilor, decolorarea vopselelor, degradarea metalelor și a clădirilor [24], [25], [26], [19], [22].

## 2. Impactul asupra mediului

Pentru protecția vegetației, valoarea limită a NO<sub>x</sub> este de 30 μg/m<sup>3</sup> pe an [21]. Acest poluant contribuie la acidificarea solului, a lacurilor și a râurilor cu efect în pierderea vieții animalelor și a plantelor. Perturbarea ecosistemelor solului și apei, prin introducerea cantităților excesive de azot nutritiv, poate duce la schimbări în diversitatea speciilor și invazii de specii noi [15]. Gradul de toxicitate al dioxidului de azot este de 4 ori mai mare decât cel al monoxidului de azot. Și plantele și animalele sunt afectate de expunere. Aceasta poate provoca boli

pulmonare animalelor asemănătoare cu emfizemul pulmonar iar expunerea la dioxidul de azot poate scădea imunitatea animalelor provocând boli precum pneumonia și gripa. Se produce o importantă deteriorare a vegetației cu albirea sau moartea țesuturilor plantelor și reducerea ritmului de creștere a acestora [25]. Răspunsul frunzei la acțiunea ploilor acide depinde de: durata expunerii, frecvența expunerii, intervalul dintre ploii, intensitatea ploii, mărimea picăturilor. Efecte vizibile negative asupra creșterii plantelor se obțin când vegetația este expusă la ploii cu pH sub 4. Sensibile la efectul ploilor acide sunt în general culturile legumicole și sfecla de zahăr. Ploile acide au de asemenea o influență negativă și asupra pădurilor (frunzele arborilor și calitatea solului). După unele studii rezultă că solurile pădurilor de conifere sunt cele mai expuse [26].

Monoxidul de azot este un compus produs de numeroase celule din organism. Acesta relaxează mușchiul neted vascular și determină apoi vasodilatația. Atunci când este inhalat, monoxidul de azot produce vasodilatație pulmonară selectivă. Pare să crească presiunea parțială a oxigenului arterial ( $\text{PaO}_2$ ) prin dilatarea vaselor pulmonare în zonele mai bine ventilate ale plămânului, redistribuind fluxul sanguin pulmonar din regiunile plămânului cu raporturi de ventilație/perfuzie scăzute spre regiunile cu raporturi normale. Monoxidul de azot reacționează chimic cu oxigenul formând dioxid de azot. Monoxidul de azot are un electron liber, care face ca molecula să fie reactivă. În țesutul biologic, monoxidul de azot poate forma peroxinitrit cu peroxidul, un compus instabil care poate determina leziuni tisulare prin alte reacții de oxidoreducere. Nu se cunoaște importanța clinică a reactivității chimice a monoxidului de azot în țesuturi. Studiile arată că monoxidul de azot prezintă efecte farmacodinamice pulmonare în concentrații de numai 1 ppm în căile respiratorii. Monoxidul de azot este absorbit sistemic în urma inhalării. Cea mai mare parte a acestuia traversează patul capilar pulmonar unde se combină cu hemoglobina. Astfel, produșii finali ai monoxidului de azot care intră în circulația sistemică sunt în principal methemoglobina și nitratul. Limita superioară de expunere (expunerea medie) la monoxid de azot pentru personalul din spital, definită de legislația muncii, a fost stabilită la 25 ppm (părți pe milion) pentru o perioadă de 8 ore ( $30 \text{ mg/m}^3$ ) [20].

$\text{NO}_2$  aparține clasei C de toxicitate fiind o substanță chimică foarte toxică [17].  $\text{NO}_2$  este alături de PM (particule fine) și  $\text{O}_3$  (ozon) poluantul cu cele mai multe efecte asupra sănătății europenilor. La expunerea la  $\text{NO}_2$  în cele 28 de state ale Uniunii Europene (UE) sunt 68.000 decese premature (sub 65 de ani). În anul 2013 la nivelul

României au fost raportate 1.900 decese premature prin poluare cu  $\text{NO}_x$  [16].

O metaanaliză a 13 studii din America, Europa și Asia a evidențiat că asocierea dintre  $\text{NO}_2$  și mortalitatea cardiovasculară este mai ridicată decât cea dintre  $\text{NO}_2$  și mortalitatea respiratorie. Aceeași metaanaliză a observat că riscul relativ de mortalitate respiratorie crește la expunerea cronică la  $\text{NO}_2$ , chiar la o creștere moderată cu  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sau echivalentul de 5,32 ppb (părți pe bilion). Efectul cardiovascular și respirator este probabil determinat de stresul oxidativ și inflamația sistemică, cu mențiunea că totuși separarea efectelor individuale ale fiecărui poluant este dificil de efectuat în practică. Într-un studiu longitudinal s-a evaluat asocierea dintre expunerea la  $\text{NO}_2$  și citokinele proinflamatorii din sânge. S-a observat o asociere pozitivă între IL-6 (interleukina 6) și  $\text{NO}_2$ . Câteva dovezi susțin și legătura dintre IL-6,  $\text{NO}_2$  și riscul cardiovascular. IL-6 este o citokină proinflamatorie importantă, mai ales prin inducerea proteinei C reactive (PCR). Este asociată cu un risc crescut de boală coronariană și cu progresia bolii pulmonare cronice obstructive (BPOC) [9].

Expunerea de lungă durată la  $\text{NO}_2$  în exces determină inflamația căilor respiratorii, crește reactivitatea bronhiilor și crește efectul alergenilor la subiecții alergici. Efectul altor poluanți este potențat de către  $\text{NO}_2$ . S-a constatat asocierea dintre  $\text{NO}_2$  și bronșita acută, cu tuse și expectorație. Acest efect a fost observat în zone cu emisii crescute de  $\text{NO}_2$ , atât asupra copiilor cât și adulților dar mai susceptibili fiind copiii astmatici. Efectul la expunerea de scurtă durată apare la concentrații de peste câteva sute de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Au fost și câteva dovezi că nivelul scăzut al educației este un factor de risc pentru efectul  $\text{NO}_2$  [18].  $\text{NO}_2$  este cel mai întâlnit poluant fiind ușor de monitorizat, un marker al poluării și un precursor al ozonului și al particulelor fine. Este cunoscut faptul că scăderea concentrației de  $\text{NO}_2$  îmbunătățește sănătatea sistemului respirator. Poluarea determină exacerbarea astmului și creșterea numărului de zile de spitalizare pentru cei cu boală pulmonară cronică [11].

Într-un studiu efectuat în China, s-a observat o corelare între expunerea de scurtă durată la  $\text{NO}_2$  și patologia respiratorie, în ceea ce privește mortalitatea și internarea în spital. O creștere a concentrației  $\text{NO}_2$  cu  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  determină creșterea mortalității și a spitalizării, prin alterarea funcției respiratorii, apariția infecțiilor și insuficienței respiratorii [13].

Expunerea la concentrații ridicate poate determina moartea. Provoacă șoc, arsuri (la contactul cu pielea sau ochii), edem la nivelul

tractului respirator superior, dificultate în respirație, edem pulmonar (acumulare de lichid în plămân), scăderea poftei de mâncare. Determină hipoxie (scăderea concentrației de oxigen din sânge) manifestată prin cefalee (durere de cap), fatigabilitate (oboseală), vertij (amețeli), cianoză (colorarea în violet a pielii extremităților și a buzelor). Expunerea la dioxidul de azot provoacă mutații genetice, afectează dezvoltarea intrauterină a fătului și scade fertilitatea la femei. La expunerea îndelungată plămânii vor fi afectați ireversibil. Expunerea la oxid nitric duce la pierderea cunoștinței, vărsături, confuzie și dinți deteriorați. Expunerea la concentrații mici duce la iritarea ochilor, nasului, gâtului, plămânilor provocând tuse, respirație superficială, greață [22].

Rezultatele unui studiu efectuat în Beijing, China, au evidențiat că există o asociere între expunerea la  $\text{NO}_2$  și stopul cardiac [14]. S-a evidențiat că  $\text{NO}_2$  este un important factor de risc pentru morbiditatea cardiovasculară, chiar dacă valorile sunt sub limita admisă. Acesta este un factor declanșator pentru angină pectorală, infarct miocardic acut, complicații tromboembolice, aritmii și decompensările din insuficiența cardiacă congestivă. Chiar expunerea pentru scurt timp sau expunerea la concentrații scăzute este asociată cu afectarea sănătății. Asocierea și cu temperaturi ridicate crește riscul cardiovascular. Consecințele sunt importante pentru subiecții care au patologie cardiacă sau respiratorie [10]. Un alt studiu a evidențiat că în condițiile expunerii la poluare, crește numărul subiecților care se prezintă în urgență cu aritmie cardiacă (fibrilație atrială). Cele mai afectate sunt persoanele în vârstă și cele cu antecedente de boli cardiovasculare [12].

Consecințele poluării sunt dependente de durata expunerii și de efectul cumulativ al expunerii. Nu s-a observat o consecință negativă a variațiilor zilnice ale aerului poluat asupra voluntarilor sănătoși, în urma explorărilor respiratorii efectuate. Alte studii au observat un efect nesemnificativ asupra funcționării plămânilor. S-a constatat și creșterea riscului de accident vascular cerebral în ziua expunerii la poluanți, fapt ce atestă efectul pe termen scurt [8]. Rezultatele studiilor cu privire la riscul de spitalizare și mortalitate pentru accident vascular cerebral și expunerea la dioxid de azot, sunt contradictorii. Unele studii au observat acest risc în ziua expunerii la  $\text{NO}_2$ , atât pentru accidentul vascular ischemic cât și cel hemoragic [1].

S-a constatat că expunerea copiilor, între 7 și 10 ani, la  $\text{NO}_2$  crește riscul de miopie, dar sunt necesare și alte cercetări în acest sens [2]. Expunerea la  $\text{NO}_2$  influențează greutatea fătului la naștere și determină apariția astmului în copilărie [5]. Expunerea la  $\text{NO}_2$

aggravează simptomele dermatitei atopice, la copiii și tinerii din regiunea temperată, în mod deosebit în condiții de temperatură scăzută și mai ales la băieți. Simptomele sunt reprezentate de prurit (mâncărime), eritem (piele de culoare roșie), tulburări de somn, uscăciune a pielii, edem (retenție de lichid) [6]. S-a observat că expunerea de lungă durată la  $\text{NO}_2$  crește răspunsul la alergeni. Impactul asupra sănătății este determinat și de implicarea  $\text{NO}_x$  în formarea ozonului și PM (particule fine) [21]. S-a constatat o asociere importantă între expunerea de scurtă durată la  $\text{NO}_2$  și agravarea bolii Parkinson. Vârsta înaintată, sexul feminin și sezonul rece, au avut un impact negativ [7].

Expunerea la  $\text{NO}_2$  scade abilitatea unei persoane de a detecta un miros. Standardul pentru  $\text{NO}_2$  este de 0,12 ppm pentru expunerea la o oră și 0,03 ppm pentru expunerea anuală [23]. Valoarea limită a  $\text{NO}_2$  este de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$  (micrograme pe metru cub pe oră) la o expunere de mai puțin de 18 zile/an și 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ , pentru protecția sănătății populației [15]. În Uniunea Europeană peste 50 % din emisiile de  $\text{NO}_x$  provin din traficul rutier, mai mult decât în SUA. În Londra 75 % din emisiile de  $\text{NO}_x$  sunt determinate de traficul rutier [18].

Traficul rutier este sursa cea mai importantă de emisie a  $\text{NO}_x$  și prin aceasta este principala cauză a mortalității premature (sub 65 de ani). Studiile nu indică o ameliorare evidentă a concentrațiilor de  $\text{NO}_x$  între 2001 și 2015, în timp ce concentrațiile de dioxid de azot au chiar crescut ușor în această perioadă, depășind în 2008 maximum. Vehiculele Diesel din zonele urbane sunt responsabile de 90 % din emisiile de  $\text{NO}_x$ . Aceste emisii au efecte mai importante asupra sănătății decât  $\text{PM}_{2,5}$  din trafic (de 10 ori mai mari), astfel că este nevoie de reducerea traficului cu autovehicule Diesel în zonele urbane sau găsirea unor soluții de a emite mai puțin  $\text{NO}_x$  pe km. The National Atmospheric Emissions Inventory recomandă reducerea  $\text{NO}_x$  de la 300 kt (kilotone) în 2014 la 174 kt în 2020 și 128 kt în 2025. Aceasta presupune instalarea pe autovehicule a unor dispozitive eficiente pentru reducerea emisiilor [4].

Chiar dacă tendința în Europa este de scădere a  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$  este în creștere, această diferență fiind influențată de tipul autovehiculului, tipul combustibilului, tehnologia de tratare a gazelor de eșapament, condițiile de conducere a autovehiculului [3]. Nivelul  $\text{NO}$  a scăzut în ultimii ani în Europa dar acest lucru nu se poate afirma și cu privire la vehiculele Diesel care, de regulă, emit o proporție mai mare de  $\text{NO}_2$ : până la 70 % din  $\text{NO}_x$  este  $\text{NO}_2$  deoarece sistemele lor de tratare a gazelor de eșapament cresc aceste emisii. Există indicii clare că, pentru emisiile din trafic, fracțiunea primară a  $\text{NO}_2$  crește semnificativ în

special la vehiculele Diesel noi (Euro 4 și 5). Acest lucru poate duce la depășirea valorilor limită ale  $\text{NO}_2$  în zonele de trafic intens [15].

Așa cum se observă în figura 1, autovehiculele cu benzină au emisiile  $\text{NO}_x$  în scădere din 2000 și conform limitelor impuse dar pentru cele pe motorină nu se constată acest aspect, în plus, până la Euro 6, motoarele Diesel aveau dreptul să emită de 3 ori mai mult  $\text{NO}_x$  decât cele pe benzină [16].

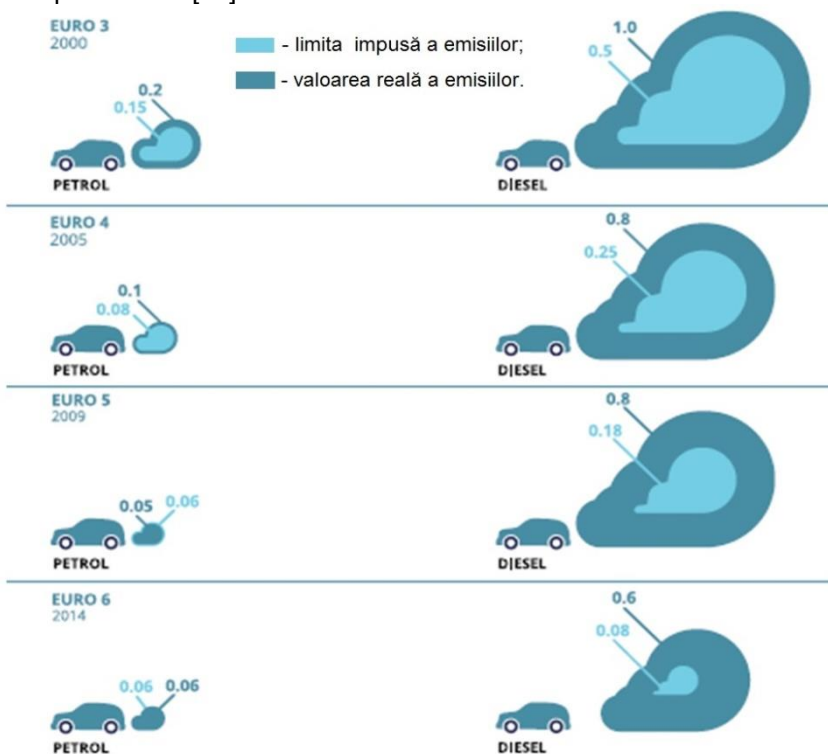


Fig. 1 Emisiile  $\text{NO}_x$  de la diferite clase Euro pentru autovehicule, în g/km [16]

În Cluj în 2014 cea mai importantă sursă de  $\text{NO}_x$  a fost transportul (aproximativ 80 %), urmată de energie (aproximativ 20 %). În sectorul transporturilor cea mai mare cantitate provine din traficul cu vehicule grele (peste 60 %), urmat de transportul de pasageri (peste 20 %) și vehicule ușoare (aproximativ 10 %). În sectorul energetic cea mai mare cantitate de  $\text{NO}_x$  provine din arderile pentru încălzirea rezidențială (peste 40 %), urmată de cele din industria de fabricație și de arderile pentru încălzirea comercială-instituțională. O foarte mică parte a

emisiilor totale de NO<sub>x</sub> a rezultat din industrie, dintre acestea cu cel mai mare aport fiind fabrica de celuloză și hârtie [26]. În județul Cluj substanțele poluante sunt monitorizate la cele 5 stații. Stația automată de monitorizare a calității aerului de tip trafic (CJ-1) evaluează influența traficului asupra calității aerului pe o rază de 10- 100 m, stația de tip urban (CJ-2) evaluează influența locuințelor asupra calității aerului pe raza de 1- 5 km, stația de tip suburban (CJ-3) monitorizează pe o raza de 10- 15 km, stația automată de monitorizare a calității aerului de tip industrial (CJ-4) evaluează influența activităților industriale asupra calității aerului și are raza de 100 m – 1 km, iar cea de a cincea stație este în Dej și este de tip urban. În anul 2014 nu s-a monitorizat NO<sub>x</sub> din cauza unor defecțiuni tehnice [26]. De asemenea în 2015 în Cluj nu s-a monitorizat din aceleași motive [27]. În anul 2016 a fost depășită valoarea limită anuală (40 μg/mc) la stațiile CJ-1 (trafic) 53,7 μg/mc, CJ-3 (suburban) 48,1 μg/mc și la CJ-4 (industrial) 51,8 μg/mc iar la stația CJ-2 (urban) valoarea medie anuală a fost foarte aproape de limita admisă, având valoarea de 38,8 μg/mc. Nu a fost însă depășită valoarea limită a concentrației NO pe oră (200 μg/mc). Nu s-a atins pragul de alertă pentru NO<sub>2</sub> de 400 μg/mc [28].

În 2017 s-a monitorizat NO și NO<sub>2</sub> la toate stațiile din Cluj. Până în septembrie 2017 nu s-au evidențiat depășiri ale valorilor limită pe oră pentru NO<sub>2</sub>. În ceea ce privește monoxidul de azot s-au înregistrat depășiri ale valorii de 200 μg/mc/h la stațiile CJ-1 (ianuarie, februarie, martie), CJ-2 (februarie), CJ-3 (ianuarie, februarie, martie, aprilie) și la CJ-4 (ianuarie și martie). La stațiile CJ-1 și CJ-3 în februarie, respectiv ianuarie, s-au evidențiat valori peste 300 μg/mc pe oră. La stația CJ-3 în luna ianuarie s-a depășit pragul de alertă (464,42 μg/mc în data de 17) [29].

### **3. Metoda și materialul cercetării**

Metoda cercetării oxizilor de azot constă în etapele următoare:

- studiul referințelor bibliografice al cercetărilor realizate în trecut;
- utilizare instrumentelor de control (Analizor gaze Bosch Bea și Stațiile urbane);
- analiza datelor disponibile din materialul cercetării;
- discuții, interpretări, observații și sugestii.

### **4. Sinteza cercetării aplicative**

Partea aplicativă a controlului și cercetării emisiilor de oxizi de azot de la motoarele și sursele de temperatură înaltă la care au loc



reacțiile de oxidare a atomilor de azot se realizează prin aparatură de control specifică, disponibilă în laboratorul de motoare și în trafic.

Măsurătorile prelevate în laborator (figura 2) și în mediul ambiental din zona străzilor Fabricii și Aurel Vlaicu sunt prezentate în figura 3.

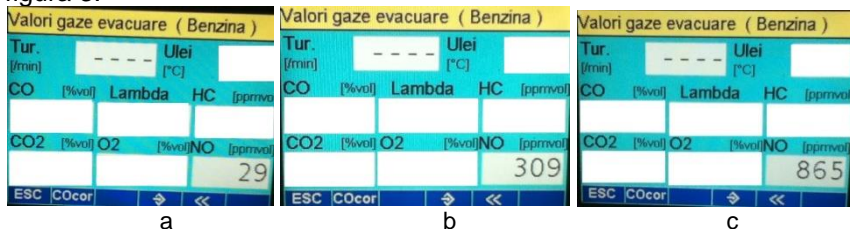


Fig. 2 Emisiile de oxizi de azot la un motor cu ardere internă în laborator  
a-emisia la sarcini mici; b-emisia NO<sub>x</sub> la sarcini medii;  
c-emisia NO<sub>x</sub> la sarcini mari

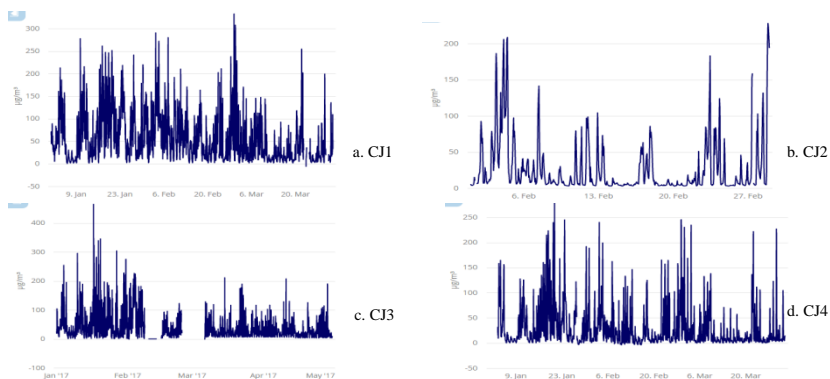


Fig. 3 Variația valorilor de NO<sub>x</sub> din Cluj-Napoca la stațiile urbane de măsurare a gazelor

## 5. Concluzii și observații

Cercetările analitice privitoare la oxizii de azot au permis formularea unor concluzii, astfel:

- NO<sub>x</sub> este clasificat ca substanță chimică foarte toxică;
- este un precursor al altor poluanți, de exemplu O<sub>3</sub> și PM;
- are rol de acidifiant pentru sol și apă, provoacă boli pulmonare animalelor, scade ritmul de creștere a plantelor;
- în UE peste 50 % din NO<sub>x</sub> provine din traficul rutier și este necesară instalarea unor dispozitive eficiente pentru emisii;

- influențează sănătatea omului, în mod special pentru copii, vârstnici și cei cu patologii cardiovasculare sau respiratorii, efectele aparând la concentrații mici;
- este dificil de apreciat consecința fiecărui poluant în mod individual și este necesară continuarea cercetărilor și corelarea transdisciplinară a competențelor și informațiilor;
- la o valoare de până la 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pe an nu afectează vegetația. Valoarea limită admisă a  $\text{NO}_2$  pentru protecția sănătății populației este de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$  pentru mai puțin de 18 zile de expunere pe an și 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ ;
- în județul Cluj cea mai importantă sursă a  $\text{NO}_x$  este dat traficul greu;
- în Cluj-Napoca în 2016 s-a depășit valoarea limită anuală a  $\text{NO}_2$  la stațiile CJ-1, CJ-3, CJ-4 iar la stația CJ-2 valoarea a fost apropiată de limita anuală;
- în Cluj-Napoca în 2017 s-au înregistrat valori peste limita admisă la stația de tip trafic și la stația de tip suburban;
- pragul de alertă a fost depășit la stația de tip suburban în ianuarie 2017;
- este recomandată sporirea măsurilor de control în ceea ce privește emisia gazelor arse și îmbunătățirea calității vieții.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Butland B K et al, *Air pollution and the incidence of ischaemic and haemorrhagic stroke in the South London Stroke Register: a case-cross-over analysis*, J Epidemiol Community Health. 2017 Jul; 71(7): 707–712, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5485750/>, 12.09.2017.
- [2] Davvand Payam et al, *Traffic-related air pollution and spectacles use in schoolchildren*, PLoS One. 2017; 12(4): e0167046, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5378327/>, 12.09.2017.
- [3] Hagenbjörk Annika et al, *The spatial variation of O3, NO, NO2 and NOx and the relation between them in two Swedish cities*, Envir. Monit Assess. 2017; 189(4):161, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5348563/>, 12.09.17
- [4] Harrison Roy M. Et al, *Efficacy of Recent Emissions Controls on Road Vehicles in Europe and Implications for Public Health*, Sci Rep. 2017; 7: 1152, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5430659/>, 12.09.2017.
- [5] Khreis Haneen et al, *Traffic-Related Air Pollution and Childhood Asthma: Recent Advances and Remaining Gaps in the Exposure Assessment Methods*, Int J Environ Res Public Health. 2017 Mar; 14(3): 312, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5369148/>, 12.09.2017.
- [6] Kim Young-Min et al, *Short-term effects of weather and air pollution on atopic dermatitis symptoms in children: A panel study in Korea*, PLoS One.

- 2017; 12(4): e0175229, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5383262/>, 12.09.2017.
- [7] Lee Hyewon et al, *Short-term air pollution exposure aggravates Parkinson's disease in a population-based cohort*, *Sci Rep.* 2017; 7: 44741, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5353743/>, 12.09.2017.
- [8] Panis Luc Int et al, *Short-term air pollution exposure decreases lung function: a repeated measures study in healthy adults*, *Environ Health.* 2017; 16: 60, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5471732/>, 12.09.2017.
- [9] Perret Jennifer L. et al, *The Dose–Response Association between Nitrogen Dioxide Exposure and Serum Interleukin-6 Concentrations*, *Int J Mol Sci.* 2017 May; 18(5): 1015, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5454928/>, 12.09.2017.
- [10] Pestana Paula Roberta da Silva et al, *Effects of air pollution caused by sugarcane burning in Western São Paulo on the cardiovascular system*, *Rev Saude Publica.* 2017; 51: 13, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5336319/>, 12.09.2017.
- [11] Rao Meenakshi et al, *Assessing the Potential of Land Use Modification to Mitigate Ambient NO<sub>2</sub> and Its Consequences for Respiratory Health*, *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Jul; 14(7): 750, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5551188/>, 12.09.2017.
- [12] Solimini Angelo G. et al, *Association between Air Pollution and Emergency Room Visits for Atrial Fibrillation*, *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Jun; 14(6): 661, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5486347/>, 12.09.2017.
- [13] Sun Jiyao et al, *Systematic Review and Meta-Analysis of the Association between Ambient Nitrogen Dioxide and Respiratory Disease in China*, *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Jun; 14(6): 646, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5486332/>, 12.09.2017.
- [14] Xia Ruixue et al, *Ambient Air Pollution and Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Beijing, China*, *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Apr; 14(4): 423, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5409624/>, 12.09.2017.
- [15] \* \* \* *Air quality in Europe – 2014 report*, EEA Report, No 5/2014, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>, 12.09.2017.
- [16] \* \* \* *Air quality in Europe – 2016 report*, EEA Report, No 28/2016, <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>, 12.09.2017.
- [17] \* \* \* *Compilation of chemical indicators, 2016 edition*, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3888793/7722994/KS-TC-15-006-EN-N.pdf/b11e51aec29c-45e3-a1b1-8ba6583906eb>, 12.09.2017.
- [18] \* \* \* *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*. Report on a WHO Working Group Bonn, Germany 13–15 January 2003, [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/112199/E79097.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf), 12.09.2017.
- [19] \* \* \* *Main sources of nitrous oxide emissions*, <https://whatsyourimpact.org/greenhouse-gases/nitrous-oxide-emissions>, 12.09.2017.
- [20] \* \* \* *Monoxid de azot*, [http://www.anm.ro/\\_/RCP/rcp\\_5877\\_15.10.13.pdf?anmOrder=Sorter\\_dci&anmDir=ASC&anmPage=179&ID=23147](http://www.anm.ro/_/RCP/rcp_5877_15.10.13.pdf?anmOrder=Sorter_dci&anmDir=ASC&anmPage=179&ID=23147)

- [21] \* \* \* *Nitrogen Oxide (NOx) Pollution*, <http://www.icopal-noxite.co.uk/nox-problem/nox-pollution.aspx>, 12.09.2017.
- [22] \* \* \* *Nitrogen Oxides*, [https://toxtown.nlm.nih.gov/text\\_version/chemicals.php?id=19](https://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php?id=19), 12.09.2017.
- [23] \* \* \* *Nitrogen Oxides*, <https://www.qld.gov.au/environment/pollution/monitoring/air-pollution/nitrogen-oxides>, 12.09.2017.
- [24] \* \* \* *Oxizi de azot*, [https://ro.wikipedia.org/wiki/Oxizi\\_de\\_azot](https://ro.wikipedia.org/wiki/Oxizi_de_azot), 12.09.2017.
- [25] \* \* \* *Poluarea aerului cu oxizi de azot*, <http://www.pppp.ro/mediu/poluarea-aerului-cu-oxizi-de-azot>, 12.09.2017.
- [26] \* \* \* *Raport privind starea mediului în județul Cluj - 2014*, <http://apmcj.anpm.ro/documents/840392/0/01-Calitatea+si+poluarea+aerului+inconjurator.pdf/df7addde-5c4e-4f1a-97a5-a3288e027237>
- [27] \* \* \* *Raport anual privind calitatea aerului ambiental în jud. Cluj pt. anul 2015*, <http://www.anpm.ro/documents/840392/4075731/Raport+anual+privind+calitatea+aerului+ambiental+in+judetul+Cluj%2C+pentru+anul+2015.pdf/88f5854d-e271-4bd6-8d01-764843e013c1>
- [28] \* \* \* *Raport anual privind calitatea aerului ambiental în județul Cluj pentru anul 2016*, <http://apmcj.anpm.ro/documents/840392/0/Raport+anual+privind+calitatea+aerului+ambiental+in+judetul+Cluj%2C+pentru+anul+2016.pdf/3afd18e9-41c1-48ca-8065-591480ea976f>
- [29] \* \* \* *Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului*, [http://www.calitate.aer.ro/public/home-page/?\\_\\_locale=ro](http://www.calitate.aer.ro/public/home-page/?__locale=ro)

Lavinia ANDREI  
Spitalul Clinic de Boli Infecțioase Cluj-Napoca  
Aurel-Ioan CHERECHEȘ,  
Doru-Laurean BĂLDEAN  
Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi,  
Facultatea de Mecanică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
e-mail: doru.baldean@auto.utcluj.ro